

ARTHUR DA CUNHA IDALINO

TEORIA DO CRATERAMENTO NO DESMONTE SUBAQUÁTICO
PROJETO CODESP – PORTO DE SANTOS

São Paulo
2008

ARTHUR DA CUNHA IDALINO

TEORIA DO CRATERAMENTO NO DESMONTE SUBAQUÁTICO

PROJETO CODESP – PORTO DE SANTOS

Trabalho de Formatura em Engenharia de
Minas do curso de graduação do
Departamento de Engenharia de Minas e de
Petróleo da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Lineu A. Ayres da Silva

São Paulo

2008

EPMI
TF-2008
Id1t
Ligens 1734732

M20080

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700004210

FICHA CATALOGRÁFICA

Idalino, Arthur da Cunha

**Teoria do crateramento no desmonte subaquático : Porto de Santos - Projeto CODESP / A.C. Idalino. -- São Paulo, 2008.
38 p.**

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

1.Desmonte de rochas 2.Portos - Santos (SP) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo II.t.

Dedicatória

Dedico este trabalho à Mariza Marcolongo de Oliveira, minha mãe, pelo seu Apoio e Amor incondicionais que sempre estiveram presentes não somente em todos estes anos de Escola Politécnica, como em todos os momentos de minha vida.

Agradecimentos

Para realizar este trabalho, torna-se inevitável o apoio de pessoas a quem muito devo.

Aos participantes do Projeto Codesp, Prof. Dr. Lineu Azuaga Ayres da Silva, a quem devo o vasto conhecimento não apenas sobre Mecânica de Rochas, como também sobre a Vida; Guilherme Piasentin Vertamatti, colega, amigo, e companheiro nesta empreitada; Italo Koji Koyama, colega, amigo, também presente no Projeto; Prof. Dr. Jorge Fujii, por ter cedido espaço em seu local de trabalho e em seus meses de dezembro e janeiro; ao pessoal da GeoUrbe, empresa contratada para o Projeto, Welber S. Souza e Marinaldo G. dos Santos, que nos forneceram esta grande oportunidade.

E aos que indiretamente participaram, apoiando-me sempre que necessário, Mariza Marcolongo de Oliveira, mãe; Luiza Franchini Idalino, querida irmã; Pedro de Oliveira e Ayede Marcolongo de Oliveira, meus queridos avós, por seu infinito carinho e hospitalidade, além de todos os colegas de turma do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

Resumo

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica da Teoria do Crateramento, defendida por LIVINGSTON (1956) e como ela foi inserida no Projeto feito para a Codesp, no Dimensionamento do Plano de Fogo no desmonte subaquático para o rebaixamento do Canal do Porto de Santos. A Teoria do Crateramento é uma das teorias básicas do desmonte de rochas e a partir dela foram desenvolvidos muitos métodos atuais de desmonte e fragmentação de rochas, inclusive esta para o Projeto de Rebaixamento do Canal do Porto de Santos, que, por possuir dois maciços rochosos (Pedra de Itapema e Pedra de Teffé) sob o nível d'água, precisará do auxílio de uma fase em que o desmonte subaquático por explosivos deverá ser empregado. Essa teoria viu-se adequada por apresentar a variante do Desmonte Subaquático, tecnicamente muito complicado, tendo como principais problemas a não-detonação de furos, pressão hidrodinâmica, vibração e difícil controle da fragmentação.

Palavras-Chave: Desmonte Subaquático, Teoria do Crateramento, Porto de Santos

Abstract

The purpose of this work is to analyze the Crater Theory of LIVINGSTON (1956) and to understand its role in an Underwater Blast Design, specifically applied to a CODESP Project to increase the depth of the Santos' Canal. The Crater Theory is one the earliest and most important rock blasting theories, and based on this theory, several up-to-date methods of blast design and rock fragmentation were created, including the method described herein. Since the CODESP Project requires the removal of two underwater rock masses (Itapema Stone and Teffé Stone), explosives will be needed for the breakup and removal of rock. Crater theory is appealing because it proposes variation in the design and use of charges in underwater blasting, which is a technically complex task, as it involves high levels of hydrodynamic pressure, ground vibration, difficult fragmentation-control issues, and the non-detonation of boreholes.

Key-Words: Underwater Blasting, Crater Theory, Porto de Santos

Lista de Ilustrações

Figura 1 - Ilustração da Teoria do Crateramento.....	12
Figura 2 - Tipos de Crateras.....	13
Figura 3 - Zonas da Cratera.....	14
Figura 4 - Gráfico V/W x Razão de Profundidade	16
Figura 5 - Eventos e Mecanismos do Crateramento	17
Figura 6 - Efeitos dos explosivos de acordo com a distância entre o furo de mina e a face livre. (BERTA, 1985).....	18
Figura 7 - Foto por Satélite – Canal de Santos.....	21
Figura 8 - Pedra de Itapema – Localização no Canal de Santos.....	22
Figura 9 - Pedra de Teffé – Localização no Porto.....	23
Figura 10 - Pedra de Itapema	24
Figura 11 - Pedra de Teffé	25
Figura 12 - Subfurações Subaquáticas.....	30
Figura 13 - Pedra de Itapema – Detalhe em Planta	31
Figura 14 - Pedra de Itapema – Visão Isométrica.....	31
Figura 15 - Pedra de Teffé – Visão em Planta	32
Figura 16 - Pedra de Teffé – Visão Isométrica.....	32
Figura 17 - Barcaças, Etapas 5 e 6.....	34

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Projeto Rebaixamento da Calha de Santos – CODESP – Valores Totais	35
--	----

Sumário

Introdução	10
Desenvolvimento.....	11
Objetivos	11
Revisão Bibliográfica.....	12
Materiais e Métodos.....	19
Descrição do Caso ou Situação Estudada	20
Apresentação de dados sobre o local da pesquisa, população estudada, tipo de amostragem.....	22
Resultados Obtidos	26
Discussão	29
Conclusões	33
Referências.....	36
Apêndice	37

Introdução

Neste Trabalho, será realizada uma revisão bibliográfica da Teoria do Crateramento, defendida por Livingston (1956), e como ela foi inserida no dimensionando do Plano de Fogo do Projeto do Rebaixamento da Calha Navegável do Canal de Santos feito para a CODESP (Companhia Docas do Estado de São Paulo) entre dezembro de 2007 e janeiro de 2008 em um estágio realizado com o Prof. Dr. Lineu Azuaga Ayres da Silva.

Sendo assim, este trabalho oferece um enfoque mais específico na questão do Desmonte Subaquático, seu cálculo, e na Teoria do Crateramento, dentre as diversas pesquisas realizadas para a conclusão do Projeto à Codesp.

Importante na história da mecânica de rochas e no desmonte de rochas, a Teoria do Crateramento é uma das teorias básicas de desmonte e, a partir dela, desenvolveram-se muitos métodos atuais de desmonte e fragmentação de rochas.

Sobre o Projeto de Rebaixamento da Calha Navegável do Canal de Santos, deve-se lembrar que, historicamente, o Canal recebeu constantes rebaixamentos de sua calha, desde que foi escolhido por Braz Cubas como o melhor atracadouro da região para as caravelas portuguesas. Recentemente (1999), houve um desmonte parcial da Pedra de Teffé, pela empresa que adquiriu os Silos da Codesp, porém este desmonte foi mecânico.

No entanto, com o passar dos anos e evolução da tecnologia, maiores barcos estão sendo construídos, e o Porto de Santos, por meio desse Projeto, deve adequar-se às novas condições internacionais de mercado, atraindo navios maiores e mais modernos para o comércio no país, enquanto dois maciços rochosos encontram-se no caminho desta nova fase.

Desenvolvimento

Objetivos

O desenvolvimento deste trabalho foi feito com base no PROJETO EXECUTIVO PARA DERROCAMENTO DAS PEDRAS DE TEFFÉ E ITAPEMA, que, por sua vez, foi realizado com base nos elementos fornecidos durante o período da contratação deste projeto. A Minuta deste projeto, então, apresentava duas rochas no leito do Canal de Santos, que deveriam ser retiradas para o aumento da profundidade da calha do Canal. Esses maciços são conhecidos como:

- Pedra de Itapema; e
- Pedra de Teffé

Como a maior parte do canal não é formada por Rocha, e sim por sedimentos provenientes do Canal, que desembocam no mar, a grande parte do Canal pode ser dragada até os 16m de profundidade desejados. Portanto, restam essas duas formações como entraves no rebaixamento, e que devem ser derrocadas. Como mencionado, a Pedra de Teffé já havia sido parcialmente desmontada por meio de desmonte mecânico, porém até uma profundidade desejada na época, e que hoje já não é suficiente.

Dentre as sugestões de desmonte propostas pela Minuta, a escolhida foi a do Desmonte por Explosivos, já que os outros métodos se mostraram muito pouco eficazes, tanto em razão do fator de tempo de obra e como de custo. Os métodos sugeridos foram: Desmonte por Expansores (argamassas expansivas), Dardas (equipamentos hidráulicos que abrem em forma de cunha), Mecânico (impactadores, com mergulhadores ou em balsas) e Explosivos.

Dentre as diversas etapas de derrocagem das rochas, como seu desmonte, carregamento e transporte, focou-se, neste trabalho, no dimensionamento do plano de fogo. Buscando na literatura os consagrados autores de desmonte, e as experiências no desmonte subaquático, um método foi utilizado e proposto no projeto.

Revisão Bibliográfica

Importante na história da mecânica de rochas e no desmonte de rochas, a Teoria do Crateramento é uma das teorias básicas, e a partir dela foram desenvolvidos muitos métodos atuais de desmonte e fragmentação de rochas.

A idéia da Teoria do Crateramento é que existe uma profundidade, ou distância da superfície livre, ideal, para que a detonação ocorra sem ultra lançamentos, e com uma boa fragmentação, ou seja, cargas esféricas ou cúbicas e, com boas aproximações, cargas cilíndricas curtas, que são detonadas dentro de um maciço rochoso a ser desmontado, provocariam crateras. Na Figura 1, a seguir, vemos a influência da energia transmitida pelo explosivo à rocha, dependendo da profundidade da carga e do volume de material a ser afetado pela detonação.

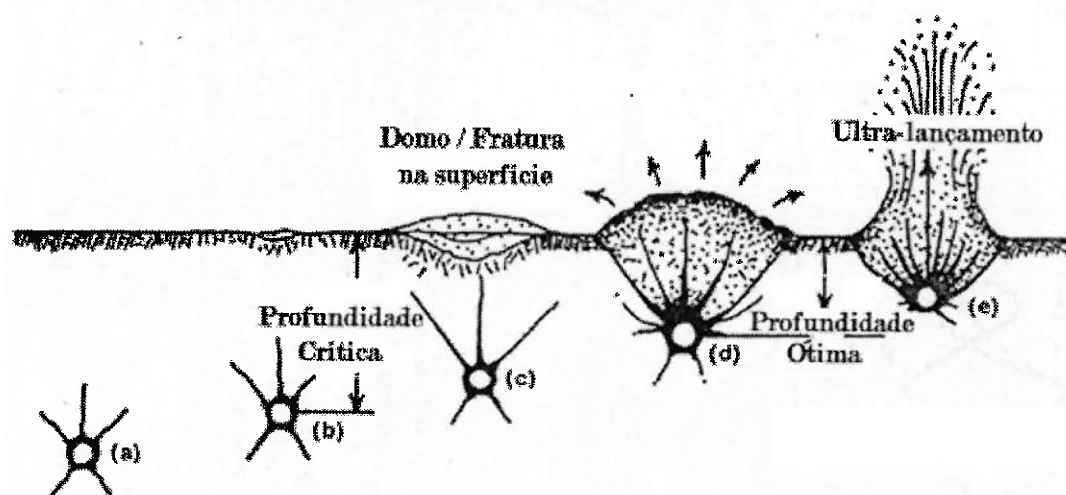


Figura 1 - Ilustração da Teoria do Crateramento

Dependendo da profundidade e da quantidade da carga, temos a variação do volume de material a ser afetado pela detonação, mostrando a influência da energia transmitida pelo explosivo à rocha.

Quando a carga está muito enterrada (a), apenas as falhas próximas à carga são pulverizadas e falhas e rupturas por tensões radiais se formam a partir do local da detonação. Em (b), temos o início das rupturas na superfície, sem fragmentação de material, com o início da formação de um domo na superfície.

Próximo de (b), tem-se (c), o início das fragmentações de material, com falhas de superfície e sub-superfície se encontrando, com o uma camada de material, entre as duas, fragmentada, e o surgimento de uma expansão na superfície.

Em (d), tem-se a cratera característica, com o material acima completamente fragmentado. Fraturas provenientes da superfície e da sub-superfície atravessam toda a região.

No último caso, (e), pode-se observar novamente o Crateramento, porém com um volume menor e maior fragmentação. Nesse caso, tem-se *ultra lançamentos*, ruído e uma cratera em forma de semi-esfera.

Na figura 2, a seguir, mais informações sobre o crateramento, e explicações em seguida.

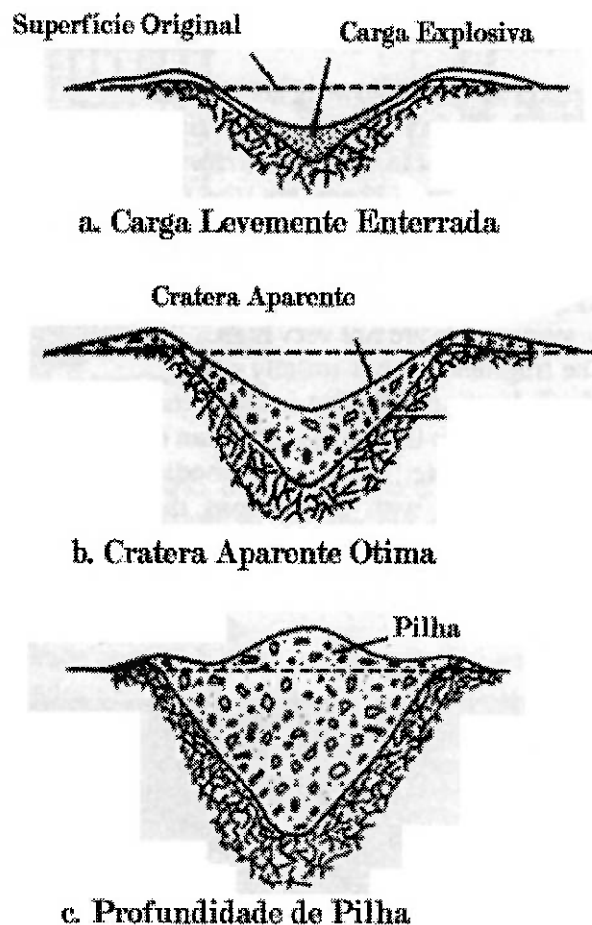


Figura 2 - Tipos de Crateras

Novamente, se a carga está enterrada a uma distância muito pequena da face livre (neste caso, a superfície), (a), a maior parte da energia é transmitida para o meio (atmosfera) em forma de *ultra lançamentos*, e, quanto mais profunda, mais energia é aplicada à rocha, fragmentando-a e produzindo intensa vibração. Entre as duas situações limites, existe uma que cria uma maior cratera (b).

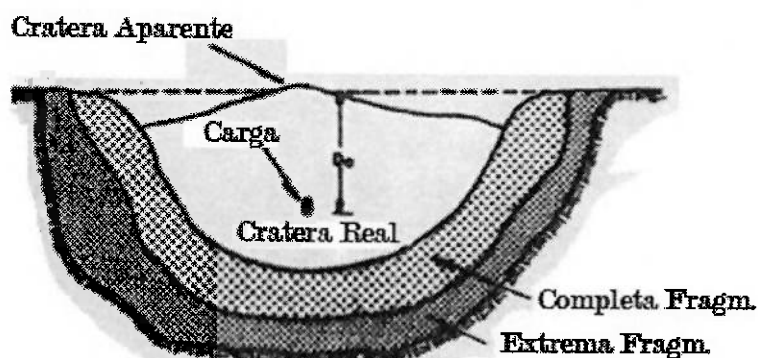


Figura 3 - Zonas da Cratera

Nas cavidades criadas, três zonas concêntricas podem ser encontradas: A cratera aparente, a cratera real e a pilha de rocha fragmentada (Fig.24.3). Essa pilha está dividida em uma zona de completa fragmentação e outra de extrema fragmentação. Os parâmetros para a detonação de crateras são os seguintes:

- Relação Comprimento/Diâmetro da carga não deve exceder 6 para 1, para que sejam consideradas cargas esféricas.

- Profundidade e distância entre o centro de gravidade e a face livre (determinados por testes, aplicando a teoria de Livingston)

- Padrão de perfuração é calculado para profundidade e volumes máximos de cratera.

Livingston determinou que a relação existente entre a profundidade crítica D_c , de onde os primeiros sinais de ação do explosivo na superfície são notados, e o peso do explosivo, Q , seguem a seguinte equação:

$$D_c = E_t \times Q^{1/3} \text{ (Equação de Energia-Deformação)}$$

Onde: E_t = Fator Energia-Deformação, uma característica constante da combinação rocha-explosivo.

Assim, temos a equação:

$$D_g = \Delta \times E_t \times Q^{1/3}$$

Com D_g = Distância da superfície ao centro de gravidade da carga, Δ = Relação entre as profundidades, adimensional, D_g/D_c . Portanto,

$$\Delta_0 = D_0/D_c,$$

Onde Δ_0 = Relação Ótima de Profundidade. De modo a determinar a profundidade ótima, uma série de testes devem ser realizados com atenção nas seguintes recomendações:

- Testes serão feitos com o mesmo tipo de rocha e explosivo usados nas detonações de produção.

- O diâmetro do furo de mina será o maior possível, por exemplo, 115 mm.

- As séries de comprimentos do furo piloto serão as mais amplas possíveis para permitir uma ampla extensão na profundidade do furo, por exemplo, 15 furos de mina com 0,75 a 4 m com aumento de 0,25 m.

- Os furos de mina serão furados perpendicularmente à face livre.

- As cargas explosivas terão um comprimento de 6 D e serão adequadamente tampadas.

Após cada teste, o volume da cratera é medido e, posteriormente, com todas as informações em mãos, a curva Volume-Profundidade obtida.

A fim de melhor descrever o procedimento de quebra das rochas e a importância do formato da carga, Livingston também propôs a seguinte equação empírica.

$$\frac{V}{Q} = E_t^3 \times A' \times B' \times C'$$

(Equação do Processo de Fragmentação)

Onde: A' = coeficiente do uso da energia do explosivo, B' = coeficiente do comportamento do material, C' = coeficiente que considera os efeitos da geometria da carga.

Se a carga usada é esférica e a profundidade é ótima, o valor de B' pode ser determinado pelas equações seguintes pois A' = C' = 1, V = V₀, e portanto:

$$B' = \frac{V}{D_c^3}$$

Como nesse tipo de detonação faz-se necessário maximizar a energia efetivamente desenvolvida, por unidade de comprimento de carga, os explosivos usados irão condescender com as seguintes características: alta velocidade de detonação, alta densidade e a possibilidade de preencher completamente a seção transversal do furo de mina.

Os explosivos ideais para rochas mais duras, sob água, são as gelatinas explosivas ('watergels'), emulsões e dinamite gelatinosa ('gelatin dynamite'). Em rochas médias e brandas, *watergels* de baixa densidade e velocidade. O ANFO possui uma limitação séria de aplicação por ser solúvel em água e somente é usado encartuchado em condições muito especiais.

Os dados recolhidos nesses testes podem ser apresentados de diversas maneiras, mas tem-se aqui neste projeto o gráfico de V/W pela razão de profundidade. Veja a figura a seguir, retirada do manual *Explosives and Rock Blasting*, da *Atlas Powder Company*, 1987.

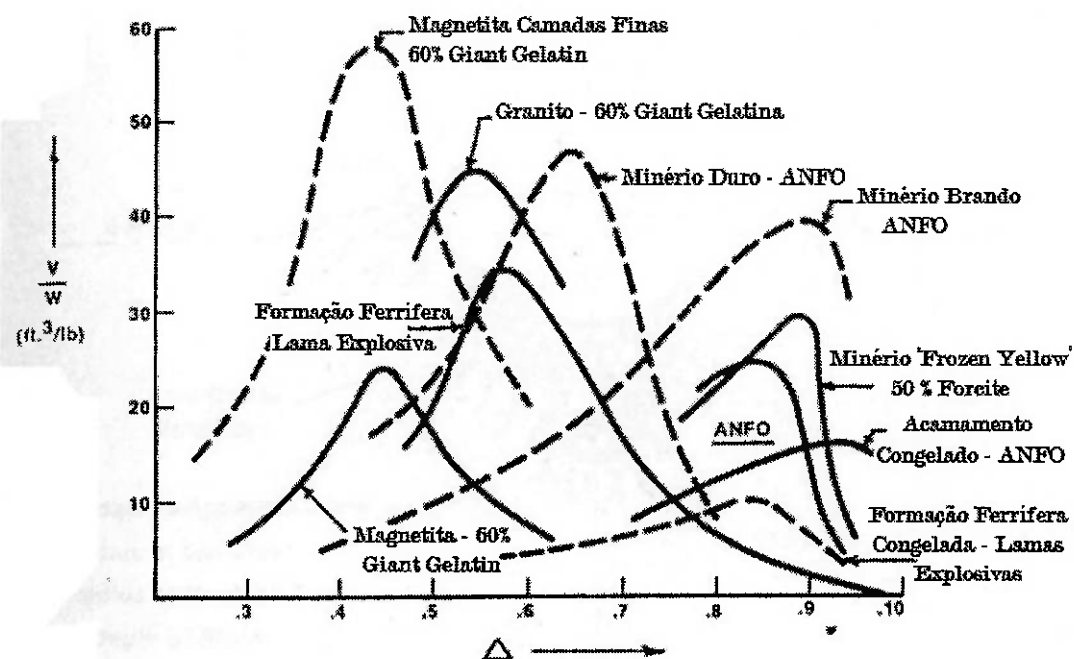


Figura 4 - Gráfico V/W x Razão de Profundidade

A importância desse gráfico consiste em notar que a razão de profundidade ótima varia de acordo com a combinação rocha-explosivo, e cada gráfico, como se vê constantemente na Engenharia de Minas, especial para cada caso.

Na figura a seguir, tem-se ilustrada a teoria do crateramento ligada às modificações de Lang & Bauer (JIMENO, 1995), com a explicação dos movimentos de tração e compressão, e reflexão de ondas na face livre, e então sua aplicação no desmonte de bancadas.

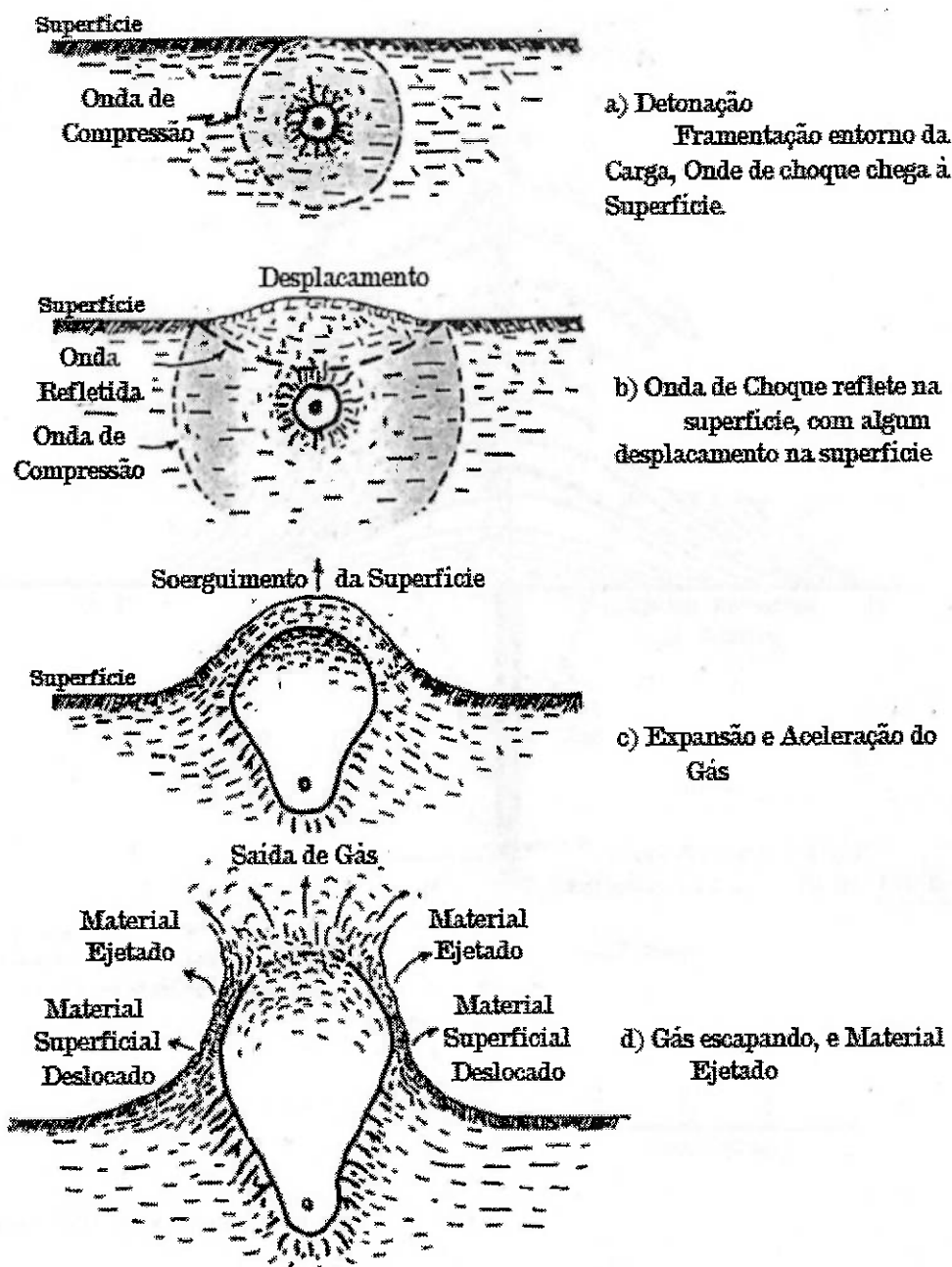


Figura 5 - Eventos e Mecanismos do Crateramento

No desmonte de bancadas, nota-se que o mesmo efeito ocorre, pois, quanto mais distante da face livre da bancada, mais problemática é a fragmentação do material. Analogamente, tem-se em (a) a fragmentação do maciço, sem desmonte efetivo. Quanto mais próximo, maior é o desmonte, e, conseqüentemente, maior a distância onde o material será arremessado.

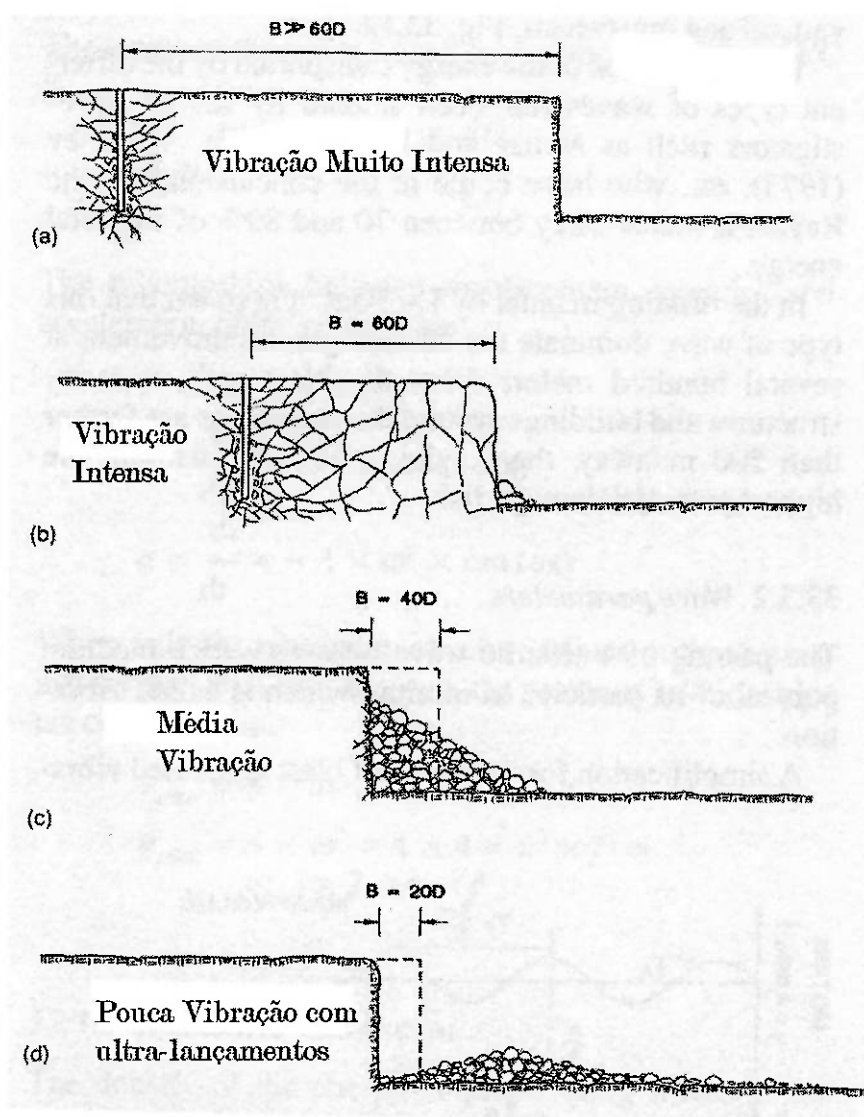


Figura 6 - Efeitos dos explosivos de acordo com a distância entre o furo de mina e a face livre. (BERTA, 1985)

Assim, de acordo com os grandes nomes do desmonte, temos a utilização desses métodos no Projeto de Santos, descritos a seguir.

Materiais e Métodos

Faz-se necessário, inicialmente, conhecer bem os maciços rochosos a serem derrocados. Dentre os métodos atuais de *topografia subaquática*, conhecida como batimetria, realizou-se, meses antes, uma batimetria, conforme rotina da CODESP, por meio de sonar acoplado em um barco, criando-se as curvas de nível do canal, que foram dispostas em arquivo CAD e renderizadas em programas 3D.

Com cálculos feitos no Microsoft Excel, em cima das teorias acima descritas, além de modificações para o caso de desmontes subaquáticos, obtivemos um cálculo que permitiria calcular, para cada furo, a profundidade necessária de perfuração (além de subfuração, tampão, carga, etc.) de qualquer ponto nas rochas, dadas certas entradas.

Assim, adotando-se uma malha básica, utilizou-se o CAD novamente para ter uma lista de pontos, sua localização e ponto na superfície do Canal. Então, novamente tem-se o uso do Excel para o cálculo de cada um dos pontos.

Descrição do Caso ou Situação Estudada

Como já mencionado, A Minuta do Projeto apresentava duas rochas no leito do Canal de Santos, que deveriam ser retiradas para o aumento da profundidade da calha do Canal, até uma profundidade total de 16 m. Tais rochas são:

- Pedra de Itapema
- Pedra de Teffé

Para atingir os 16 m de profundidade, adotou-se como medida de desmonte o Desmonte por Explosivos. O problema, portanto, reside em desenvolver um método de dimensionamento do plano de fogo, perfuração, carregamento, desmonte e retirada do material.

Dentre todos os problemas propostos, e as soluções encontradas, este trabalho está focado no Dimensionamento do Plano de Fogo, os métodos adotados para o caso descrito, e os resultados e suas possíveis correções.

De suma importância, porém, e que não podem ser desprezados, são os problemas ambientais decorridos do desmonte. A sobrepressão hidrodinâmica e as vibrações no solo devem ser minimizadas não somente por técnicas avançadas, mas também no próprio dimensionamento.

Para isso, observa-se a localização das rochas, e possíveis locais importantes ao redor onde o impacto das detonações pode trazer consequência a estruturas ou embarcações. A foto aérea, na figura abaixo (Figura 6), ilustra inicialmente a situação:



Figura 7 - Foto por Satélite – Canal de Santos

No caso da Pedra de Itapema, o entrave é que a Pedra se encontra exatamente na passagem de navios proposta pelo projeto, atrapalhando o fluxo dos navios, permitindo a passagem de apenas um navio de calado profundo por vez no caminho. Por outro lado, sua distância relativamente segura do cais permite que exista um menor problema causado por vibrações no cais esquerdo do Porto, no Guarujá, apesar de trazer preocupações quanto ao Forte, que se encontra próximo ao local.

A Pedra de Teffé não se encontra na passagem de navios, mas encontra-se próxima ao Cais, complicando o atracamento de navios nesta parte do Cais, e as vibrações podem comprometer estruturas no Cais, como é o caso dos Silos, que se encontram de frente para a rocha.

Por ser um local altamente movimentado e de extrema importância econômica, poderíamos caracterizar esse desmonte como cuidadoso, mas, por outro lado, o volume de rocha a ser desmontado é tão grande que se deve atentar também para o custo e tempo da execução do projeto.

Apresentação de dados sobre o local da pesquisa, população estudada, tipo de amostragem

Sobre as duas pedras a serem derrocadas, adiante temos o mapa feito por batimetria, pela empresa GeoUrbe, e em seguida, a planta do cais, além de modelos em 3 dimensões.

Pedra de Itapema:

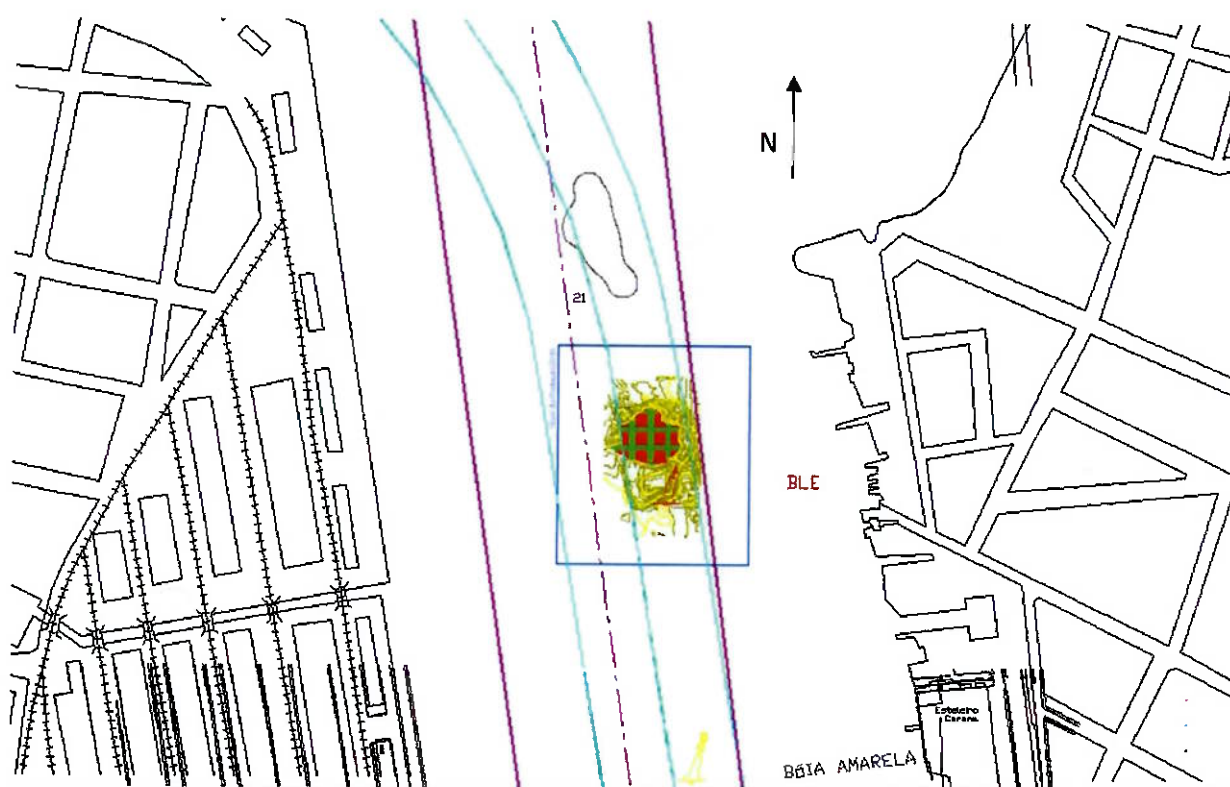


Figura 8 - Pedra de Itapema – Localização no Canal de Santos

Nesta figura, nota-se como a Pedra de Itapema encontra-se exatamente na passagem de navios, impossibilitando que navios com mais de 16 m de calado passem em *mão dupla* pelo canal.



Figura 9 - Pedra de Teffé – Localização no Porto

Como a Pedra de Teffé mostrou-se maior que a Pedra de Itapema, foi dividida em duas, o que futuramente geraria duas fases de projeto. A seguir, são apresentados os cálculos de volumetria do material a ser derrocado, considerando as profundidades de 16 m e 17 m do canal de Santos, com as duas fases de Teffé.

Pedra de Itapema

Cota: 16 m - Volume no projeto: 8422,45 m³

Cota: 17 m - Volume no projeto: 11269,52 m³

Pedra de Teffé

Cota: 16 m (Pedra) - Volume no projeto: 6957,85 m³

Cota: 16 m (Próximo ao Cais) - Volume no projeto: 17982,32 m³

Cota: 16 m (Total) - Volume no projeto: 24940,17 m³

Cota: 17 m (Pedra) - Volume no projeto: 10278,08 m³

Cota: 17 m (Próximo ao Cais) - Volume no projeto: 27061,35 m³

Cota: 17 m (Total) - Volume no projeto: 37339,43 m³

Além disso, foram criadas imagens da batimetria em três dimensões para ajudar na visualização do projeto. Observe as figuras a seguir.

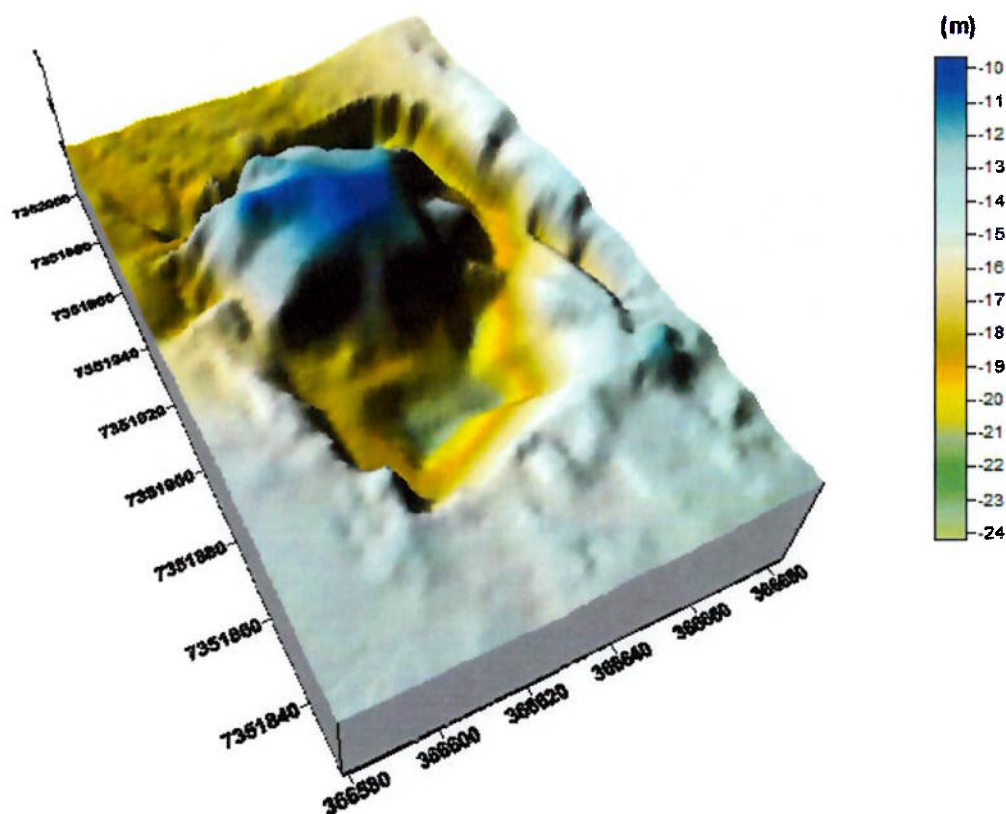


Figura 10 - Pedra de Itapema

Sugeriu-se, por parte da CODESP, o uso deste volume que se encontra a uma profundidade maior que 16 m como local de depósito da própria Pedra de Itapema. Estudos foram feitos e chegou-se a conclusão que não seria o suficiente, podendo ser apenas parcialmente usado.

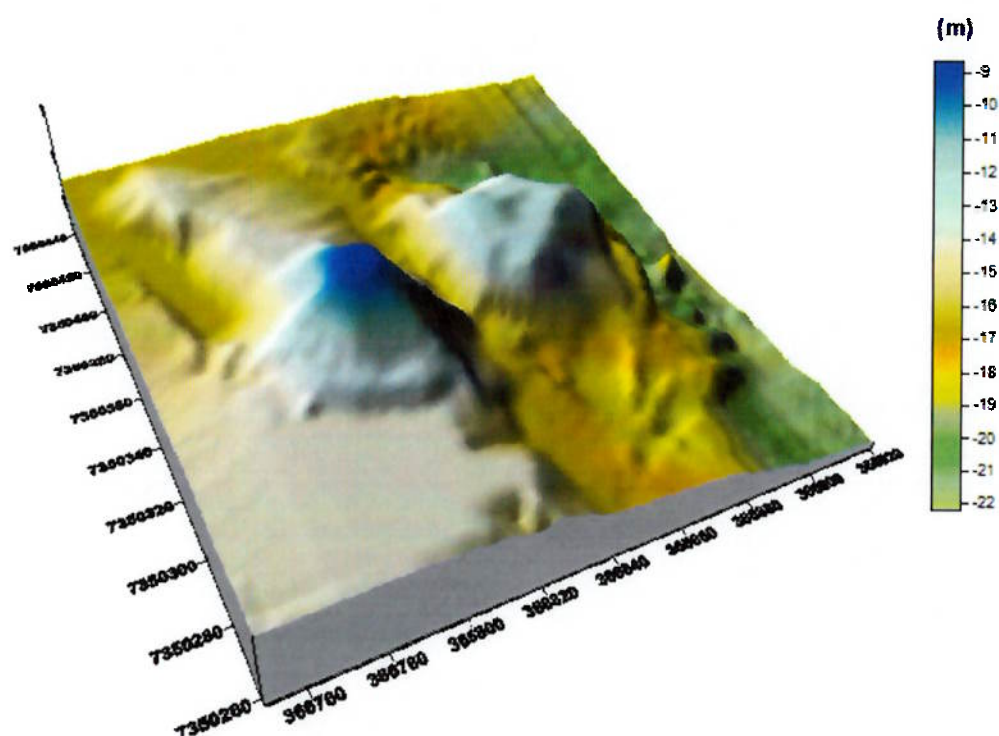


Figura 11 - Pedra de Teffé

A Pedra de Teffé, como mencionado anteriormente, foi dividida no Projeto em 2 seções, por ser um maciço bem maior que Itapema, sendo passível de ser dividida nessas duas fases. Inicialmente, temos a seção “Pedra de Teffé”, distante do cais, vista no lado direito da figura, caracterizada como um maciço parecido com o de Itapema, e a seção “Teffé Cais”, mais próximo ao cais, com um pico chegando a 9 m de profundidade (parte mais rasa do projeto até então, e possivelmente com maior perfuração), com uma área plana bem extensa adjacente, que entra por baixo do Cais construído.

Resultados Obtidos

Depois de estudos, para o plano de fogo, escolheu-se e seguiu-se o seguinte método, para cada Rocha:

Itapema

Para a pedra de Itapema foi aplicada apenas uma fase devido ao seu tamanho e por ter uma face livre não direcionada para o canal ou cais, podendo ser desmontada bancada a bancada para possibilitar a dragagem durante o processo de perfuração e podendo assim acelerar o processo. A malha utilizada será direcionada de acordo com a face, e será de 1,35m.

Teffé

Foi decidido que o desmonte da pedra de Teffé será feito em duas fases devido ao seu tamanho e formato. As áreas a serem derrocadas serão separadas por uma linha a 45° da linha do cais, escolhida de modo que os fragmentos não sejam lançados em direção ao canal. Será utilizada uma malha quadrada de espaçamento 1,35m direcionada de acordo com a linha de divisão das fases.

Pelo método sugerido por JIMENO (1995), temos o seguinte cálculo para desmontes subaquáticos:

$H_{\text{água}}$ = altura da coluna d'água (m)

H_{rocha} = altura da coluna de rocha (m)

H_{mr} = altura do *overburden* (m)

Φ = diâmetro do furo de mina (mm)

RC = razão de carregamento (kg/m^3)

ql = carga linear (kg/m)

S = espaçamento (m)

B = afastamento (m)

J = subfuração (m)

VR/furo = volume de rocha desmontado por furo (m^3)

VR/m de furo = volume de rocha desmontado por metro de furo (m^3)

Q_b = quantidade de carga por espera (kg)

T = tampão (m)

ρ_a = densidade da água (g/cm^3)

ρ_r = densidade da rocha (g/cm^3)

ρ_{mr} = densidade do *overburden* (g/cm^3)

ρ_e = densidade do explosivo (g/cm^3)

Por esse método, leva-se em consideração que existe uma diferença crucial entre desmontes em bancadas e o subaquático. O subaquático possui apenas uma face livre, como na Teoria do Crateramento, além de um capeamento e pressão da água agindo no maciço, criando uma força ou pressão sobre o maciço rochoso superiores à estimada por métodos de dimensionamento clássicos. Além disso, erros de furação podem causar uma má fragmentação e o risco de detonação por simpatia entre os furos, devido a erros no cálculo, também não são considerados nesses dimensionamentos para bancadas.

Foram consideradas três densidades diferentes (1,2/1,0/0,8) de explosivos para o cálculo das malhas gerando três tabelas distintas. Foram utilizados esses três tipos de explosivos, caso alguma mudança se faça necessária.

As alturas das colunas de água e rocha e o diâmetro dos furos foram definidos de acordo com o projeto, já que as colunas e alturas variam ponto a ponto.

Para desmonte subaquático, calcula-se uma altura equivalente de rocha, por influência da água, que atua como uma camada de rocha sobre a carga explosiva. Assim, calculou-se o H_e , a altura equivalente da coluna de água e de material de capeamento expresso em altura de rocha, pela fórmula:

$$H_e = \frac{\rho_a}{\rho_r} \times H_a + \frac{\rho_{mr}}{\rho_r} \times H_{mr} + H_r$$

Sendo H_a e H_r , $H_{\text{água}}$ e H_{rocha} , respectivamente.

A partir desse valor podemos obter CE, o fator de potência, pela fórmula:

$$CE = 0,5 \text{ (kg.m}^{-3}\text{)} + 0,1 \text{ (kg.m}^{-3}\text{)} \times H_e \times 1 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

Em seguida, foi escolhido o diâmetro dos furos de minas. Para este projeto foram escolhidos os valores (32, 41, 51, 70, 102), pela teoria.

Para o cálculo da concentração de carga linear (ql) foi utilizada a seguinte equação:

$$ql = \frac{(D^2/4) \cdot \rho_e}{1000}$$

onde D, seria o diâmetro do furo (Φ).

Com esses dados e a equação abaixo, foi possível retirar o valor da área efetiva (A_a).

$$A_a = \frac{ql}{CE}$$

Em seguida, calcula-se o padrão de furo (S e B), como a malha será quadrada foi possível considerar $S=B$ e, portanto, $B = \sqrt{A_a}$.

O cálculo da subfuração foi feito a partir da equação $J = \frac{B}{2 \times T \tan 35^\circ}$, levando em conta o ângulo de quebra do projeto. E com essas informações, podemos calcular o volume de rocha desmontado (VR) pela equação:

$$VR = A_a \times (H + \frac{J}{3})$$

Com o VR podemos obter o valor de carga por furo,

$$Q_b = CE \times VR$$

Altura da coluna de carga,

$$l = Q_b / q_t$$

E o comprimento do tampão (T),

$$T = L - l$$

onde, $L = J + H_r$.

Com todos esses valores, criou-se uma tabela base que define espaçamento, carga, entre outros fatores. Esta tabela encontra-se no Apêndice 1.

Inicialmente, os valores desse Apêndice poderiam ser usados para todos os furos, quanto ao dimensionamento unitário de cada furo. No entanto, é importantíssimo notar que no desmonte, escolhe-se a quantidade de furos detonados por espera. Para isso, tem-se dois limitantes:

- Frequência das Vibrações.
- Pressão Hidrodinâmica.

O escopo deste trabalho não é o estudo desses dois limitantes, e sim o cálculo propriamente dito das furações. Sendo assim, estas tabelas encontram-se disponíveis para consulta no Projeto realizado.

Sobre os furos, então, criamos uma nova tabela, que se baseia nos cálculos e resultados da tabela anterior, do dimensionamento do plano de fogo. Porém, como são 9440 furos estimados, seria um exagero inserir todos esses pontos aqui. No Apêndice 2, 3 páginas de furos são mostrados e, em Discussão, mais detalhes sobre estes.

Discussão

O Projeto proposto pela CODESP estabelece o rebaixamento da calha do canal para 16 m de profundidade a partir do NATmin (Nível d'água mínimo estipulado pela Marinha), porém, decidiu-se, por segurança, estabelecer padrões para furação e detonação para 16,5 m. Assim, caso algum imprevisto venha a acontecer, tem-se o limite de 16m alcançado, e a variação dentro da tolerância admitida de 1 (um) metro.

Estabelecidos os 16,5 m, foi criada uma malha quadrada de pontos em cima do perfil topográfico das pedras, até essa cota de profundidade. Os pontos desta malha apresentam afastamento e espaçamento de 1,35 m (valores médios calculados nos planos de furação para diâmetro de furo de mina de 51 mm de diâmetro) e profundidades entre 10 e 16 m.

Como comentado no capítulo anterior, criou-se, então, uma tabela que posiciona esses pontos com suas coordenadas UTM em Norte e Leste, Altura da lâmina d'água (H_a) e Profundidade de Perfuração (H). A partir desses dados, foi possível calcular os demais parâmetros do plano de fogo para cada furo.

Portanto, nesta mesma tabela, são apresentados os parâmetros Profundidade de Perfuração Corrigida (L), Comprimento de Carga (l), Altura do Tampão (T), Carga por Furo (Q_b) e Distância ao Cais.

As constantes usadas nesses cálculos são:

$$S = B = 1,35\text{m}$$

$$J = 0,96 \text{ m,}$$

$$A_a = 1,82 \text{ m}^2,$$

$$q_l = 2,45 \text{ kg/m,}$$

$$CE = 1,14 \text{ kg/m}^3$$

Afastamento e Espaçamentos iguais a 1,35m, Subfuração de 0,96 m, Área arranque em condições subaquáticas de 1,82 m², Carregamento Linear de 2,45 kg/m e Razão de Carregamento Volumétrico igual a 1,14 kg/m³.

Sobre essas tabelas (Apêndice 1 e Apêndice 2), algumas considerações devem ser feitas:

Valores de perfuração menores ou iguais a 0 m estão destacados em vermelho, e devem ser descartados pelo operador. Eles significam que o leito já está em uma profundidade adequada.

Alguns furos possuem profundidade de perfuração curtos, furos menores que 1 (um) metro, valores complicados não só para a detonação como para o próprio controle de furação. Esses furos foram acrescidos da subfuração necessária e apresentados na tabela, em uma coluna

Profundidade de Perfuração Corrigida. A Literatura (LANGFORS, 1979) demonstra isso na seguinte figura:

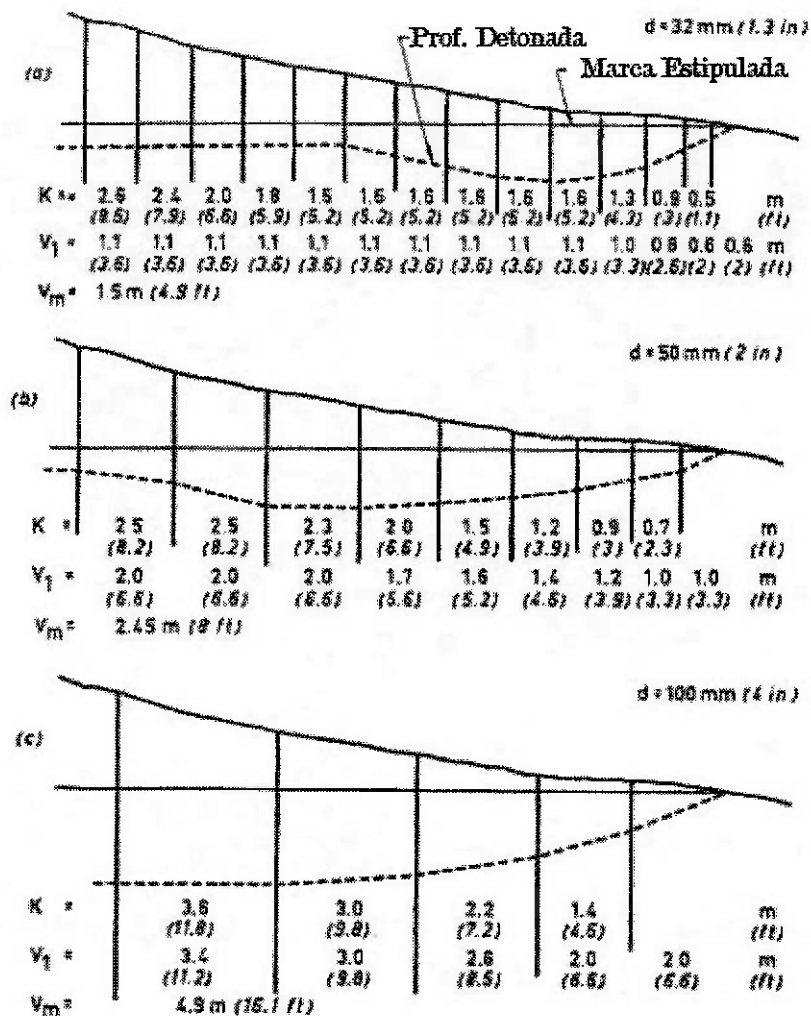


Figura 12 - Subfurações Subaquáticas

Após a estipulação da profundidade, no caso deste trabalho, de 16 m, tem-se uma subfuração suficiente para que o crateramento consiga atingir com segurança esse valor. Observe que conforme mudam-se os diâmetros dos furos, mais apertada fica a malha, como é de se esperar, e, conforme mais apertada a malha, melhor é o desenho do corte, e mais curtas são as subfurações.

Assim, criadas as tabelas com todos os furos, nomeados e conhecidos, sobre o desenho das pedras, temos os seguintes mapas abaixo, com todos os pontos indicados.

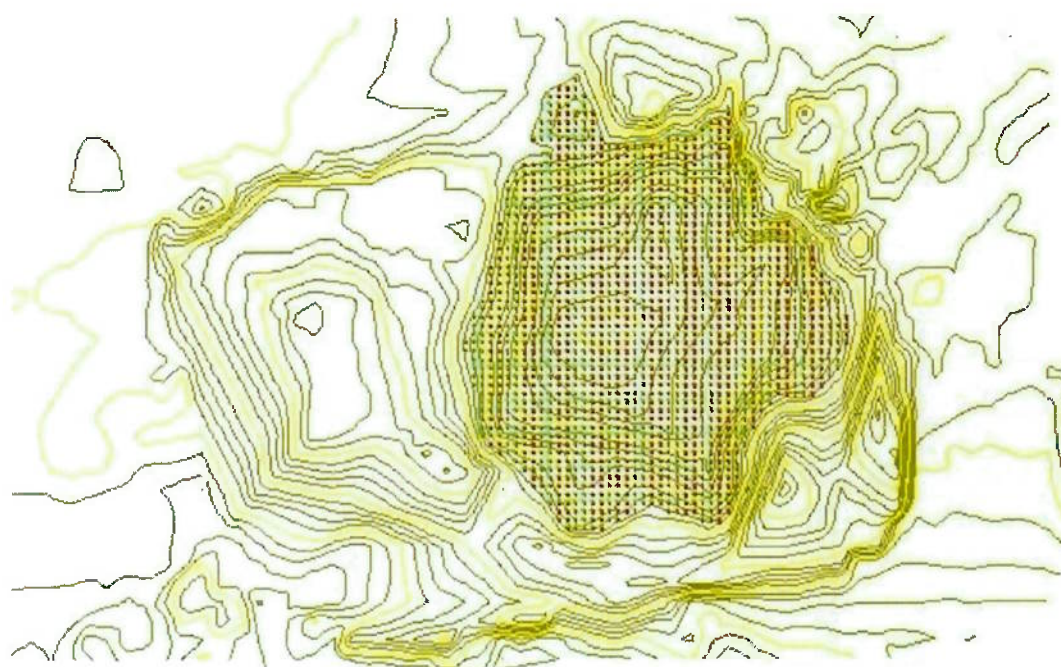


Figura 13 - Pedra de Itapema – Detalhe em Planta

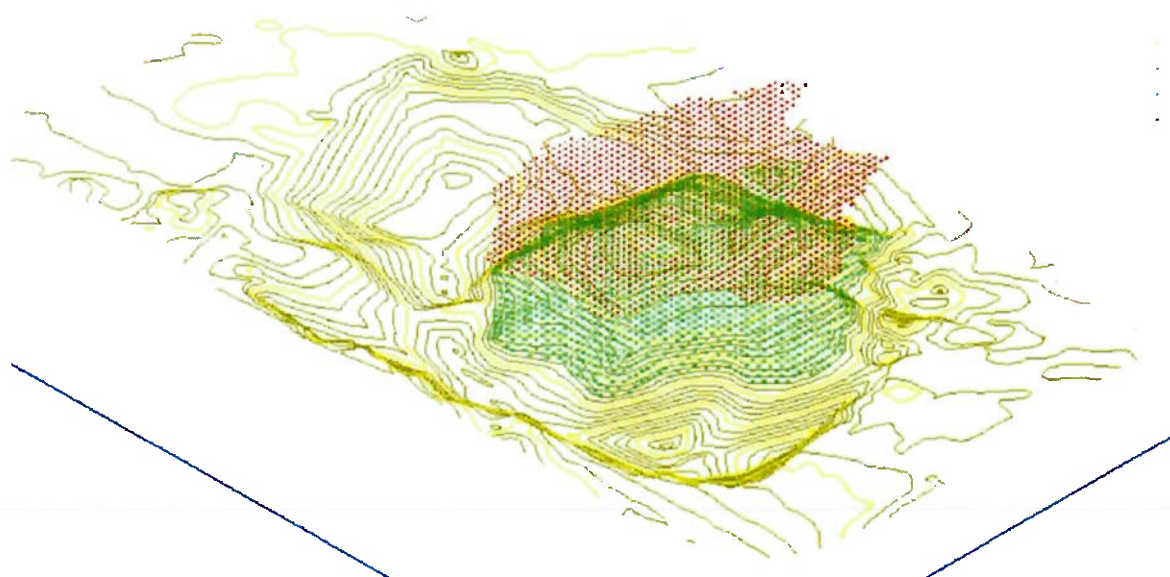


Figura 14 - Pedra de Itapema – Visão Isométrica

Nessas duas figuras, a primeira em planta, e a segunda em perspectiva, vemos a área de desmonte delimitada pela profundidade desejada em pontos verdes; e os pontos em vermelho representam os locais onde os flutuadores deverão estacionar para fazer os furos.

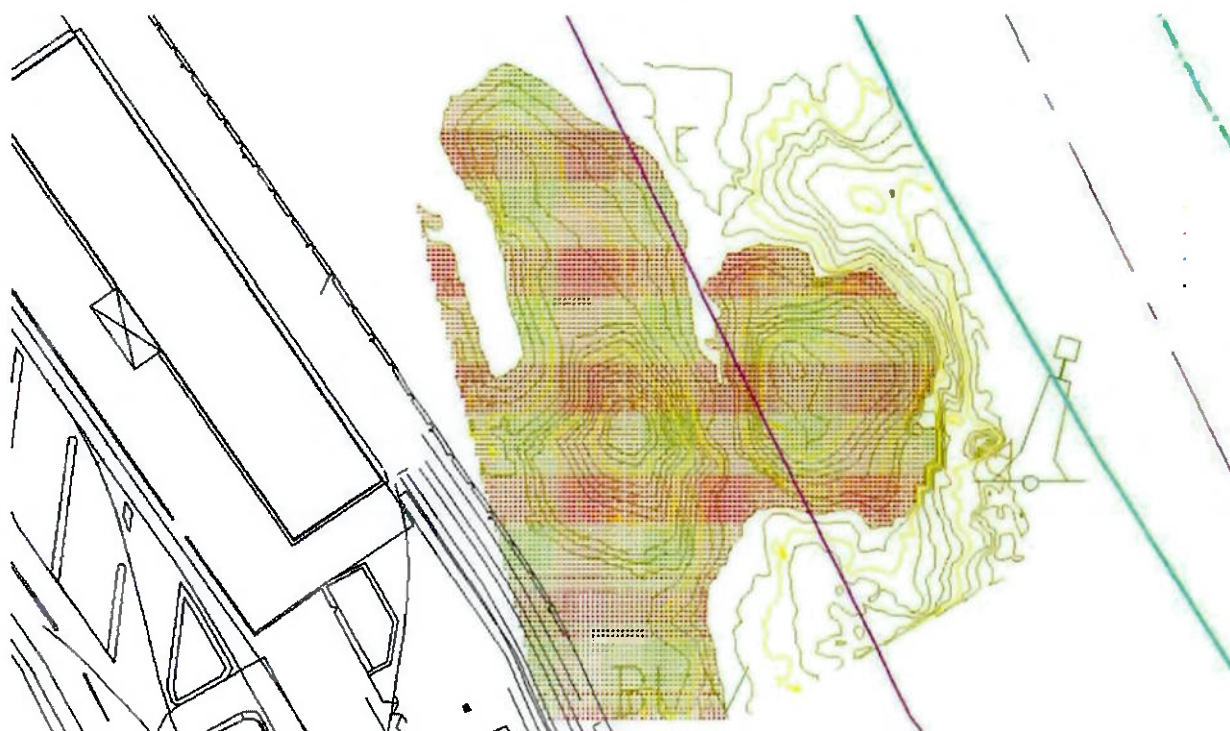


Figura 15 - Pedra de Teffé – Visão em Planta

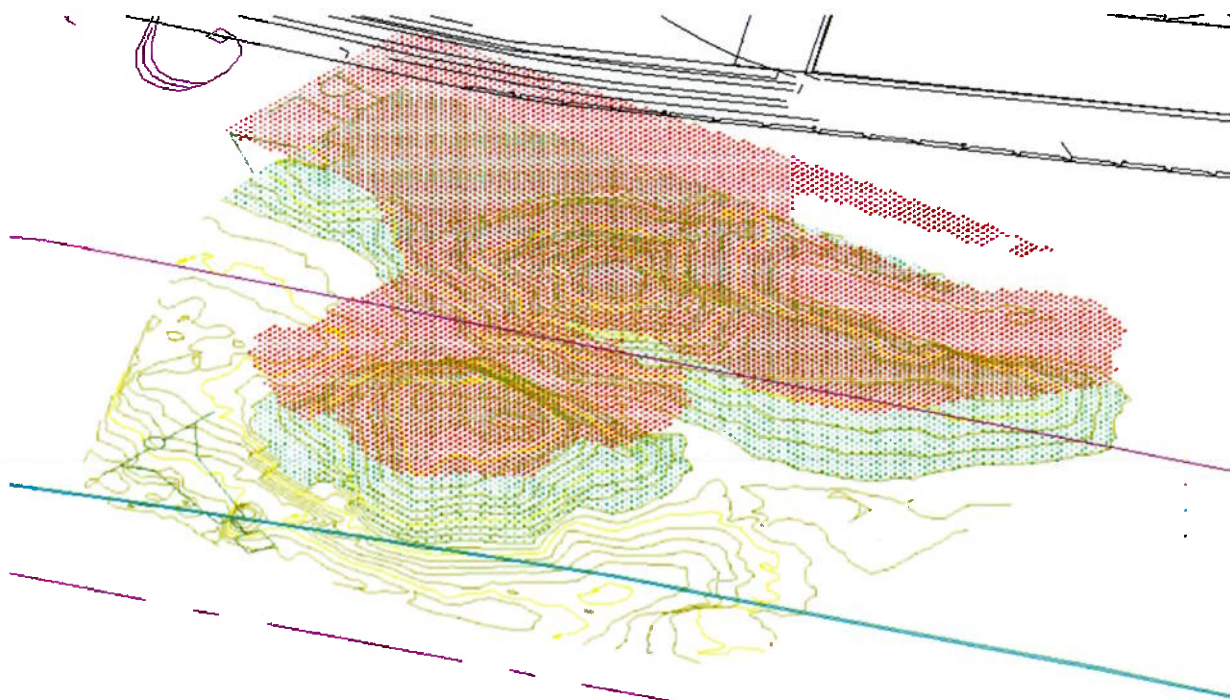


Figura 16 - Pedra de Teffé – Visão Isométrica

Conclusões

Após o acerto dos furos, e o cálculo das características de cada um, flutuadores ou barcas devem posicionar as perfuratrizes perfeitamente nos locais e começar o ciclo de desmonte. O posicionamento da barcaça durante o processo de desmonte foi escolhido do mesmo modo para as três etapas de desmonte (Itapema, Teffé Fase1 e Fase 2), para que o processo seja otimizado, necessitando do mínimo de movimentações da barcaça e cobrindo o maior número de pontos possível em cada posicionamento.

Os fragmentos foram direcionados, de modo geral, para uma posição paralela ao cais, para facilitar a dragagem e não afetar demasiadamente a movimentação de embarcações durante o processo.

Como comentado anteriormente, foi levada em conta também a segurança do cais, de modo que as detonações e suas consequências como pressão hidrodinâmica (resultantes das propagações das ondas de choque na água) e vibrações do terreno fossem programadas e direcionadas buscando os mínimos níveis possíveis, que sejam aceitáveis pelas normas brasileiras e que estejam de acordo com a boa prática de engenharia, de forma a manter a integridade estrutural do cais e das estruturas que contêm o porto e o canal.

Com a divisão do desmonte em duas etapas, é possível dispersar os fragmentos em locais em que a draga pode trabalhar interferindo o mínimo possível nas operações do canal, de modo que o fluxo de embarcações seja interrompido apenas no momento da detonação.

Um exemplo da barcaça posicionada está na figura 13, abaixo.

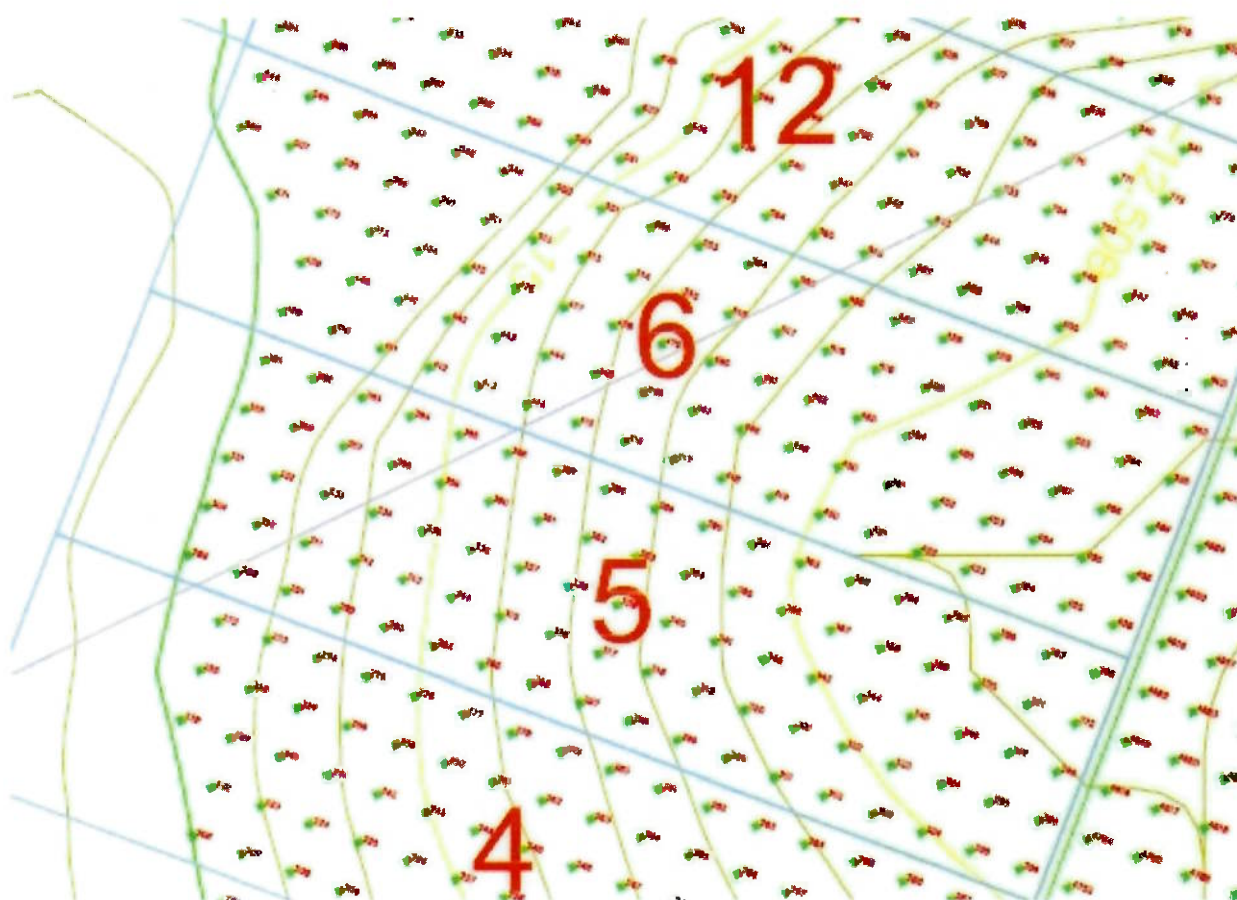


Figura 17 - Barças, Etapas 5 e 6

Concluídos os trabalhos de dimensionamento, tem-se a seguinte tabela final (Tabela 1), com os dados todos do projeto, a partir da qual é possível fazer uma estimativa de custos.

Tabela 1 - Projeto Rebaixamento da Calha de Santos – CODESP – Valores Totais

	Itapema	Teffé - Fase 1	Teffé - Fase 2	Total
No. Furos	1593	4319	3528	9440
Comprimento Médio (m)	3,6	2,8	2,1	2,6
Comprimento Máximo (m)	6,8	7,9	5,2	7,9
Comprimento Mínimo (m)	1,0	0,0	0,0	0,0
Desvio Padrão	1,7	1,6	1,1	-
Comprimentos Agrupados	entre 0 e 1,0m	7	57	107
	entre 1,0 e 2,0m	465	1447	2089
	entre 2,0 e 3,0m	202	1541	698
	entre 3,0 e 4,0m	202	505	285
	entre 4,0 e 5,0m	322	315	327
	entre 5,0 e 6,0m	266	197	22
	entre 6,0 e 7,0m	129	135	0
	maior que 7,0m	0	122	0
Extensão de Furação (m)	5675,0	11934,9	7334,4	24944,3
Extensão total das colunas de Explosivos (m)	3942,5	7780,4	4319,1	16042,022
Qb - Carga Total de Explosivos (kg)	9659,2	19062,0	10581,8	39303,0
Volume Médio Desmontado Por Cada Fogo (m³)	473,4	327,7	203,0	-

Referências

LANGFORS, U., & KIHLSSTROM, B. **The Modern Technique of Rock Blasting**. 2ª Edição, New York: John Wiley & Sons, 1979.

GUSTAFSSON, RUNE. **Swedish Blasting Technique**, 1973

LOPES JIMENO, CARLOS. **Drilling and blasting of rocks**, 1995, A.A. Balkema Publishers

AYRES DA SILVA et al. **Projeto Executivo do Rebaixamento da Calha do Canal de Santos**. 2008, Arquivos.

LIVINGSTON, C.W. **Fundamentals of Rock Failure**. Colorado School of Mines, julho de 1956, 51 (3). Quarterly of the Colorado School of Mines.

ATLAS POWDER COMPANY. **Explosives and Rock Blasting**, 1987

Apêndices

Apêndice 1: Cargas e Malhas (Dimensionamento do Plano de Fogo)

Apêndice 2: Pontos de Perfuração

Cálculo dos Parâmetros do Plano de Fogo

$\rho_a = 1$
Densidade da água

$\rho_r = 2.6$
Dens. Rocha

$\rho_{mr} = 1.9$
Dens. Overburden

$\rho_e = 1.2$
Densidade do Explosivo (g/cm³)

Padrão 0,71.8 Subfuração

Plat. Equiv.: 13.5 m de lado

													Q _b - Carga Por Espera (kg)									
H _{Água} (m)		H _{Rocha} (m)	Φ (mm)	RC (CE) (kg/m ³)	q _l (kg/m)	S (m)	B (m)	J (m)	VR (m ³) / furo	VR/m de furo	Q _b (kg)	T (m)	1	2	3	4	8	10	Nº Furos			
																			Linha	Total		
10	6	32	1.48	0.97	0.81	0.81	0.81	0.57	4.02	0.67	5.97	0.38	5.97	11.95	17.92	23.90	47.80	59.75	17	289		
11	5		1.42	0.97	0.82	0.82	0.82	0.58	3.52	0.70	5.01	0.39	5.01	10.03	15.04	20.05	40.11	50.14	16	256		
12	4		1.36	0.97	0.84	0.84	0.84	0.60	2.98	0.74	4.05	0.40	4.05	8.11	12.16	16.21	32.42	40.53	16	256		
13	3		1.30	0.97	0.86	0.86	0.86	0.61	2.38	0.79	3.09	0.41	3.09	6.18	9.28	12.37	24.74	30.92	16	256		
14	2		1.24	0.97	0.88	0.88	0.88	0.63	1.72	0.86	2.13	0.42	2.13	4.26	6.40	8.53	17.05	21.32	15	225		
15	1		1.18	0.97	0.91	0.91	0.91	0.64	1.00	1.00	1.17	0.43	1.17	2.34	3.52	4.69	9.38	11.72	15	225		
10	6	41	1.48	1.58	1.03	1.03	1.03	0.73	6.66	1.11	9.89	0.49	9.89	19.79	29.68	39.57	79.15	98.93	13	169		
11	5		1.42	1.58	1.06	1.06	1.06	0.75	5.84	1.17	8.32	0.50	8.32	16.63	24.95	33.27	66.54	83.17	13	169		
12	4		1.36	1.58	1.08	1.08	1.08	0.77	4.95	1.24	6.74	0.51	6.74	13.48	20.23	26.97	53.93	67.42	13	169		
13	3		1.30	1.58	1.10	1.10	1.10	0.78	3.97	1.32	5.17	0.52	5.17	10.33	15.50	20.67	41.33	51.67	12	144		
14	2		1.24	1.58	1.13	1.13	1.13	0.80	2.90	1.45	3.59	0.54	3.59	7.19	10.78	14.37	28.74	35.93	12	144		
15	1		1.18	1.58	1.16	1.16	1.16	0.82	1.72	1.72	2.02	0.55	2.02	4.04	6.06	8.08	16.15	20.19	12	144		
10	6	51	1.48	2.45	1.28	1.28	1.28	0.91	10.41	1.73	15.45	0.61	15.45	30.91	46.36	61.82	123.63	154.54	11	121		
11	5		1.42	2.45	1.31	1.31	1.31	0.93	9.15	1.83	13.02	0.62	13.02	26.04	39.06	52.07	104.15	130.18	10	100		
12	4		1.36	2.45	1.34	1.34	1.34	0.95	7.77	1.94	10.58	0.64	10.58	21.17	31.75	42.34	84.67	105.84	10	100		
13	3		1.30	2.45	1.37	1.37	1.37	0.97	6.27	2.09	8.15	0.65	8.15	16.30	24.45	32.60	65.21	81.51	10	100		
14	2		1.24	2.45	1.41	1.41	1.41	1.00	4.62	2.31	5.72	0.67	5.72	11.44	17.16	22.88	45.75	57.19	10	100		
15	1		1.18	2.45	1.44	1.44	1.44	1.02	2.79	2.79	3.29	0.68	3.29	6.58	9.87	13.15	26.31	32.89	9	81		
10	6	70	1.48	4.62	1.76	1.76	1.76	1.25	19.96	3.33	29.64	0.83	29.64	59.27	88.91	118.55	237.09	296.37	8	64		
11	5		1.42	4.62	1.80	1.80	1.80	1.28	17.61	3.52	25.06	0.85	25.06	50.12	75.18	100.24	200.48	250.60	7	49		
12	4		1.36	4.62	1.84	1.84	1.84	1.31	15.05	3.76	20.49	0.87	20.49	40.97	61.46	81.94	163.88	204.85	7	49		
13	3		1.30	4.62	1.88	1.88	1.88	1.34	12.24	4.08	15.91	0.89	15.91	31.83	47.74	63.66	127.32	159.14	7	49		
14	2		1.24	4.62	1.93	1.93	1.93	1.37	9.16	4.58	11.35	0.91	11.35	22.69	34.04	45.39	90.77	113.47	7	49		
15	1		1.18	4.62	1.98	1.98	1.98	1.41	5.76	5.76	6.78	0.94	6.78	13.57	20.35	27.13	54.27	67.83	7	49		
10	6	102	1.48	9.81	2.57	2.57	2.57	1.82	43.65	7.27	64.80	1.22	64.80	129.59	194.39	259.19	518.38	647.97	5	25		
11	5		1.42	9.81	2.62	2.62	2.62	1.86	38.73	7.75	55.12	1.24	55.12	110.24	165.36	220.48	440.95	551.19	5	25		
12	4		1.36	9.81	2.68	2.68	2.68	1.91	33.38	8.35	45.45	1.27	45.45	90.90	136.35	181.80	363.60	454.50	5	25		
13	3		1.30	9.81	2.75	2.75	2.75	1.95	27.53	9.18	35.79	1.30	35.79	71.58	107.37	143.16	286.32	357.90	5	25		
14	2		1.24	9.81	2.81	2.81	2.81	2.00	21.11	10.55	26.14	1.33	26.14	52.28	78.42	104.56	209.13	261.41	5	25		
15	1		1.18	9.81	2.89	2.89	2.89	2.05	14.02	14.02	16.50	1.37	16.50	33.01	49.51	66.02	132.03	165.04	5	25		

Cálculo dos Parâmetros do Plano de Fogo

$\rho_a = 1$
 $\rho_r = 2.6$
 $\rho_{mr} = 1.9$

Densidade da água
Dens. Rocha
Dens. Overburden

$\rho_e = 1.0$
Padrão
Plat. Equiv.:

Densidade do Explosivo (g/cm³)
0,71.8 Subfuração
13.5 m de lado

Q _b - Carga Por Espera (kg)																			
nº de furos na mesma espera																		Nº Furos	
H _{Água} (m)		Φ (mm)	RC (CE)	q _l (kg/m ³)	S (m)	B (m)	J (m)	VR (m ³) / furo	VR/m de furo	Q _b (kg)	T (m)	1	2	3	4	8	10	Linha	Total
10	6	32	1.48	0.80	0.74	0.74	0.52	3.34	0.56	4.97	0.35	4.97	9.93	14.90	19.86	39.72	49.66	18	324
11	5		1.42	0.80	0.75	0.75	0.53	2.93	0.59	4.16	0.36	4.16	8.33	12.49	16.66	33.31	41.64	18	324
12	4		1.36	0.80	0.77	0.77	0.55	2.47	0.62	3.36	0.36	3.36	6.73	10.09	13.45	26.91	33.63	18	324
13	3		1.30	0.80	0.79	0.79	0.56	1.97	0.66	2.56	0.37	2.56	5.12	7.69	10.25	20.50	25.62	17	289
14	2		1.24	0.80	0.81	0.81	0.57	1.42	0.71	1.76	0.38	1.76	3.52	5.29	7.05	14.10	17.62	17	289
15	1		1.18	0.80	0.83	0.83	0.59	0.82	0.82	0.96	0.39	0.96	1.92	2.88	3.85	7.69	9.62	16	256
10	6	41	1.48	1.32	0.94	0.94	0.67	5.53	0.92	8.22	0.45	8.22	16.43	24.65	32.86	65.73	82.16	14	196
11	5		1.42	1.32	0.96	0.96	0.68	4.85	0.97	6.90	0.46	6.90	13.80	20.71	27.61	55.22	69.02	14	196
12	4		1.36	1.32	0.98	0.98	0.70	4.10	1.03	5.59	0.47	5.59	11.18	16.77	22.35	44.71	55.89	14	196
13	3		1.30	1.32	1.01	1.01	0.72	3.29	1.10	4.28	0.48	4.28	8.55	12.83	17.10	34.21	42.76	13	169
14	2		1.24	1.32	1.03	1.03	0.73	2.39	1.20	2.96	0.49	2.96	5.93	8.89	11.85	23.70	29.63	13	169
15	1		1.18	1.32	1.06	1.06	0.75	1.40	1.40	1.65	0.50	1.65	3.30	4.95	6.60	13.21	16.51	13	169
10	6	51	1.48	2.04	1.17	1.17	0.83	8.64	1.44	12.82	0.56	12.82	25.65	38.47	51.30	102.59	128.24	12	144
11	5		1.42	2.04	1.20	1.20	0.85	7.58	1.52	10.79	0.57	10.79	21.59	32.38	43.17	86.35	107.93	11	121
12	4		1.36	2.04	1.22	1.22	0.87	6.44	1.61	8.76	0.58	8.76	17.53	26.29	35.05	70.11	87.63	11	121
13	3		1.30	2.04	1.25	1.25	0.89	5.18	1.73	6.73	0.59	6.73	13.47	20.20	26.94	53.88	67.35	11	121
14	2		1.24	2.04	1.28	1.28	0.91	3.80	1.90	4.71	0.61	4.71	9.41	14.12	18.83	37.65	47.07	11	121
15	1		1.18	2.04	1.32	1.32	0.94	2.28	2.28	2.68	0.62	2.68	5.36	8.04	10.72	21.44	26.80	10	100
10	6	70	1.48	3.85	1.61	1.61	1.14	16.54	2.76	24.56	0.76	24.56	49.11	73.67	98.23	196.46	245.57	8	64
11	5		1.42	3.85	1.64	1.64	1.17	14.57	2.91	20.74	0.78	20.74	41.48	62.22	82.96	165.92	207.40	8	64
12	4		1.36	3.85	1.68	1.68	1.19	12.43	3.11	16.93	0.80	16.93	33.85	50.78	67.70	135.40	169.25	8	64
13	3		1.30	3.85	1.72	1.72	1.22	10.09	3.36	13.11	0.81	13.11	26.22	39.34	52.45	104.90	131.12	8	64
14	2		1.24	3.85	1.76	1.76	1.25	7.51	3.76	9.30	0.83	9.30	18.60	27.91	37.21	74.42	93.02	8	64
15	1		1.18	3.85	1.81	1.81	1.28	4.67	4.67	5.50	0.86	5.50	10.99	16.49	21.98	43.96	54.95	7	49
10	6	102	1.48	8.17	2.35	2.35	1.67	36.08	6.01	53.56	1.11	53.56	107.13	160.69	214.26	428.52	535.65	6	36
11	5		1.42	8.17	2.40	2.40	1.70	31.97	6.39	45.49	1.13	45.49	90.98	136.47	181.96	363.92	454.90	6	36
12	4		1.36	8.17	2.45	2.45	1.74	27.49	6.87	37.42	1.16	37.42	74.85	112.27	149.69	299.38	374.23	6	36
13	3		1.30	8.17	2.51	2.51	1.78	22.59	7.53	29.36	1.19	29.36	58.72	88.09	117.45	234.90	293.62	5	25
14	2		1.24	8.17	2.57	2.57	1.82	17.21	8.60	21.31	1.22	21.31	42.62	63.93	85.24	170.48	213.10	5	25
15	1		1.18	8.17	2.63	2.63	1.87	11.27	11.27	13.27	1.25	13.27	26.53	39.80	53.07	106.14	132.67	5	25

Cálculo dos Parâmetros do Plano de Fogo

$\rho_a = 1$
 $\rho_r = 2.6$
 $\rho_{mr} = 1.9$

Densidade da água
Dens. Rocha
Dens. Overburden

$\rho_e = 0.8$
Padrão 0,71.B
Plat. Equiv.: 13.5

Densidade do Explosivo (g/cm³)
Subfuração
m de lado

H _{água} (m)													Q _b - Carga Por Espera (kg)													Nº Furos	
H _{rocha} (m)		Φ (mm)	RC (CE)	q _l	S (m)	B (m)	J (m)	VR (m3) / furo	VR/m de furo	Q _b (kg)	T (m)	nº de furos na mesma espera								Linha		Total					
10	6	32	1.48	0.64	0.66	0.66	0.47	2.67	0.44	3.96	0.31	1	2	3	4	8	10	21	441								
11	5		1.42	0.64	0.67	0.67	0.48	2.33	0.47	3.32	0.32	3.32	6.64	9.96	13.28	26.56	33.19	20	400								
12	4		1.36	0.64	0.69	0.69	0.49	1.97	0.49	2.68	0.33	2.68	5.36	8.03	10.71	21.43	26.78	20	400								
13	3		1.30	0.64	0.70	0.70	0.50	1.57	0.52	2.04	0.33	2.04	4.07	6.11	8.15	16.30	20.37	19	361								
14	2		1.24	0.64	0.72	0.72	0.51	1.13	0.56	1.40	0.34	1.40	2.79	4.19	5.59	11.17	13.97	19	361								
15	1		1.18	0.64	0.74	0.74	0.52	0.64	0.64	0.76	0.35	0.76	1.51	2.27	3.02	6.05	7.56	18	324								
10	6	41	1.48	1.06	0.84	0.84	0.60	4.41	0.74	6.55	0.40	6.55	13.10	19.64	26.19	52.38	65.48	16	256								
11	5		1.42	1.06	0.86	0.86	0.61	3.86	0.77	5.50	0.41	5.50	10.99	16.49	21.99	43.97	54.96	16	256								
12	4		1.36	1.06	0.88	0.88	0.63	3.26	0.82	4.44	0.42	4.44	8.89	13.33	17.78	35.56	44.45	15	225								
13	3		1.30	1.06	0.90	0.90	0.64	2.61	0.87	3.39	0.43	3.39	6.79	10.18	13.58	27.15	33.94	15	225								
14	2		1.24	1.06	0.92	0.92	0.66	1.89	0.95	2.34	0.44	2.34	4.69	7.03	9.37	18.75	23.43	15	225								
15	1		1.18	1.06	0.95	0.95	0.67	1.10	1.10	1.29	0.45	1.29	2.59	3.88	5.17	10.34	12.93	14	196								
10	6	51	1.48	1.63	1.05	1.05	0.74	6.88	1.15	10.21	0.50	10.21	20.42	30.63	40.85	81.69	102.11	13	169								
11	5		1.42	1.63	1.07	1.07	0.76	6.03	1.21	8.59	0.51	8.59	17.17	25.76	34.34	68.69	85.86	13	169								
12	4		1.36	1.63	1.10	1.10	0.78	5.11	1.28	6.96	0.52	6.96	13.92	20.88	27.84	55.69	69.61	12	144								
13	3		1.30	1.63	1.12	1.12	0.80	4.10	1.37	5.34	0.53	5.34	10.67	16.01	21.35	42.69	53.36	12	144								
14	2		1.24	1.63	1.15	1.15	0.82	3.00	1.50	3.71	0.54	3.71	7.43	11.14	14.85	29.70	37.13	12	144								
15	1		1.18	1.63	1.18	1.18	0.84	1.78	1.78	2.09	0.56	2.09	4.18	6.27	8.36	16.72	20.90	11	121								
10	6	70	1.48	3.08	1.44	1.44	1.02	13.15	2.19	19.52	0.68	19.52	39.04	58.57	78.09	156.17	195.22	9	81								
11	5		1.42	3.08	1.47	1.47	1.04	11.57	2.31	16.47	0.70	16.47	32.93	49.40	65.86	131.72	164.66	9	81								
12	4		1.36	3.08	1.50	1.50	1.07	9.85	2.46	13.41	0.71	13.41	26.82	40.23	53.64	107.29	134.11	9	81								
13	3		1.30	3.08	1.54	1.54	1.09	7.97	2.66	10.36	0.73	10.36	20.72	31.07	41.43	82.86	103.58	9	81								
14	2		1.24	3.08	1.58	1.58	1.12	5.90	2.95	7.31	0.75	7.31	14.61	21.92	29.23	58.45	73.06	9	81								
15	1		1.18	3.08	1.62	1.62	1.15	3.62	3.62	4.26	0.77	4.26	8.51	12.77	17.03	34.06	42.57	8	64								
10	6	102	1.48	6.54	2.10	2.10	1.49	28.61	4.77	42.47	0.99	42.47	84.94	127.41	169.87	339.75	424.69	6	36								
11	5		1.42	6.54	2.14	2.14	1.52	25.30	5.06	36.00	1.01	36.00	72.00	108.00	144.00	288.01	360.01	6	36								
12	4		1.36	6.54	2.19	2.19	1.56	21.69	5.42	29.54	1.04	29.54	59.08	88.61	118.15	236.30	295.38	6	36								
13	3		1.30	6.54	2.24	2.24	1.59	17.75	5.92	23.08	1.06	23.08	46.16	69.24	92.32	184.64	230.80	6	36								
14	2		1.24	6.54	2.30	2.30	1.63	13.43	6.71	16.63	1.09	16.63	33.26	49.89	66.51	133.03	166.28	6	36								
15	1		1.18	6.54	2.36	2.36	1.67	8.65	8.65	10.18	1.12	10.18	20.37	30.55	40.73	81.47	101.83	6	36								

$\rho_e = 1,2 \text{ g/cm}^3$

Tabela com a Malha de Furos (Fase 2) para a Pedra Teffé

PONTO	COORDENADAS UTM		Hs - Espessura da Lâmina d'água (m)	H - Prof. de Perfuração (m)	L - Prof. de Perfuração Corrigida (m)	T - Altura Do Tampão (m)	ℓ - Comprimento de Carga (m)	Qb - Carga por Furo (kg)	Distância ao Caie (m)	Legenda
	NORTE	ESTE								
4320	7350329.698	366893.604	16.20	0.30	1.3	0.7	0.5	1.3	112.62	> 0m e ≤1,0m
4321	7350330.960	366894.085	16.40	0.10	1.1	0.7	0.4	0.9	113.57	> 1,0m e ≤2,0m
4322	7350330.178	366892.343	16.22	0.28	1.2	0.7	0.5	1.2	111.66	> 2,0m e ≤3,0m
4323	7350331.440	366892.823	16.07	0.43	1.4	0.8	0.6	1.6	112.61	> 3,0m e ≤4,0m
4324	7350332.702	366893.304	16.07	0.43	1.4	0.8	0.6	1.6	113.56	> 4,0m e ≤5,0m
4325	7350333.963	366893.784	16.45	0.05	1.0	0.7	0.3	0.8	114.51	> 5,0m e ≤6,0m
4326	7350329.397	366890.601	16.38	0.12	1.1	0.7	0.4	0.9	109.75	> 6,0m e ≤7,0m
4327	7350330.659	366891.081	16.36	0.14	1.1	0.7	0.4	1.0	110.70	
4328	7350331.920	366891.561	16.33	0.17	1.1	0.7	0.4	1.0	111.65	
4329	7350333.182	366892.042	16.32	0.18	1.1	0.7	0.4	1.0	112.60	
4330	7350334.444	366892.522	16.24	0.26	1.2	0.7	0.5	1.2	113.55	
4331	7350335.705	366893.003	16.14	0.36	1.3	0.7	0.6	1.4	114.50	
4332	7350336.967	366893.483	16.21	0.29	1.2	0.7	0.5	1.3	115.44	
4333	7350338.228	366893.964	16.33	0.17	1.1	0.7	0.4	1.0	116.39	
4334	7350329.878	366889.339	16.35	0.15	1.1	0.7	0.4	1.0	108.79	
4335	7350331.139	366889.819	16.24	0.26	1.2	0.7	0.5	1.2	109.74	
4336	7350332.401	366890.300	16.38	0.12	1.1	0.7	0.4	0.9	110.69	
4337	7350333.662	366890.780	16.40	0.10	1.1	0.7	0.4	0.9	111.64	
4338	7350334.924	366891.261	16.37	0.13	1.1	0.7	0.4	0.9	112.59	
4339	7350336.186	366891.741	16.36	0.14	1.1	0.7	0.4	1.0	113.54	
4340	7350337.447	366892.222	16.25	0.25	1.2	0.7	0.5	1.2	114.49	
4341	7350338.709	366892.702	16.10	0.40	1.4	0.8	0.6	1.5	115.43	
4342	7350330.358	366888.077	16.40	0.10	1.1	0.7	0.4	0.9	107.83	
4343	7350331.620	366888.558	16.34	0.16	1.1	0.7	0.4	1.0	108.78	
4344	7350332.881	366889.038	16.35	0.15	1.1	0.7	0.4	1.0	109.73	
4345	7350334.143	366889.519	16.41	0.09	1.0	0.7	0.3	0.8	110.68	
4346	7350335.405	366889.999	16.40	0.10	1.1	0.7	0.4	0.9	111.63	
4347	7350336.666	366890.480	16.45	0.05	1.0	0.7	0.3	0.8	112.58	
4348	7350337.928	366890.960	16.46	0.04	1.0	0.7	0.3	0.7	113.53	
4349	7350330.838	366886.816	16.37	0.13	1.1	0.7	0.4	0.9	106.87	
4350	7350332.100	366887.296	16.30	0.20	1.2	0.7	0.4	1.1	107.82	
4351	7350333.362	366887.777	16.28	0.22	1.2	0.7	0.5	1.1	108.77	
4352	7350334.623	366888.257	16.34	0.16	1.1	0.7	0.4	1.0	109.72	
4353	7350335.885	366888.738	16.38	0.12	1.1	0.7	0.4	0.9	110.67	
4354	7350337.147	366889.218	16.55	-0.03	0.0	0.5	-0.5	-1.3	111.62	
4355	7350338.408	366889.698	16.64	-0.14	0.0	0.5	-0.5	-1.3	112.56	
4356	7350339.670	366890.179	16.58	-0.09	0.0	0.5	-0.5	-1.3	113.51	
4357	7350331.319	366885.554	16.29	0.21	1.2	0.7	0.4	1.1	105.91	
4358	7350332.581	366886.035	16.28	0.22	1.2	0.7	0.5	1.1	106.86	
4359	7350333.842	366886.515	16.22	0.28	1.2	0.7	0.5	1.2	107.81	
4360	7350335.104	366886.995	16.21	0.29	1.2	0.7	0.5	1.3	108.76	
4361	7350336.365	366887.476	16.20	0.30	1.3	0.7	0.5	1.3	109.71	
4362	7350337.627	366887.956	16.49	0.01	1.0	0.7	0.3	0.7	110.66	
4363	7350338.889	366888.437	16.76	-0.19	0.0	0.5	-0.5	-1.3	111.61	
4364	7350340.150	366888.917	16.79	-0.24	0.0	0.5	-0.5	-1.3	112.55	
4365	7350342.673	366889.878	16.42	0.08	1.0	0.7	0.3	0.8	114.45	
4366	7350331.799	366884.293	16.01	0.49	1.5	0.8	0.7	1.7	104.95	
4367	7350333.061	366884.773	16.05	0.45	1.4	0.8	0.7	1.6	105.90	
4368	7350334.323	366885.253	16.08	0.42	1.4	0.8	0.6	1.5	106.85	
4369	7350335.584	366885.734	16.05	0.45	1.4	0.8	0.7	1.6	107.80	
4370	7350336.846	366886.214	15.91	0.59	1.6	0.8	0.8	1.9	108.75	
4371	7350338.107	366886.695	16.00	0.50	1.5	0.8	0.7	1.7	109.70	
4372	7350339.369	366887.175	16.42	0.08	1.0	0.7	0.3	0.8	110.65	
4373	7350340.631	366887.656	16.58	-0.05	0.0	0.5	-0.5	-1.3	111.60	
4374	7350341.892	366888.136	16.56	-0.09	0.0	0.5	-0.5	-1.3	112.54	
4375	7350343.154	366888.616	16.12	0.38	1.3	0.7	0.6	1.5	113.49	
4376	7350344.416	366889.097	15.68	0.82	1.8	0.8	1.0	2.4	114.44	
4377	7350345.677	366889.577	16.13	0.37	1.3	0.7	0.6	1.4	115.39	
4378	7350346.939	366890.058	16.45	0.05	1.0	0.7	0.3	0.8	116.34	
4379	7350348.200	366890.538	16.82	-0.22	0.0	0.5	-0.5	-1.3	117.29	
4380	7350349.462	366891.019	16.19	0.31	1.3	0.7	0.5	1.3	118.24	
4381	7350350.724	366891.499	15.44	1.06	1.1	0.7	0.4	0.9	119.19	
4382	7350351.985	366891.980	15.85	0.65	1.6	0.8	0.8	2.0	120.14	
4383	7350353.247	366892.460	16.16	0.34	1.3	0.7	0.6	1.4	121.09	
4384	7350354.508	366892.940	16.28	0.22	1.2	0.7	0.5	1.1	122.04	
4385	7350355.770	366893.421	16.17	0.33	1.3	0.7	0.5	1.3	122.99	
4386	7350357.032	366893.901	16.25	0.25	1.2	0.7	0.5	1.2	123.94	
4387	7350332.280	366883.031	15.59	0.91	1.9	0.8	1.0	2.5	103.99	
4388	7350333.541	366883.511	15.67	0.83	1.8	0.8	1.0	2.4	104.94	
4389	7350334.803	366883.992	15.76	0.74	1.7	0.8	0.9	2.2	105.89	
4390	7350336.065	366884.472	15.81	0.69	1.7	0.8	0.9	2.1	106.84	
4391	7350337.326	366884.953	15.53	0.97	1.9	0.8	1.1	2.7	107.79	
4392	7350338.588	366885.433	15.30	1.20	1.2	0.7	0.5	1.2	108.74	
4393	7350339.850	366885.914	15.47	1.03	1.0	0.7	0.3	0.8	109.69	
4394	7350341.111	366886.394	15.71	0.79	1.7	0.8	0.9	2.3	110.63	
4395	7350342.373	366886.874	15.84	0.66	1.6	0.8	0.8	2.0	111.58	

$\rho_0 = 1,2 \text{ g/cm}^3$

Tabela com a Malha de Furos (Fase 2) para a Pedra Teffé

4396	7350343.634	366887.355	15.48	1.02	1.0	0.7	0.3	0.8	112.53
4397	7350344.896	366887.835	14.96	1.54	1.5	0.8	0.8	1.9	113.48
4398	7350346.158	366888.316	14.92	1.58	1.6	0.8	0.8	1.9	114.43
4399	7350347.419	366888.796	14.97	1.53	1.5	0.8	0.8	1.8	115.38
4400	7350348.681	366889.277	15.12	1.38	1.4	0.8	0.6	1.5	116.33
4401	7350349.942	366889.757	14.80	1.70	1.7	0.8	0.9	2.2	117.28
4402	7350351.204	366890.237	14.71	1.80	1.8	0.8	1.0	2.4	118.23
4403	7350352.466	366890.718	14.79	1.71	1.7	0.8	0.9	2.2	119.18
4404	7350353.727	366891.198	15.07	1.44	1.4	0.8	0.7	1.6	120.13
4405	7350354.989	366891.679	15.18	1.32	1.3	0.7	0.6	1.4	121.08
4406	7350356.251	366892.159	15.44	1.07	1.1	0.7	0.4	0.9	122.03
4407	7350357.512	366892.640	15.63	0.87	1.8	0.8	1.0	2.5	122.98
4408	7350358.774	366893.120	15.92	0.58	1.5	0.8	0.8	1.9	123.92
4409	7350360.035	366893.601	16.21	0.29	1.2	0.7	0.5	1.3	124.87
4410	7350332.760	366881.769	15.27	1.23	1.2	0.7	0.5	1.2	103.03
4411	7350334.022	366882.250	15.30	1.20	1.2	0.7	0.5	1.2	103.98
4412	7350335.283	366882.730	15.34	1.16	1.2	0.7	0.4	1.1	104.93
4413	7350336.545	366883.211	15.37	1.13	1.1	0.7	0.4	1.0	105.88
4414	7350337.807	366883.691	15.23	1.27	1.3	0.7	0.5	1.3	106.83
4415	7350339.068	366884.171	14.85	1.65	1.7	0.8	0.9	2.1	107.78
4416	7350340.330	366884.652	14.81	1.70	1.7	0.8	0.9	2.2	108.73
4417	7350341.592	366885.132	14.72	1.79	1.8	0.8	1.0	2.4	109.67
4418	7350342.853	366885.613	14.73	1.77	1.8	0.8	1.0	2.3	110.62
4419	7350344.115	366886.093	14.83	1.67	1.7	0.8	0.9	2.1	111.57
4420	7350345.376	366886.574	14.48	2.02	2.0	0.9	1.2	2.9	112.52
4421	7350346.638	366887.054	14.34	2.16	2.2	0.9	1.3	3.2	113.47
4422	7350347.900	366887.535	14.08	2.42	2.4	0.9	1.5	3.7	114.42
4423	7350349.161	366888.015	14.12	2.38	2.4	0.9	1.5	3.6	115.37
4424	7350350.423	366888.495	14.17	2.33	2.3	0.9	1.4	3.5	116.32
4425	7350351.685	366888.976	14.21	2.29	2.3	0.9	1.4	3.4	117.27
4426	7350352.946	366889.456	14.34	2.16	2.2	0.9	1.3	3.2	118.22
4427	7350354.208	366889.937	14.40	2.10	2.1	0.9	1.2	3.0	119.17
4428	7350355.469	366890.417	14.66	1.84	1.8	0.8	1.0	2.5	120.12
4429	7350356.731	366890.898	14.96	1.54	1.5	0.8	0.8	1.9	121.07
4430	7350357.993	366891.378	15.17	1.33	1.3	0.7	0.6	1.4	122.02
4431	7350359.254	366891.859	15.41	1.09	1.1	0.7	0.4	0.9	122.97
4432	7350360.516	366892.339	15.65	0.85	1.8	0.8	1.0	2.4	123.92
4433	7350361.777	366892.819	15.91	0.59	1.6	0.8	0.8	1.9	124.87
4434	7350363.039	366893.300	16.26	0.24	1.2	0.7	0.5	1.2	125.82
4435	7350333.241	366880.508	15.08	1.42	1.4	0.8	0.7	1.6	102.07
4436	7350334.502	366880.988	15.03	1.47	1.5	0.8	0.7	1.7	103.02
4437	7350335.764	366881.469	15.02	1.48	1.5	0.8	0.7	1.7	103.97
4438	7350337.026	366881.949	14.97	1.53	1.5	0.8	0.8	1.8	104.92
4439	7350338.287	366882.429	14.90	1.60	1.6	0.8	0.8	2.0	105.87
4440	7350339.549	366882.910	14.72	1.78	1.8	0.8	1.0	2.4	106.82
4441	7350340.810	366883.390	14.52	1.98	2.0	0.8	1.1	2.8	107.77
4442	7350342.072	366883.871	14.36	2.14	2.1	0.9	1.3	3.1	108.72
4443	7350343.334	366884.351	14.28	2.22	2.2	0.9	1.3	3.3	109.66
4444	7350344.595	366884.832	14.26	2.24	2.2	0.9	1.4	3.3	110.61
4445	7350345.857	366885.312	14.09	2.41	2.4	0.9	1.5	3.7	111.56
4446	7350347.118	366885.793	14.08	2.42	2.4	0.9	1.5	3.7	112.51
4447	7350348.380	366886.273	13.86	2.84	2.6	0.9	1.7	4.2	113.46
4448	7350349.642	366886.753	13.87	2.63	2.6	0.9	1.7	4.1	114.41
4449	7350350.903	366887.234	13.85	2.65	2.6	0.9	1.7	4.2	115.36
4450	7350352.165	366887.714	13.91	2.59	2.6	0.9	1.7	4.0	116.31
4451	7350353.427	366888.195	14.05	2.46	2.5	0.9	1.5	3.8	117.26
4452	7350354.688	366888.675	14.21	2.29	2.3	0.9	1.4	3.4	118.21
4453	7350355.950	366889.156	14.35	2.15	2.2	0.9	1.3	3.1	119.16
4454	7350357.211	366889.636	14.53	1.97	2.0	0.8	1.1	2.8	120.11
4455	7350358.473	366890.116	14.73	1.77	1.8	0.8	1.0	2.3	121.06
4456	7350359.735	366890.597	14.94	1.56	1.6	0.8	0.8	1.9	121.98
4457	7350360.996	366891.077	15.15	1.35	1.4	0.7	0.6	1.5	122.93
4458	7350362.258	366891.558	15.38	1.12	1.1	0.7	0.4	1.0	123.71
4459	7350363.519	366892.038	15.76	0.74	1.7	0.8	0.9	2.2	124.62
4460	7350364.781	366892.519	16.20	0.30	1.3	0.7	0.5	1.3	125.94
4461	7350333.721	366879.246	14.89	1.61	1.6	0.8	0.8	2.0	101.11
4462	7350334.983	366879.726	14.82	1.69	1.7	0.8	0.9	2.2	102.06
4463	7350336.244	366880.207	14.75	1.75	1.7	0.8	0.9	2.3	103.01
4464	7350337.506	366880.687	14.67	1.83	1.8	0.8	1.0	2.5	103.96
4465	7350338.768	366881.168	14.61	1.89	1.9	0.8	1.1	2.6	104.91
4466	7350340.029	366881.648	14.47	2.03	2.0	0.9	1.2	2.9	105.86
4467	7350341.291	366882.129	14.32	2.18	2.2	0.9	1.3	3.2	106.81
4468	7350342.552	366882.609	14.19	2.31	2.3	0.9	1.4	3.5	107.75
4469	7350343.814	366883.090	14.06	2.44	2.4	0.9	1.5	3.7	108.70
4470	7350345.076	366883.570	13.96	2.54	2.5	0.9	1.6	3.9	109.65
4471	7350346.337	366884.050	13.79	2.71	2.7	1.0	1.8	4.3	110.60
4472	7350347.599	366884.531	13.77	2.73	2.7	1.0	1.8	4.3	111.55
4473	7350348.861	366885.011	13.70	2.81	2.8	1.0	1.8	4.5	112.50
4474	7350350.122	366885.492	13.65	2.85	2.9	1.0	1.9	4.6	113.45
4475	7350351.384	366885.972	13.63	2.87	2.9	1.0	1.9	4.6	114.40
4476	7350352.645	366886.453	13.68	2.82	2.8	1.0	1.8	4.5	115.35

$\rho_0 = 1,2 \text{ g/cm}^3$

Tabela com a Malha de Furos (Fase 2) para a Pedra Teffé

4477	7350353.907	366886.933	13.74	2.76	2.8	1.0	1.8	4.4	116.30
4478	7350355.169	366887.414	13.86	2.64	2.6	0.9	1.7	4.1	117.25
4479	7350356.430	366887.894	13.95	2.55	2.5	0.9	1.6	4.0	118.20
4480	7350357.692	366888.374	14.13	2.37	2.4	0.9	1.5	3.6	119.15
4481	7350358.953	366888.855	14.24	2.26	2.3	0.9	1.4	3.4	119.60
4482	7350360.215	366889.335	14.42	2.08	2.1	0.9	1.2	3.0	120.72
4483	7350361.477	366889.816	14.64	1.87	1.9	0.8	1.0	2.5	121.83
4484	7350362.738	366890.296	14.85	1.65	1.7	0.8	0.9	2.1	122.95
4485	7350364.000	366890.777	15.26	1.24	1.2	0.7	0.5	1.2	124.07
4486	7350365.262	366891.257	15.74	0.77	1.7	0.8	0.9	2.3	125.18
4487	7350366.523	366891.737	16.19	0.31	1.3	0.7	0.5	1.3	126.30
4488	7350334.202	366877.984	14.62	1.88	1.9	0.8	1.0	2.6	100.15
4489	7350335.463	366878.465	14.58	1.92	1.9	0.8	1.1	2.7	101.10
4490	7350336.725	366878.945	14.50	2.00	2.0	0.8	1.1	2.8	102.05
4491	7350337.986	366879.426	14.41	2.09	2.1	0.9	1.2	3.0	103.00
4492	7350339.248	366879.906	14.32	2.18	2.2	0.9	1.3	3.2	103.95
4493	7350340.510	366880.387	14.21	2.29	2.3	0.9	1.4	3.4	104.90
4494	7350341.771	366880.867	14.09	2.41	2.4	0.9	1.5	3.7	105.85
4495	7350343.033	366881.348	13.97	2.53	2.5	0.9	1.6	3.9	106.80
4496	7350344.295	366881.828	13.87	2.63	2.6	0.9	1.7	4.1	107.74
4497	7350345.556	366882.306	13.76	2.74	2.7	1.0	1.8	4.3	108.69
4498	7350346.818	366882.789	13.63	2.87	2.9	1.0	1.9	4.6	109.64
4499	7350348.079	366883.269	13.55	2.95	2.9	1.0	2.0	4.8	110.59
4500	7350349.341	366883.750	13.48	3.02	3.0	1.0	2.0	4.9	111.54
4501	7350350.603	366884.230	13.41	3.09	3.1	1.0	2.1	5.1	112.49
4502	7350351.864	366884.711	13.40	3.11	3.1	1.0	2.1	5.1	113.44
4503	7350353.126	366885.191	13.45	3.06	3.1	1.0	2.0	5.0	114.39
4504	7350354.387	366885.671	13.52	2.98	3.0	1.0	2.0	4.9	115.34
4505	7350355.649	366886.152	13.62	2.89	2.9	1.0	1.9	4.7	116.29
4506	7350356.911	366886.632	13.70	2.80	2.8	1.0	1.8	4.5	117.24
4507	7350358.172	366887.113	13.82	2.68	2.7	1.0	1.7	4.2	117.73
4508	7350359.434	366887.593	13.89	2.61	2.6	0.9	1.7	4.1	118.84
4509	7350360.696	366888.074	14.05	2.45	2.5	0.9	1.5	3.8	119.96
4510	7350361.957	366888.554	14.16	2.34	2.3	0.9	1.4	3.5	121.07
4511	7350363.219	366889.035	14.44	2.06	2.1	0.9	1.2	2.9	122.19
4512	7350364.480	366889.515	14.89	1.61	1.6	0.8	0.8	2.0	123.31
4513	7350365.742	366889.995	15.41	1.09	1.1	0.7	0.4	0.9	124.42
4514	7350367.004	366890.476	15.84	0.66	1.6	0.8	0.8	2.0	125.54
4515	7350368.265	366890.956	16.21	0.29	1.2	0.7	0.5	1.3	126.65
4516	7350334.682	366876.723	14.36	2.14	2.1	0.9	1.3	3.1	99.19
4517	7350335.944	366877.203	14.31	2.19	2.2	0.9	1.3	3.2	100.14
4518	7350337.205	366877.684	14.24	2.26	2.3	0.9	1.4	3.4	101.09
4519	7350338.467	366878.164	14.13	2.37	2.4	0.9	1.5	3.6	102.04
4520	7350339.728	366878.645	14.04	2.46	2.5	0.9	1.5	3.8	102.99
4521	7350340.990	366879.125	13.95	2.55	2.5	0.9	1.6	4.0	103.94
4522	7350342.252	366879.605	13.86	2.64	2.6	0.9	1.7	4.2	104.89
4523	7350343.513	366880.086	13.75	2.75	2.8	1.0	1.8	4.4	105.84
4524	7350344.775	366880.566	13.64	2.86	2.9	1.0	1.9	4.6	106.78
4525	7350346.037	366881.047	13.54	2.96	3.0	1.0	2.0	4.8	107.73
4526	7350347.298	366881.527	13.43	3.07	3.1	1.0	2.1	5.0	108.68
4527	7350348.560	366882.006	13.33	3.17	3.2	1.0	2.1	5.2	109.63
4528	7350349.821	366882.488	13.22	3.28	3.3	1.0	2.2	5.5	110.58
4529	7350351.083	366882.969	13.14	3.36	3.4	1.1	2.3	5.6	111.53
4530	7350352.345	366883.449	13.12	3.38	3.4	1.1	2.3	5.7	112.48
4531	7350353.606	366883.929	13.20	3.31	3.3	1.0	2.3	5.5	113.43
4532	7350354.868	366884.410	13.29	3.21	3.2	1.0	2.2	5.3	114.38
4533	7350356.129	366884.890	13.38	3.12	3.1	1.0	2.1	5.2	115.33
4534	7350357.391	366885.371	13.48	3.03	3.0	1.0	2.0	4.9	115.85
4535	7350358.653	366885.851	13.58	2.92	2.9	1.0	1.9	4.7	116.97
4536	7350359.914	366886.332	13.68	2.82	2.8	1.0	1.8	4.5	118.08
4537	7350361.176	366886.812	13.85	2.65	2.6	0.9	1.7	4.2	119.20
4538	7350362.438	366887.292	13.89	2.61	2.6	0.9	1.7	4.1	120.31
4539	7350363.699	366887.773	14.18	2.32	2.3	0.9	1.4	3.5	121.43
4540	7350364.961	366888.253	14.72	1.78	1.8	0.8	1.0	2.4	122.55
4541	7350366.222	366888.734	15.22	1.28	1.3	0.7	0.5	1.3	123.66
4542	7350367.484	366889.214	15.62	0.88	1.8	0.8	1.0	2.5	124.78
4543	7350368.746	366889.695	16.05	0.45	1.4	0.8	0.7	1.6	125.89
4544	7350335.162	366875.461	14.10	2.40	2.4	0.9	1.5	3.6	98.23
4545	7350336.424	366875.942	14.04	2.46	2.5	0.9	1.5	3.8	99.18
4546	7350337.686	366876.422	13.95	2.55	2.5	0.9	1.6	4.0	100.13
4547	7350338.947	366876.903	13.86	2.64	2.6	0.9	1.7	4.2	101.08
4548	7350340.209	366877.383	13.77	2.74	2.7	1.0	1.8	4.3	102.03
4549	7350341.471	366877.863	13.68	2.82	2.8	1.0	1.8	4.5	102.98
4550	7350342.732	366878.344	13.61	2.89	2.9	1.0	1.9	4.7	103.93
4551	7350343.994	366878.824	13.51	2.99	3.0	1.0	2.0	4.9	104.88
4552	7350345.255	366879.305	13.41	3.09	3.1	1.0	2.1	5.1	105.83
4553	7350346.517	366879.785	13.31	3.19	3.2	1.0	2.2	5.3	106.77
4554	7350347.779	366880.266	13.20	3.30	3.3	1.0	2.3	5.5	107.72
4555	7350349.040	366880.746	13.09	3.41	3.4	1.1	2.3	5.8	108.67
4556	7350350.302	366881.226	12.98	3.53	3.5	1.1	2.4	6.0	109.62
4557	7350351.563	366881.707	12.90	3.60	3.6	1.1	2.5	6.1	110.57