

NORMA

INFRA S.A.
INF-00036

rev 0
23.05.2023

**Estabilidade de taludes — Escavação em
rocha para obras ferroviárias —
Especificação de serviço**

*Slope stability — Rock excavation for railway works — Service
specification*

INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada em qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da INFRA S.A.

Sede da INFRA S.A.

SAUS, Quadra 01, Bloco 'G', Lotes 3 e 5. - CEP: 70.070-010

Asa Sul Brasília - DF

Telefone:+55 61 2029-6100

<https://www.infrasa.gov.br>

Sumário

Prefácio	iv
1 Objetivo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	1
4 Considerações gerais	3
5 Inclinação do talude	4
6 Desmonte de maciços rochosos com explosivos a céu aberto.....	4
6.1 Aspectos gerais.....	4
6.2 Plano de fogo – Considerações gerais	5
6.3 Fogos de contorno	5
6.3.1 Recomendações básicas	6
6.3.2 Recomendações para execução.....	7
6.3.3 Materiais e equipamentos	7
6.3.4 Procedimento básico	8
6.3.5 Verificações após a detonação.....	8
6.4 Bate-choco	9
6.4.1 Considerações gerais	9
6.4.2 Equipamentos.....	9
6.4.3 Procedimento básico.....	10
7 Controle.....	10
8 Condicionantes ambientais.....	10
9 Critérios de medição	11
Anexo A Registro da detonação – Lista de dados mínimos	12
Anexo B Tipos de perfuratrizes – Comparação.....	13
Bibliografia	15

Prefácio

A Valec – Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. (nome fantasia – “INFRA S.A.”), empresa pública de capital fechado, é uma sociedade por ações controlada pela União e vinculada ao Ministério dos Transportes, regida por seu Estatuto Social e, especialmente, pelas Leis nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976, nº 11.772, de 17 de setembro de 2008, nº 12.404, de 04 de maio de 2011, nº 12.743, de 19 de dezembro de 2012 e nº 13.303, de 30 de junho de 2016, e pelos Decretos nº 8.945, de 27 de dezembro de 2016 e nº 11.081, de 24 de maio de 2022.

A INFRA S.A. tem por objeto social prestar serviços nas áreas de projetos, estudos e pesquisas, destinados a subsidiar o planejamento da logística e dos transportes no País, considerando as infraestruturas, as plataformas e os serviços pertinentes aos modos rodoviário, ferroviário, dutoviário, aquaviário e aeroviário.

A Superintendência de Projetos e Custos (SUPRO) da INFRA S.A. tem por objetivo criar, revisar, zelar e organizar o acervo de Normas Técnicas de engenharia, com o intuito de melhorar os procedimentos da empresa. Ainda que a responsabilidade do conteúdo das normas seja de todo o corpo técnico da INFRA S.A., a SUPRO é a responsável pela gestão do processo de manutenção do acervo de Normas Técnicas de engenharia.

Para estabelecer a estrutura técnica aplicada à infraestrutura de logísticas de transporte nacional, foi elaborada a Norma técnica INFRA S.A. INF-00036 – Estabilidade de taludes – Escavação em rocha para obras ferroviárias – Especificação de serviço, para regulamentação dos requisitos para a definição da Estabilidade de taludes – Escavação em rocha para obras ferroviárias a ser utilizado em obra ferroviária, juntamente com os requisitos concernentes às características dos materiais, controle da qualidade e critério de medição.

Estabilidade de taludes — Escavação em rocha para obras ferroviárias — Especificação de serviço

1 Objetivo

Esta Norma estabelece as diretrizes e os aspectos básicos que devem ser considerados para a execução de serviços de escavação em rocha visando faces de taludes estáveis em obras ferroviárias.

2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas):

ABNT NBR 8044, *Projeto geotécnico – Procedimento*;

ABNT NBR 9653, *Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas*;

ABNT NBR 11682, *Estabilidade de encostas*;

BRASIL NR-19, *Explosivos*;

INFRA CPL-00005, *Mobilização, instalação e desmobilização*;

INFRA CPL-00023, *Áreas de vivência em canteiros de obras – Especificação de serviço*;

INFRA INF-00046, *Caminho de serviço*;

VALEC NGL-5.03.01-16.008, *Administração, saúde e segurança da mão de obra*; e

VALEC POL-5.03.01-16.001, *Política Ambiental*.

3 Termos e definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1 bate-choco

Atividade que consiste em detectar e forçar a queda, controlada, de fragmentos de rocha que se encontrem individualizados, com possibilidade de queda e que possam cair de improviso. Também conhecida como operação de limpeza e remoção de blocos, cunhas e placas de rocha soltas. Essa atividade é obrigatória em obras de desmonte de rocha.

3.2 desmonte de rocha

Processo para fragmentação da rocha, podendo ser realizado de forma manual, por meios mecânicos ou mediante o uso de explosivos.

3.3 desmonte de rocha com explosivos

Operação de arrancamento, fragmentação, deslocamento e lançamento de rocha mediante uso de cargas explosivas.

FONTE: ABNT NBR 9653

3.4 desmonte de contorno

Processo de fragmentação da rocha por meio do uso de explosivos, no qual é obtida uma superfície de desmonte regular e bem definida (projetada). Pode ser realizada por três metodologias: pré-fissuramento, pós-fissuramento e *line driller*.

FONTE: NIEBLE, 2012.

3.5 explosivo

Qualquer substância ou mistura química de substâncias que, quando submetida a uma ação térmica ou mecânica, reage em alta velocidade para liberar uma grande quantidade de energia, causando altas pressões e temperaturas.

3.6 fogo controlado

Tipo de fogo que tem a finalidade de proteger o maciço rochoso remanescente além da escavação.

3.7 maciço rochoso

Porção definida de uma ou mais formações geológicas, caracterizada por suas rochas e descontinuidades.

FONTE: ABNT NBR 6502

3.8 over-break

Sobre-escavação ou ruptura excessiva do maciço rochoso, que vai além do perfil de desmonte projetado.

3.9 plano de fogo

Documento que define como deve ser realizada escavação em rocha mediante o uso de explosivos. É composto por plano de perfurações, plano de carregamento, croqui de ligação e temporizações dos furos.

3.10 pré-fissuramento

Tipo de desmonte de contorno, que consiste na criação de uma descontinuidade no maciço rochoso (linha de fraqueza), com carga explosiva controlada, prévia à detonação principal, realizada mediante uma linha de furos paralelos e coplanares, gerando uma superfície de escavação bem delimitada, reduzindo

a transmissão de vibrações ao maciço rochoso e, assim, evitando danos à rocha remanescente.

3.11 pós-fissuramento

Tipo de desmonte de contorno, que consiste na criação de uma descontinuidade no maciço rochoso (linha de fraqueza), com carga explosiva controlada, posterior à detonação principal, realizada mediante uma linha de furos paralelos e coplanares, gerando uma superfície de escavação bem delimitada, reduzindo a transmissão de vibrações ao maciço rochoso e, assim, evitando danos à rocha remanescente.

3.12 razão de carregamento

Parâmetro do plano de fogo, que consiste na quantidade de explosivos necessária para o desmonte de um metro cúbico (m^3) de rocha, no caso de desmonte principal. No caso de desmonte de contorno, é a quantidade de explosivos necessária para o desmonte de um metro quadrado (m^2) de rocha.

4 Considerações gerais

4.1 A estabilização de um talude consta fundamentalmente das seguintes fases:

- a) levantamento de informações que possam permitir uma caracterização preliminar do local. É realizada mediante coleta de dados e históricos existentes, de legislação e restrições, em todos os âmbitos (social, ambiental, hidrologia, geotecnia, geologia, entre outros) que afetem o local. Nessa fase também deve ser realizada uma vistoria do local por profissional habilitado, que permita estabelecer uma programação de atividades preliminares para garantir que as obras estejam em condição de estabilidade;
- b) investigação, a qual é a predecessora de qualquer trabalho que seja realizado no talude e visa obter dados para caracterizar o meio onde ele se localiza, obtendo os parâmetros necessários para o projeto;
- c) projeto, que consiste no mapeamento geológico-geotécnico do maciço, na obtenção de parâmetros geotécnicos, na análise de estabilidade e, por fim, na definição da geometria e/ou da solução para a estabilização do talude. Para projeto de encostas, devem ser seguidas as indicações da ABNT NBR 8044 e ABNT NBR 11682, quando aplicável;
- d) execução e acompanhamento, fase na qual são realizadas todas as obras previstas no projeto. Vale ressaltar que normalmente podem ser necessários ajustes no projeto, pois só nesta fase é realmente possível obter acesso direto ao maciço que compõe o talude. Nessa fase, é de vital importância que exista uma equipe de acompanhamento técnico de obra (ATO), a fim de facilitar a tomada de decisão, no caso de ser necessário algum ajuste no talude; e
- e) manutenção e monitoramento, fase tão importante quanto as demais, pois, após a execução de um talude, sempre são necessárias campanhas de manutenção rotineiras que garantam o bom funcionamento dos elementos que compõem o talude, desde o próprio corpo até obras complementares, como, por exemplo, drenagem profunda e superficial.

4.2 Durante o corte deve ser realizada a verificação do comportamento do material e, quando verificada a presença de evidências de instabilidade no talude, como material não identificado na caracterização do projeto, trincamentos no topo ou na face, "embarrigamentos", mudanças nas características da vegetação, existência de desprendimentos, entre outros, deve ser avaliada a necessidade de análise de estabilidade por um profissional habilitado.

4.3 Os acessos dos taludes devem ter as dimensões necessárias para permitir a correta circulação do maquinário e de pessoas durante o tempo de serviço do acesso. Quando couber, deve ser colocadas sinalização e placas de sinalização que ajudem a manter o fluxo sem obstruir as operações realizadas no talude.

4.4 A execução de caminhos de serviço deve seguir os critérios especificados na INFRA INF-00046.

4.5 A execução de uma estrutura de contenção deve seguir com rigor as indicações do projeto, no entanto, no caso em que a equipe de acompanhamento técnico de obra (ATO) ou a fiscalização verifique que a solução implantada não está funcionando, deve ser realizado um ajuste no projeto antes da finalização da obra.

4.6 A execução dos taludes deve estar sempre alinhada com os controles e monitoramentos de vibrações, que são determinados por órgãos ambientais de modo a atender condicionantes das licenças do empreendimento.

5 Inclinação do talude

A inclinação do talude deve atender à geometria estabelecida no projeto, mantendo a relação entre as dimensões horizontal e vertical (H:V).

Podem ser consideradas seções-tipo, segundo o tipo de material que conforma o talude, sempre que seja garantida a estabilidade do talude e quando aprovado pela fiscalização do projeto:

- f) talude em solo 1H:1V com banquetas de no máximo 8 m de altura; ou
- g) talude em rocha 1H:4V, sempre que não existam fatores que gerem risco de instabilidade. É necessária a verificação da necessidade de implantação de banquetas.

6 Desmonte de maciços rochosos com explosivos a céu aberto

Para realizar o desmonte são utilizadas diversas metodologias que são aplicadas em função de fatores, como características da rocha (classe e estado), profundidade da escavação, tipo de aplicação, localização, entre outros. No caso de obras ferroviárias, uma das técnicas mais utilizadas para realizar o desmonte é o uso de explosivos.

Algumas das etapas básicas para desmonte de rocha com explosivos são:

- a) caracterização do maciço rochoso;
- b) definição do plano de fogo;
- c) perfuração;
- d) carregamento;
- e) detonação; e
- f) carga e transporte do material escavado.

Destaca-se que, no desmonte com explosivos, é de vital importância estabelecer de forma criteriosa um plano de fogo adequado, a fim de evitar a ocorrência de problemas, como, por exemplo, sobre-escavação e fraturamento excessivo da rocha.

O plano de fogo deve ser planejado criteriosamente e acompanhado por um profissional com o conhecimento comprovado para realizar de forma apropriada a atividade.

6.1 Aspectos gerais

Para o desmonte em aplicações de obras ferroviárias, algumas considerações gerais devem ser consideradas:

- a) devem ser tramitadas as licenças necessárias para uso de explosivos em órgão competente;
- b) o transporte e manipulação dos explosivos deve ser realizado por profissional autorizado, considerando a legislação existente, nacional e regional, relacionada à manipulação e ao transporte de produtos perigosos e controlados, como a NR-19, no caso de legislação ambiental;
- c) no momento de realizar a detonação, deve ser desviado o tráfego próximo, de pessoas e

maquinário;

- d) o planejamento das vias de acesso e do canteiro de obra deve levar em conta a operação de detonação, a fim de evitar transtornos durante a realização do desmonte, para isso devem ser atendidas as indicações das INFRA CPL-00005 e INFRA CPL-00023; e
- e) o local de desmonte sempre deve estar sinalizado, a fim de evitar problemas de segurança do trabalho no local.

6.2 Plano de fogo – Considerações gerais

6.2.1 O plano de fogo deve ser elaborado por profissional com experiência comprovada e pode ser alterado em função da análise dos resultados obtidos a cada detonação.

6.2.2 O plano de fogo inicial, incluindo suas alterações, deve ser aprovado pela fiscalização. No entanto, o plano de fogo de cada detonação deve ser disponibilizado à fiscalização.

6.2.3 Na elaboração do plano de fogo devem ser considerados vários parâmetros que influenciam na forma como se dá a fragmentação do maciço, alguns deles são:

- a) parâmetros geométricos, como altura e inclinação do talude;
- b) comprimento, inclinação e diâmetro do furo;
- c) diâmetro da carga;
- d) afastamento entre linhas de detonação e espaçamento entre furos;
- e) ligação e tempos de retardo entre furos;
- f) ar ou trechos sem carga ao longo de cada furo; e
- g) comprimento e tipo de tampão a ser utilizado.

6.2.4 O plano de fogo deve ser projetado após a realização de testes de campo que permitam verificar comportamento da rocha no momento do desmonte e garantir a correta fragmentação.

6.2.5 Alguns aspectos que podem ajudar na elaboração do plano de fogo são:

- a) furos de menor diâmetro distribuem melhor a energia da detonação no maciço, portanto, em casos em que a rocha é de difícil fragmentação, recomenda-se aplicar esse critério;
- b) a primeira detonação geralmente é a que permite obter dados reais que servem de referência para as detonações seguintes, sendo importante para ajustes necessários no plano de fogo; e
- c) o plano de fogo deve contemplar uma margem de segurança que permita evitar imprevistos quando executado.

6.3 Fogos de contorno

Na execução de obras ferroviárias, um dos processos mais comuns no processo de desmonte escultural são os fogos de contorno (pré-fissuramento e pós-fissuramento), que visam otimizar o processo de detonação evitando, principalmente, problemas de sobre-escavação, ajudando a estabilização e a conformação das faces do corte, tanto na fase de execução quanto depois de

finalizado. Isto evita também o excesso de fraturamento (*over-break*) da rocha no momento da detonação, pois, acompanha o *offset* do talude previsto em projeto, mediante a execução de uma linha de furos.

Os furos para pré-corte devem atender às seguintes indicações:

- a) devem ser coplanares;
- b) devem ser paralelos; e
- c) o espaçamento entre furos deve estar devidamente dimensionado e aferido na ocasião dos fogos testes.

6.3.1 Recomendações básicas

Para obter bons resultados nos fogos de contorno, devem ser consideradas as seguintes indicações:

- a) quando o fogo de contorno for realizado em rochas com alto índice de fraturamento, deve ser avaliada a necessidade de aplicar técnicas que permitam o menor impacto possível no resultado final do processo, realizando modificações no plano de fogo, como, por exemplo, aumentar ou diminuir o espaçamento entre os furos, inserção de furos-guia (sem carga), entre outros;
- b) para a obtenção de uma superfície uniforme, é importante manter o paralelismo entre furo e a precisão no emboque;

Para gerar um plano de fratura no fogo de contorno, a razão de carregamento deve ser definida em g/m^2 , mas em alguns casos pode ser trabalhada em kg/m^2 . Normalmente, seu valor é de $300 g/m^2$ a $900 g/m^2$, porém devem ser aferidos na ocasião dos fogos-teste. Na Tabela 1, é apresentada a distância recomendada entre furos para os valores de diâmetro de furo comumente utilizados em fogos de contorno:

Tabela 1 — Distância recomendada entre furos em função do diâmetro

Diâmetro do furo (mm)	Distância entre furos (m)
37	0,30 a 0,50
50	0,45 a 0,60
75	0,60 a 0,90
100	0,80 a 1,20

Fonte: NIEBLE (2012)

- c) em todas as detonações, deve-se realizar monitoramento e controle da vibração produzida pela detonação; e
- d) em caso de desmonte próximo a aglomerados industriais, urbanos ou estruturas, em geral, que possam ser vulnerabilizadas ou sofrer algum risco de dano a causa da explosão, deve ser realizada uma pesquisa e levantamento prévios das condições de risco que possam existir nesses locais. A Contratada é responsável pelos danos resultantes, portanto, antes do início da detonação, esta deve notificar todos os possíveis afetados.

6.3.2 Recomendações para execução

Durante a execução, algumas recomendações de caráter geral devem ser consideradas:

- a) durante o desmonte deve ser realizada uma avaliação dos efeitos produzidos pela detonação no maciço rochoso, conforme indicado na ABNT NBR 9653, especialmente, quando os taludes estiverem próximos aos perímetros urbanos;
- b) recomenda-se reduzir a distância entre furos na zona de aproximação com relação ao afastamento dos furos do fogo de miolo, normalmente essa redução oscila entre 50% e 70%. Concomitantemente com a redução do espaço, a carga deve ser reduzida proporcionalmente;
- c) para que o desmonte de contorno seja adequado, deve-se ter especial cuidado nos seguintes aspectos, comumente considerados como críticos:
 - 1) a marcação dos furos deve ser correta e precisa, bem como o seu emboque;
 - 2) para manter o alinhamento durante a perfuração, recomenda-se o uso de bit retrátil, de haste-guia para bancadas com altura acima de 15 m e a realização da perfuração com velocidade média;
 - 3) executar o tamponamento do furo com material granular e comprimento fiel ao projeto estabelecido pelo plano de fogo; e
 - 4) se o desmonte possuir cantos vivos, côncavos ou convexos, é necessário adotar uma perfuração linear, do tipo *line driller*, de dois metros a cada lado do vértice do canto.
- d) deve-se realizar um registro de cada detonação. No Anexo A é apresentada uma lista mais detalhada dos dados mínimos para o registro de cada detonação;
- e) além do registro, é recomendada a gravação de vídeo em cada detonação, mediante uso de equipamento adequado, como câmera de alta velocidade, drones, entre outros;
- f) a Contratada deve atender a todas as exigências prescritas no projeto do plano de fogo, bem como às regulamentações para manipulação e transporte de explosivos; e
- g) a Contratada é responsável pela remoção do material proveniente da detonação e pela limpeza do local de desmonte, pela realização do bate-choco nas faces e na crista do corte.

6.3.3 Materiais e equipamentos

Para a execução do desmonte em rocha com utilização de explosivos, podem ser utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- a) perfuratrizes, no Anexo B se apresentam algumas das características gerais para uso três tipos de perfuratrizes:
 - 1) percussiva;
 - 2) rotopercussiva; ou
 - 3) *down the hole* (DTH).
- b) explosivos;

- c) acessórios e sistemas de iniciação da detonação;
- d) equipamentos para levantamento, verificação de ângulos de perfuração, locação e perfilamento do desmonte; e
- e) sistemas de monitoramento e controle de velocidade de detonação, vibração, como sismógrafos, entre outros.

6.3.4 Procedimento básico

A detonação em rocha com utilização de explosivos deve ser executada segundo o seguinte procedimento básico:

- a) locação dos furos;
- b) perfuração dos furos;
- c) verificação dos furos;
- d) carregamento dos furos;
- e) iniciação e detonação dos explosivos;
- f) verificação após a detonação; e
- g) carga e transporte do material detonado.

6.3.5 Verificações após a detonação

As principais verificações que devem ser feitas são as constantes em 6.3.5.1 e 6.3.5.2.

6.3.5.1 Desmonte

Verificar os seguintes:

- a) fragmentação do material detonado;
- b) ocorrência ou não de repés; e
- c) danos ao maciço adjacente.

6.3.5.2 Faces do corte

Verificar os seguintes:

- a) a qualidade das meias canas, após a detonação;
- b) a estabilidade da superfície, ou seja, verificação de que não ficaram blocos soltos ou instáveis na superfície; e
- c) verificação da geometria.

6.4 Bate-choco

O bate-choco é uma operação que deve ser realizada obrigatoriamente no desmonte, podendo ser executada mediante dois processos:

- a) manual: com equipamentos manuais; e
- b) mecanizado: com equipamentos hidráulicos, maquinaria específica, como, por exemplo, *scaler*, entre outros.

6.4.1 Considerações gerais

Para a execução dos serviços de bate-choco, devem ser considerados os seguintes aspectos de caráter geral:

- a) devem ser removidas todas as rochas soltas, ou que possam gerar perigo, antes, durante e depois das operações de perfuração e detonação;
- b) se for mediante processo manual, essa atividade deve ser realizada por uma equipe composta, ao menos, por duas pessoas que trabalhem de forma alternada e coordenada;
- c) os funcionários devem estar dotados com todos os elementos de segurança para evitar acidentes no local da remoção, como luvas antiderrapantes, capacetes, vestimenta apropriada, sistema de proteção contra queda, entre outros, atendendo às determinações das normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Previdência, no que for aplicável, e à VALEC NGL-5.03.01-16.008;
- d) para a prevenção de acidentes por desprendimento de rochas, o operador deve estar corretamente instruído sobre como deve ser realizada a atividade, destaca-se que o funcionário deve operar a alavanca com uma inclinação aproximada de 45° para que não seja atingido durante a queda do bloco;
- e) a alavanca deve ter um comprimento maior do que a área na qual se dá a queda do bloco, deixando o funcionário fora do raio de queda;
- f) a remoção dos blocos deve ser supervisionada por profissional capacitado, que deve estar acompanhando a operação no local;
- g) a área deve estar delimitada e bem sinalizada;
- h) o bate-choco deve iniciar na crista em direção à base do corte;
- i) o *scaler* pode ser usado como alternativa ao processo manual, tomando-se cuidado para evitar queda de blocos sobre o equipamento; e
- j) existem casos de bate-choco que apresentam condições especiais inerentes ao tipo de frente de detonação, em que sejam requeridos um planejamento, procedimento e supervisão especial do serviço.

6.4.2 Equipamentos

Para a realização dos serviços de bate-choco, os seguintes equipamentos podem ser utilizados:

- a) ferramentas manuais, como alavancas de alumínio com ponta de aço (cinzel), chibancas, marretas, entre outras, que permitam a remoção da rocha;

- b) equipamentos para realizar os serviços em altura, como plataforma telescópica, guindaste e andaimes; e
- c) em caso de bate-choco mecanizado, podem ser utilizados equipamentos como *scaler* ou qualquer outro tipo de equipamento para a realização do serviço, quando aprovado pela fiscalização.

6.4.3 Procedimento básico

Os serviços de bate-choco devem seguir os seguintes passos:

- a) para o início do bate-choco, é necessário realizar uma vistoria prévia (prospecção), objetivando a identificação e o mapeamento dos locais com rochas soltas ou com risco potencial de queda, essa vistoria deve ser realizada por profissional capacitado e instruído para esse serviço. Deve-se estender a vistoria para áreas externas à face do corte na qual exista a possibilidade de ocorrência de choco ocasionado pela detonação;
- b) identificação, mapeamento e cadastro dos locais em que se verifique a possibilidade de instabilidade futura, sendo necessária uma vistoria periódica para evitar quedas;
- c) sinalização e eliminação do tráfego de pessoas e maquinário no local onde vai ser realizado o serviço;
- d) caso não seja possível a remoção de blocos, como previsto, o responsável deve ser informado para verificar as condições de segurança e a necessidade de uso de explosivos ou outro procedimento que permita a continuidade do serviço; e
- e) vistoria e verificação final do serviço.

7 Controle

O controle da execução do fogo de contorno é de responsabilidade da Contratada, até a entrega definitiva do talude totalmente finalizado.

O controle de execução do bate-choco é de responsabilidade da Contratada.

O fiscal da obra pode suspender as atividades de desmonte e bate-choco quando for evidente que, com os métodos empregados, as inclinações requeridas não apresentam condições de estabilidade e segurança para a ferrovia.

8 Condicionantes ambientais

Durante e após a execução do desmonte em rocha devem ser atendidas as disposições da VALEC POL-5.03.01-16.001, bem como todas as normas gerais ambientais da INFRA S.A. aplicáveis.

Deve-se atender também a legislação ambiental federal, estadual e/ou municipal, bem como as condicionantes do licenciamento aplicáveis.

Caso seja necessário desmatamento ou destocamento, esses devem obedecer aos limites estabelecidos no projeto. Não são permitidos acréscimos sem autorização da fiscalização.

Todo material proveniente da escavação, deve ser removido do local de lavra, sendo transportado a um local pré-definido, aprovado pela fiscalização, para bota-fora ou para uso em outra atividade.

A área afetada pelas operações de construção deve ser recuperada mediante a limpeza do canteiro de obras, devendo ainda ser efetuada sua recomposição ambiental.

9 Critérios de medição

9.1 Os serviços de detonação em rocha são medidos em volume (m^3), e fogos de contorno em área plana (m^2), com base no perfil e projeto estabelecido. Os preços e critérios de ajuste, caso permitido, são estabelecidos conforme contrato, devendo ser considerados dentro do custo os seguintes itens:

- a) ferramentas, acessórios, equipamentos e mão de obra;
- b) operações de perfuração;
- c) carregamento dos furos com explosivos;
- d) operações de detonação das rochas; e
- e) limpeza e bate-choco (m^2).

9.2 Não é objeto de medição o *over-break* produzido por erros de execução, como excesso de detonação. Também não são objeto de medição as escavações (detonações) que estejam fora do plano de fogo aprovado pela fiscalização da obra.

9.3 Qualquer serviço adicional deve ser aprovado previamente pela INFRA S.A..

Anexo A

Registro da detonação – Lista de dados mínimos

A lista a seguir fornece os dados mínimos que devem ser registrados com exatidão em cada detonação:

- a) data e hora da detonação;
- b) localização, número e diâmetro dos furos carregados;
- c) profundidade de cada furo carregado;
- d) inclinação dos furos;
- e) carga máxima e mínima;
- f) tipos de explosivos usados;
- g) distribuição de carga em cada furo;
- h) tipo e dados do tampão;
- i) ligação utilizada e forma de iniciação;
- j) razão de carregamento;
- k) carga instantânea máxima;
- l) períodos de atraso e sequência;
- m) quantidade total de cargas na explosão;
- n) comprimento e tipo de preenchimento (*stemming*) em cada furo; e
- o) croqui.

NOTA 1 Os registros devem ser preparados à medida que os furos são carregados e assinados pelo responsável do desmonte.

NOTA 2 Todos os dados do registro oferecem informações que podem ser fundamentais para estabelecer métodos de controle no processo do fogo de contorno e do desmonte em geral, ajudam a produzir melhores resultados, servem como suporte em caso de alguma reclamação contratual, entre outros.

Anexo B

Tipos de perfuratrizes – Comparação

A Tabela B.1 apresenta uma comparação das vantagens de uso da perfuratriz tipo DTH com relação à rotopercussiva e a Tabela B.2 apresenta uma comparação das vantagens de uso da perfuratriz tipo DTH em relação à rotativa.

Tabela B.1 – Comparação entre *DOWN THE HOLE* (DTH) e rotopercussiva

DOWN THE HOLE	ROTOPERCUSSIVO
<ul style="list-style-type: none"> • Perfuração em rocha dura para furos relativamente profundos. • Furos mais retos e furos maiores com o mesmo equipamento. • Mantém uma taxa de penetração virtualmente constante em todas as profundidades. • Para furos profundos, a velocidade média de perfuração é maior. • Usa menos ar porque o escape da broca ajuda a limpar o furo. • Pode usar ar de alta pressão para maiores velocidades de perfuração. • Ruído comparativamente baixo: abafado no buraco. • Não são necessárias peças de haste ou acoplamento. Usa acoplamentos de haste em rosca padronizados. • Menos peças móveis. Quase toda a energia vai para a rocha causando menos desgaste na plataforma. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perfuração para furos relativamente rasos. • Taxas iniciais de penetração mais altas, mas a velocidade de perfuração diminui a cada adição de aço. • Usa mais ar total porque todo o ar de limpeza do furo é adicionado ao ar de perfuração. • Requer silenciador de escape se o ruído for crítico. Ruído de impacto difícil de controlar. • Peça da haste e rosca de acoplamento sujeitas às maiores taxas de desgaste e à substituição mais frequente. • A plataforma deve suportar grande parte do impacto e vibração da perfuração.

FONTE: Adaptado de CALVIN & EDWARD (1991)

Tabela B.2 – Comparação entre DTH e rotativa

DOWN THE HOLE	ROTATIVO
<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento mais leve e que pode fazer furos maiores. • O escape da broca fornece ar de limpeza do furo. • O ar total requerido é aproximadamente o mesmo para a perfuração rotativa. • Ruído comparativamente baixo: abafado no furo. • Intervalos de manutenção mais longos devido às pressões de avanço mais baixas e vibração mínima na máquina. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer acoplamento mais pesado para se aproximar ou igualar à penetração do DTH. • Requer grandes volumes de ar ou lama para limpar o furo e trazer detritos para a superfície, dependendo do tamanho da broca e da haste. • Ruído: principal causa é um motor de baixa potência. • Acoplamentos mais pesados e torque de rotação mais alto, que contribuem para uma vida útil mais curta da haste. • Níveis de vibração mais altos devido às pressões de avanço maiores, que podem exigir intervalos de manutenção mais frequentes.

FONTE: Adaptado de CALVIN & EDWARD (1991)

Bibliografia

- [1] ARAÚJO, V. N. **Elaboração de um plano de fogo para desmonte escultural na mina do projeto serra pelada**. Trabalho de conclusão de curso, Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará. Marabá: 2013.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9061**: Segurança de escavação a céu aberto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.
- [3] _____. **ABNT NBR 6502**: Solos e rochas - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- [4] AUSTRALIA. Western Australian government. **AUS-SPEC 213** Earthworks. 2001. Disponível em: https://www.swan.wa.gov.au/files/fe673faf-ce35-42fd-8788-9d5700c98949/Specification_213_-_Earthworks.pdf. Acesso em março de 2023.
- [5] BARRERE, L M S A. **Aplicações de técnicas de desmonte escultural em maciços rochosos fraturados para melhorias na segurança operacional**. Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2018.
- [6] BERNAOLA A. J.; CASTILLA GÓMEZ, J.; HERRERA HERBERT, J. **Perforación y voladura de rocas en minería**. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas. Madrid: 2013.
- [7] BRASIL. Ministério do trabalho e previdência. **Norma regulamentadora NR 18** - segurança e saúde no trabalho na indústria da construção. Brasília, 2021. Disponível em <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>
- [8] _____. **Norma regulamentadora NR 35** – Trabalho em altura. Brasília, 2019. Disponível em <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>
- [9] _____. **Norma regulamentadora NR 21** – Trabalho a céu aberto. Brasília, 1999. Disponível em <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>
- [10] _____. **Norma regulamentadora NR 16** – Atividades e operações perigosas. Brasília, 1999. Disponível em <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>
- [11] CALVIN J. K; EDWARD J. W. **Rock blasting and overbreak control**. NHI Course No. 13211. National Highway Institute – Federal Highway Administration. 1991.
- [12] DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de rodovias orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas**. São Paulo: DER/SP, 1991.
- [13] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **ISF-226: Plano de**

execução de obra. Brasília: DNIT, 2015.

- [14] _____. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes.** Volume 10 - Conteúdo 01 Terraplenagem. Brasília: DNIT, 2017.
- [15] ESPAÑA, MINISTERIO PARA LA TRASICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. **Guía de buenas prácticas en el diseño y ejecución de voladuras en banco.** Disponível em https://energia.gob.es/mineria/Explosivos/Guias/Guia_buenas_practicas_diseno_ejecucion_voladuras_banco.pdf . Acesso em março de 2023.
- [16] LORENÇONE, G. **Impactos ambientais e medidas mitigadoras no desmonte de rocha, a céu aberto, com uso de explosivos.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Engenharia e Administração, Engenharia de Minas, Catalão, 2019.
- [17] MORAIS, J. L. **Simulação da Fragmentação dos Desmontes de Rocha por Explosivo.** Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2004.
- [18] NIEBLE, C. M. **Desmontes cuidadosos com explosivos aspectos de engenharia e ambientais.** 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- [19] PERÚ. Ministerio de Energía y Minas. **D.S. N° 024-2016-EM** - Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Lima: 2016.
- [20] _____. **D.S. N° 023-2017-EM:** Modifica diversos artículos y anexos del reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería. Lima, 2017.
- [21] QUENSLAND GOVERNMENT. Department of Transport and Main Roads. **Specification (Measurement) MRS04:** General Earthworks. Brisbane: 2022.
- [22] SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA – DEPARTAMENTO NACIONAL. **Manual de segurança e saúde no trabalho para escavação na indústria da construção.** Brasília: SESI/DN, 2019.
- [23] **Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas, VI,** 2014, Goiânia. Análise do Abatimento de Choco Mecanizado em Desmontes Subterrâneos com Pré-Corte em Galerias de Desenvolvimento. SBMR 2014 – Conferência Especializada ISRM. 2014. Disponível em: <https://www.mecroc.com.br/wp-content/uploads/2020/05/An%C3%A1lise-do-Abatimento-de-Choco-Mecanizado-em-Desmontes-Subterr%C3%A2neos-com-Pr%C3%A9-Corte-em-Galerias-de-Desenvolvimento.pdf>. Acesso: fevereiro de 2023.
- [24] STEFANI, P. H. **Carga explosiva: desmonte de rochas a céu aberto.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça: 2019.
- [25] UNITED STATES OF AMERICA. Forest Service U.S. Department of Agriculture. **DIVISION 200 Earthwork.** Disponível em https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5360165.pdf. Acesso em março de 2023.