

RELATORIO DE AVALIAÇÃO DO USO DE TECNOLOGIA DOS MÉTODOS DE DESMONTE DE ROCHA A FRIO EM LEITO DE RIO

TÂNIA MARIA EVANGELISTA¹, ÉDER CARLOS MOREIRA², ROMULO QUALHANO TRIGO³, GIULIANO SILUANO SILVA BATTISI⁴ e REINALDO BALDOTTO RIBEIRO FILHO⁵

1M.Sc. em Engenharia Ambiental, Eng. Geóloga, Eng. Minas, ACGEO, taniaevangelista13@gmail.com;

2Dr. em Geociências, Prof. Adj. CCENS/UFES, Alegre-ES, eder.c.moreira@ufes.br;

3Eng. Civil Rômulo Qualhano Trigo, CREA-ES, romulo.trigo@creaes.org.br.

4M.Sc. em Engenharia Ambiental, CREA-ES, giuliano.battisti@creaes.org.br;

5M. Sc. em Agroquímica Ambiental, CREA-ES, reinaldofilho@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
6 a 9 de outubro de 2025

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo a análise técnica dos métodos de desmonte de rocha a frio (sem uso de explosivo) a serem aplicados na fragmentação de rocha no leito do Córrego do Vial, integrante da bacia hidrográfica do Rio Itapemirim (coordenadas geográficas UTM 24K 221134 E / 7737015 S, *datum* Sirgas 2000), situado na localidade de Vila São José do Caparaó, município de Ibitirama, sudoeste do Estado do Espírito Santo para a implantação da Central Geradora Hidrelétrica (CGH). Para a instalação desta Central será necessário o desmonte de rocha de 956 m³ numa área aproximada de 350m². Devido a fragilidade ambiental da área e ainda presença de residências próximas, são apresentados neste trabalho os métodos e procedimentos utilizados no desmonte de rocha. Os métodos indicados são a frio (sem uso de explosivo), tratando-se do uso de Argamassa Expansiva, Rompedor Hidráulico e/ou Tecnologia de Pyroblast. Além da descrição detalhada dos métodos apresentou-se ainda os seus procedimentos operacionais. O resultado desta análise demonstrou tratar-se de métodos seguros para utilização nesta área.

PALAVRAS-CHAVE: Massa expansiva, Tecnologia de Pyroblast, áreas sensíveis, proteção ambiental

EVALUATION REPORT ON THE USE OF TECHNOLOGY IN COLD ROCK DISMANTLING METHODS IN RIVERBEDS

ABSTRACT: This study aimed to conduct a technical analysis of cold rock blasting methods (without the use of explosives) to be applied in rock fragmentation at the bed of the Vial Stream, part of the Itapemirim River basin (UTM coordinates 24K 221134 E / 7737015 S, Datum Sirgas 2000). The site is located in the Vila São José do Caparaó area, in the municipality of Ibitirama, southwestern Espírito Santo state, for the installation of a Small Hydropower Plant (SHPP). The project requires the removal of approximately 950,956 m³ of rock from an area of about 350 m². Due to the area's environmental fragility and the proximity of residences, this work presents the methods and procedures employed in the rock removal process. The indicated methods are non-explosive, including the use of Expansive Mortar, Hydraulic Breakers, and/or Pyroblast Technology. In addition to a detailed description of these methods, their operational procedures are also outlined. The results of this analysis demonstrated that these methods are safe for use in this sensitive area.

KEYWORDS: Expansive mortar, Pyroblast technology, sensitive areas, environmental protection.

INTRODUÇÃO

Este trabalho visa apresentar as tecnologias de desmonte de rocha a frio a serem adotadas na instalação da Central Geradora Hidrelétrica (CGH) Córrego do Vial, situada na localidade vila de São José do Caparaó, município Ibitirama, sudoeste do Estado do Espírito Santo. Este aproveitamento hidráulico situa-se no alto curso do Rio Braço Norte Direito, integrante da bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, às coordenadas UTM 24K 221134 E / 7737015 S, *datum* Sirgas 2000, onde será necessário o desmonte de 956 m³ numa área aproximada de 350m².

O volume de rocha a ser desmontada é de 956 m³ numa área aproximada de 350m², para a instalação da Barragem e do conduto serão necessários o desmonte de 526m³ numa área de 210m² e da Casa de Força serão desmontados 430m³ de rocha numa área de 140m². Devido a fragilidade ambiental da área e ainda presença de residências próximas, são apresentados neste relatório os métodos e procedimentos utilizados no desmonte de rocha sem uso de explosivo, conhecidos como desmontes a frio. Os métodos indicados uso de Argamassa Expansiva, Rompedor Hidráulico e/ou Tecnologia de Pyroblast.

DESENVOLVIMENTO

Inicialmente, promoveu-se uma pesquisa bibliográfica avançada com a finalidade de subsidiar a análise demonstrativa dos procedimentos de cada método de desmonte de rocha aqui abordado.

Trata-se do Desmonte de rocha com uso de argamassa expansiva do seguinte modo: A tecnologia da argamassa expansiva (AEx), como agente demolidor não explosivo se baseia em reações de hidratação, com composição química definida. A fórmula principal é composta por óxido de cálcio gerando hidróxido de cálcio ($\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$) com o aumento de volume a geração de calor, os quais associados com a temperatura ambiente promovem o aumento (expansão) volumétrico da massa. A AEx é colocada dentro de furos lineares e, após a expansão, gera rupturas no maciço, (CHIMICA EDILE, 2016). A argamassa expansiva provoca uma reação química de alto poder e enorme tensão expansiva, superior a 7.000 toneladas por metro quadrado, aplicada em furos alinhados e devidamente espaçados exerce nas paredes dos furos uma pressão de expansão, em todas as direções, agindo como um esforço compressivo. O tempo de reação, para geração de um corte, varia em função da temperatura ambiente, do espaçamento dos furos previstos no plano pré-definido, das características petrológicas e mecânicas da rocha, além do seu aspecto textural, e da quantidade e tipo de argamassa a ser usada, demandando uma mão de obra qualificada.

A técnica de desmonte de rocha com argamassa expansiva elimina os perigos e limitações do desmonte de rocha com uso de explosivo. Este tipo de desmonte é indicado para regiões urbanas ou para locais que não seja permitido o uso de explosivos, tais como rodovia, ferrovias e áreas de preservação ambiental. As etapas para execução da fragmentação de rocha com uso de Argamassa Expansiva são:

1^o Passo: Limpeza da rocha: após a definição da área do desmonte de rocha inicia-se a limpeza do local, retirando-se fragmentos rochosos, cobertura de solo, solo, pó, graxa, óleo, etc,

2^o Passo: Perfuração dos furos: demarcação e perfuração da malha para utilização da argamassa expansiva. Os furos (minas) são alinhados ao longo da linha de corte definida, sendo estes orientados por um plano de fragmentação pré-definido, contendo o número de furos, espaçamento (distância entre os furos) como o afastamento (distância entre as linhas), profundidade dos furos e o tipo de argamassa a ser utilizada. Este plano de fragmentação é elaborado de acordo com o volume de rocha desejado a ser fragmentado, bem como as características geomecânicas da rocha. A perfuração é realizada com perfuratrizes manuais (martelotes) e podem ser executados na horizontal vertical ou inclinado, com espaçamentos iguais, sendo recomendados espaçamentos de 20cm e diâmetro do furo variando de 30 a 50mm.

3^o Passo: Para o preparo da argamassa, acrescenta-se 1,5l de água para cada saco de 5kg de Argamassa Expansiva em um recipiente com capacidade necessária para o preenchimento dos furos ou em bentoneiras. A Argamassa Expansiva deve ser adicionada lentamente sempre sob agitação, realizando a mistura manualmente até a perfeita homogeneização, obtendo-se uma pasta cremosa. Alerta-se quanto ao tipo de recipiente, que não deve ser de vidro e nem estreitos ou com diâmetro da boca menor do que o do seu fundo (MENEZES, 2005).

4^o Passo: Esta etapa se inicia com a limpeza dos furos com o uso de um jato de ar provido por um compressor. Sequencialmente coloca-se a pasta nos furos já preparados num intervalo de tempo de 5 a 15 minutos (Figura 1). Os furos horizontais devem ser levemente inclinados para que a Argamassa Expansiva entre com facilidade. Em caso de vazamento coloca-se um pedaço de madeira em forma de joelho para reter o material dentro do furo. Os furos não devem ser tampados e, somente em caso de chuva, devem ser cobertos com um material impermeável. Não deve haver água dentro dos furos; em caso de grande infiltração, ou onde existirem muitas fissuras que não permitam o enchimento correto do furo, aconselha-se a colocar dentro do furo um tubo plástico de PVC e, depois encher este último

(encamisar o furo). O tempo da reação da Argamassa Expansiva depende da temperatura ambiente e tipo do material. Após inserida em furos, a energia liberada pela argamassa expansiva é liberada de forma gradual e progressiva (expandindo-se gradualmente e progressivamente) fazendo com que a rocha se fragmente e se quebre (Figura 1). A remoção dos fragmentos rochosos é realizada com o auxílio de uma pá carregadeira hidráulica.

Figura 1- Ilustração de aplicação no furo da Argamassa Expansiva no furo e a fragmentação da rocha.



A ruptura do material trabalhado se dá, em média, em 24 horas, porém, a reação pode continuar por até 4 dias no verão e 8 dias no inverno (CAIMEX, 2004), podendo chegar a expansão volumétrica a 4 vezes, alcançando uma pressão na parede interna do furo de 80Mpa. Este método pode ser utilizado para romper e cortar rochas ornamentais, demolir rocha, concreto e até concreto armado. Como vantagens da fragmentação de rocha com argamassa expansiva citam-se: utilização de equipamentos pequenos; execução em locais de difícil acesso; total controle do processo em estruturas sensíveis; baixo custo em relação a outros tipos de desmontes; não necessita de autorização para sua utilização; resultado logo após a reação química; maior segurança para equipe e entorno da obra; não agride o meio ambiente e não necessita paralização de outras etapas da obra. As desvantagens são: necessita de outros processos para auxiliar na fragmentação da rocha cortada; pode não ter resultados satisfatórios dependendo da configuração da rocha a ser trabalhada.

Desmorte de rochas a frio com utilização de rompedor hidráulico: Este método é realizado com a conjugação de escavadeira hidráulica com dispositivo acoplado na lança tipo martelo hidráulico (Picão), Figura 2, que efetua o desmorte de rocha em blocos menores para efetuar o transporte, desmorte secundário. Ressalta-se que este método poderá ser utilizado na fragmentação secundárias de rochas na instalação da CGH do Córrego do Vial, caso seja necessário. A remoção dos fragmentos rochosos é realizada com o auxílio de uma pá carregadeira hidráulica. Como vantagens desse método citam-se: não agride o ambiente; fácil manutenção e cuidado; adaptação em ambientes diversos; fácil manuseio, leve e seguro; baixo custo com a demolição. A desvantagem desse método é baixa produtividade gerando alto custo de operação.

Figura 2- Utilização da tecnologia de fragmentação de rocha (Fonte: tecrochas.com.br)



Desmorte de rocha com uso da Tecnologia de Pyroblast: Trata-se da Tecnologia PYROBLAST SOFTBREAKER – Fragmentador de Rochas com uma Cápsula Geradora de Gases Instantâneo (DGGI-FR), NÃO EXPLOSIVA, com capacidade de efetuar o desmorte de rochas controlado próximo a áreas sensíveis. O processo consiste em realizar furos na rocha e introduzir o artefato no interior dos furos. O desmorte da rocha se dá em função da rápida expansão do ar, fragmentando a rocha na linha dos furos, através da rápida expansão de gases que elevam subitamente a pressão nos furos vencendo a resistência dinâmica à compressão da rocha. O dispositivo que contém

um composto químico pirotécnico (cápsula), que reage quando é acionado por uma fonte de alta voltagem, com uma queima de baixa velocidade, gerando energia através de grandes volumes de gases não tóxicos, responsáveis pela fragmentação, sem as inconveniências de fatores associados aos explosivos convencionais. Velocidade de queima: ≤ 397 m/s, sendo capazes de executar desmontes controlados em áreas de risco e com fragilidade ambiental (como leito de rio). Esta tecnologia é dispensada do controle dos órgãos fiscalizadores quanto ao uso, comércio e transporte (exceto transporte da fábrica até as distribuidoras, portos e aeroportos), devido à suas características técnicas: baixa velocidade de queima, baixa vibração e produção de gases não tóxicos (fabricante Triest). Como vantagens desse método citam-se: resultado instantâneo; baixo nível de vibração; imperceptível deslocamento de ar; baixa emissão de pó e resíduos; indicado para áreas de preservação ambiental e áreas sensíveis, por não liberar gases tóxicos nem resíduos tóxicos; controle total do processo para estruturas sensíveis; segurança para a equipe técnica envolvida no processo. As desvantagens são: custo elevado do material aplicado; necessidade de outros métodos para fragmentação da rocha em dimensões menores (fragmentação secundária). Esta tecnologia não é controlada pelo exército, pois não é classificada como explosivo, que Segundo a Colog 118, de 4 de outubro de 2019, o produto está listado como Tipo 6, Grupo 6, N° Ordem 6.2.0010, Nomenclatura do Produto: artifício pirotécnico.

Neste método são utilizados os seguintes materiais e equipamentos: perfuratriz manual; compressor; retroescavadeira; veículo de apoio; multímetro; acionadores elétricos; cabo de segurança: cabo flexível PP de 2 vias de 2,5 mm com 100,0 m de comprimento, utilizado na conexão entre os furos e a maleta de acionamento; cápsulas Pyroblast; conectores; maleta de iniciação; acessórios (alicate de corte, etc). As etapas para execução da fragmentação de rocha com uso da Tecnologia Pyroblast são:

1^o Passo: O decapeamento da rocha é a etapa onde serão removidos gradualmente o solo, fragmentos rochosos, etc. Esta etapa é realizada com a utilização de uma escavadeira hidráulica.

2^o Passo: Elaboração do Plano de fragmentação, trata-se do planejamento elaborado e assinado por um engenheiro de minas, blaster ou outro profissional de comprovada habilitação ou qualificação técnica, Deve constar o croqui de perfuração com as distâncias entre furos (afastamento e espaçamento), diâmetro, profundidade, tamponamento, inclinação de perfuração e número de furos, quantidade de material pirotécnico e acessórios que irão carregar os furos, o volume a ser desmontado, a ligação a ser executada, data, local e hora do desmonte.

3^o Passo: Perfuração da rocha que consiste da formação de faces livres que são formadas por furos contíguos (um ao lado do outro), formando uma serração, perfurados com a utilização de perfuratrizes ao longo de todo o perímetro da área. A profundidade desses furos é definida no plano de fragmentação, sendo normalmente em torno de 1,00m a 1,20m e o diâmetro em torno de 40 mm, pois, como medida de segurança adota-se a fragmentação em etapas, ou seja, em blocos menores. Estes furos são perfurados na vertical (90^o) e não serão carregados.

4^o Passo: Na etapa de desmonte da rocha deve-se: realizar a APR (Análise Preliminar de Risco) no local da atividade, observando os riscos e as medidas de controle existentes; verificar o afastamento, o espaçamento, a profundidade de perfuração, o ângulo e o diâmetro de perfuração se estão de acordo com a malha elaborada anteriormente no plano de fragmentação; soprar ou repassar a furação caso o furo esteja obstruído, sendo proibido aproveitar restos de furos provenientes de perfuração anterior devido ao risco da presença de cápsulas ou outro material não acionado, podendo causar graves acidentes.

5^o Passo: O carregamento dos furos com as cápsulas deve ser realizado com a utilização de no mínimo 2 cápsulas com seus respectivos acendedores em cada furo, sendo efetuado o tamponamento dos furos com material inerte (pó de pedra, brita 0, areia fina ou grossa) do espaço vazio entre a boca do furo e a última cápsula dentro do furo. A compactação do material do tampão deve ser realizada com haste de madeira, plástico mantendo os fios dos acendedores fora da linha de movimentação do cabo de madeira durante a compactação para evitar o seu rompimento ou corte. Sequencialmente deve-se testar novamente a resistência dos acendedores e promover a ligação da malha (conexão de todos os acendedores presentes nos furos). Os acendedores possuem cabo de duas vias e a conexão entre os acendedores é uma associação em série, ou seja, cada ponta de uma via deve ser ligada à ponta de uma das vias do cabo do acendedor adjacente (ao lado). A resistência geral das cápsulas deve ser testada na saída/emenda do cabo de segurança, devendo apresentar o resultado da somatória de todos os

acendedores. Antes de inserir os acendedores elétricos nas cápsulas, é necessário verificar a resistência elétrica deles através de um multímetro. O importante é que todas as resistências dos acendedores estejam com uma variação que chegue no máximo à 0,2 Ω (OHMS) para mais ou para menos. Caso algum dos acendedores apresente uma resistência fora dos limites aceitáveis, este não deverá ser utilizado e deverá ser separado dos demais para retornarem ao fabricante.

6^o Passo: Realizar conexão do cabo de segurança aos acendedores e a conexão do cabo de segurança à maleta de acionamento- nesta etapa o cabo de segurança é conectado à maleta de acionamento. Antes da conexão, deve-se verificar o nível de carga e voltagem da maleta de acionamento, pois, a fragmentação só poderá ser acionada se a somatória de todas as cápsulas apresentar resistência (Ohms) compatível com o número de cápsulas utilizadas. Após a fragmentação deve-se realizar a conferência da resistência de todos os acendedores para verificar o acionamento de todas as cápsulas. A verificação deve apresentar inexistência de resistência. Caso haja resistência em alguma das cápsulas apresentando os mesmos resultados checados na primeira verificação, estas devem ser novamente acionadas, seguindo os mesmos procedimentos.

O transporte das cápsulas deve ser realizado por condutor com treinamento específico (MOPP - Movimentação Operacional de Produtos Perigosos). O veículo destinado ao transporte das cápsulas Soft Breaker deverá possuir a cabine separada do compartimento de carga, sendo a carroceria coberta para evitar possíveis danos, devendo portar a ficha de emergência do produto e equipamentos de proteção individual. Ressalta-se que as cápsulas não podem ser transportadas sem estarem acondicionadas em suas embalagens originais, sob pena de adequação a RESOLUÇÃO nº 5.998 de 03/11/2022 ANTT.

Citam-se como vantagens deste método: resultado instantâneo; baixo nível de vibração; imperceptível deslocamento de ar (pressão acústica); baixa emissão de pó e resíduos; indicado para áreas urbanas ou áreas próximas a rodovias e/ou ferrovias; indicado para áreas de preservação ambiental, por não liberar gases tóxicos nem resíduos tóxicos; delimitação da rocha a ser fragmentada, sem expandir a outras que não tenha intenção de fragmentar; controle total do processo para estruturas sensíveis; segurança para a equipe técnica envolvida no processo. A desvantagem é o custo elevado do material aplicado.

CONCLUSÃO

Os métodos de desmonte de rocha adotados na instalação da Central Geradora Hidrelétrica (CGH) Córrego do Vial são métodos de desmonte a frio (sem uso de explosivo), podendo ser a Argamassa Expansiva, Rompedor Hidráulico e/ou Tecnologia de Pyroblast que apresentam baixo impacto ambiental. Trata-se de métodos seguros que podem ser utilizados em áreas sensíveis tais como: locais próximos à residências e/ou com trânsito de pessoas e veículos, em aberturas de rodovias e ferrovias e em áreas de proteção ambiental, sendo devidamente recomendados na instalação da Central Geradora Hidrelétrica (CGH) no leito do Córrego do Vial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caimex, (2004). Site - www.caimex.com.br. Acessado em 5 de abril de 2004.
- Chimica Edile. O Emprego da Argamassa Expansiva Fract.Ag na Extração de Rochas Ornamentais. Disponível em: <http://chimicaedile.com.br>. Acesso em: 17/02/2016.
- Menezes, R. G. de. Tecnologias de Lavra em Maciços Rochosos. 2005.48f. Monografia (Especialização em Tecnologia e Valorização em Rochas Ornamentais), Centro de Ciências, Matemática e da Natureza. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Pereira, Ismael Robson Campos. Comparação Entre Métodos de Desmonte de Rocha para a Implantação de Linhas de Transmissão em Fundações de Terrenos Rochosos. Dissertação de Mestrado do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (Institutos Lactec), Curitiba, 2017.
- Pinheiro, J.R. A indústria extrativa de rochas ornamentais no Brasil. (2005). Módulo I, do curso de especialização em rochas ornamentais. 55 p.,n/ed., CETEM/UFRJ/CETEMAG, Rio de Janeiro.
- Pinheiro, J. R. O emprego da argamassa expansiva na extração de rochas ornamentais. Rochas de Qualidade, v. 28, n. 145, março/abril, 1999.
- RESOLUÇÃO Nº 5.998, de 3 de novembro de 2022 Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT