

Perda de material no Concreto Projetado

Loss of material in Shotcrete

Leila Ferreira Figueiredo, Mestre em Engenharia Civil, UNESA, Niterói/RJ.

leilaff@outlook.com

Paula Fernanda Scovino de C. R. Gitahy, Mestre em Engenharia Civil, PPGEM.

scovino2002@yahoo.com

Brendow Pena de Mattos Souto, Graduando em Engenharia Civil, UNESA, Niterói/RJ.

brendowpena9@gmail.com

Gabriel Bravo do Carmo Haag, Graduando em Engenharia Civil, UNESA, Niterói/RJ.

g_haag@hotmail.com

Isadora Marins Ribeiro, Graduanda em Engenharia Civil, UNESA, Niterói/RJ.

isadora.marins@outlook.com

Resumo

O concreto projetado é muito viável para contenção de encostas, túneis, entre outros. Além de ter uma vantagem econômica, pois não utiliza o sistema de fôrmas. Isto devido ao fato de ser um concreto que é, como o próprio nome diz, projetado na superfície e com a força da projeção se adere a esta. Existem dois tipos de concreto projetado: por via seca e por via úmida, neste trabalho iremos tratar especificamente do projetado por via seca, onde as partículas sólidas encontram a água (e aditivos, se for o caso) somente no bico de projeção. O objetivo é estudar e analisar o desperdício causado pela aplicação do concreto projetado por via seca, que é um de seus pontos negativos, em uma obra de contenção, localizada no município de Niterói/RJ e indicar algumas formas de reutilizá-lo na obra.

Palavras-chave: Concreto Projetado; Via Seca; Desperdício.

Abstract

The shotcrete is very feasible for containment of slopes, tunnels, among others. Besides having an economic advantage, it does not use the system of forms. This is due to the fact that it is a concrete that is, as the name says, projected on the surface and with the force of the projection sticking to the surface. There are two types of projected concrete: dry shot and wet shot, in this work we will specifically deal with the dry shot, where the solid particles find the water (and additives, if any) in the projection nozzle only. The objective is to study and analyze the waste caused by the application of shotcrete, which is one of its negative points, in a containment work, located in the municipality of Niterói/RJ and indicate some ways to reuse it in the work.

Keywords: Shotcrete; Dry Shot; Waste

1. Introdução

Este trabalho tem como objetivo estudar e analisar o desperdício causado pela aplicação do concreto projetado por via seca, que é um de seus pontos negativos, em uma obra de contenção, localizada no município de Niterói/ RJ e indicar algumas formas de reutilizá-lo.

No contexto brasileiro de sustentabilidade e de contenção em encostas com declividade alta em regiões de comunidades, faz-se necessário um maior estudo dos tipos de contenções, procurando o menos agressivo possível e o mais seguro e ao mesmo tempo demanda uma análise da execução dessas contenções no que refere-se ao uso dos materiais, com foco na utilização desse processo, na aplicação e na perda de materiais durante a execução.

O tipo de estrutura de contenção que vamos analisar nesse artigo refere-se ao concreto projetado em taludes. Esse sistema é utilizado no Brasil desde a década de 60 e hoje vem sendo muito visto sua aplicação nas encostas devido as vantagens de sua execução, são algumas delas, utilização de equipamentos compactos e consequentemente de fácil acesso em obras, e pela grande variedade de aplicações.

O concreto projetado é aplicado na encosta com a projeção do material na superfície do talude. Este já limpo e com a tela de armadura já situada na posição e com as devidas marcações de cobertura. Com a força de projeção o material adere na superfície do talude.

O concreto projetado é dividido pela aplicação do material em dois tipos: o concreto projetado aplicado por via seca (a mistura do cimento com os agregados é conduzida até o bico projetor, onde existe uma entrada de água que é controlada por um operador, mistura com a água na hora do lançamento – ver na Figura 1) e o aplicado por via úmida (mistura do cimento, agregados e água antes do lançamento). O concreto projetado referenciado nesse artigo é por via seca, e podemos ver na Figura 2 parte da encosta onde ele será aplicado.



Figura 1: Bico de projeção, local onde a mistura do cimento com os agregados, mistura com a água.

Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 2: Encosta onde o concreto projetado por via seca será aplicado. Fonte: elaborado pelos autores.

2. Propriedades do concreto projetado por via seca

A utilização do concreto projetado em taludes por via seca vem crescendo muito no Brasil, neste caso a compreensão de suas propriedades, dos métodos de aplicação e do seu desempenho torna-se imprescindível. No tocante a este assunto temos um sistema construtivo que possibilita a contenção de encostas, pois para KADEN em 1981, o concreto projetado pode ser utilizado em áreas remotas por utilizar equipamento ou máquina de projeção. Executa-se de forma mais ágil e segura, mesmo levando-se em consideração que este concreto está sujeito as intempéries por ficar exposto.

É necessário investir no equipamento de projeção, na equipe de projeção, na especificação dos materiais constituintes da mistura para desfrutar das vantagens do concreto projetado. Ao mesmo tempo entender e analisar a dinâmica da reflexão do concreto projetado, a possibilidade de deslocamento, poeira e névoa, homogeneidade, aderência, durabilidade e permeabilidade, (FIGUEIREDO, 1992).

Temos que entender as propriedades do concreto projeto para produzir uma mistura com alta qualidade. Pois FIGUEIREDO, 1992, aponta algumas questões quanto ao seu uso, como: os agregados e o cimento geram uma mistura de qualidade?, os aditivos aceleradores de pega desempenham o seu papel?, a amostragem do concreto projetado (extração de testemunhos) é mais trabalhoso do que retirar corpos-de-prova, o equipamento e a mão de obra estão preparados para executar o concreto projetado? Questões respondidas quando comparamos as vantagens e desvantagens do concreto, principalmente no que tange a superfície a ser projetada e executar os serviços com qualidade.

Como propriedades temos (FIGUEIREDO, 1992):

1. Reflexão: devido a alta velocidade de lançamento do projetado, parte do material não adere a superfície e cai no chão, fenômeno dinâmico.
2. Deslocamento: projeções no teto, onde é necessário a execução de várias passadas do concreto projetado para atingir a espessura desejada.

3. Poeira e névoa: libera a poeira durante a projeção e na hora da alimentação da cuba da máquina de projeção. Gera uma névoa quando o jato de água é expelido pelo bico através do ar comprimido.
4. Homogeneidade: a heterogeneidade do concreto projetado se dá pela oclusão do material refletido, a laminação (formação de faixas alternadas de material de alta e baixa densidade), o efeito “sombra” (vazios por detrás da armadura) e alterações na superfície do material.
5. Aderência: a falta da aderência do concreto projetado a superfície causa o deslocamento.
6. Durabilidade e permeabilidade: quando não se executa limpeza adequada da superfície, espessura insuficiente, cobrimento da armadura inadequado, mistura e aplicação errada.

Essas propriedades podem ser controladas através de mão-de-obra qualificada no manuseio do equipamento e na mistura (traço e agregados), o uso de aditivos, cuidado com a espessura do concreto projetado, atenção com o teor de umidade e limpeza correta da superfície a ser projetada.

2.1 Vantagens

O concreto projetado por via seca apresenta algumas vantagens, como:

- Maior resistência e mais compacto;
- Capacidade de projetar em longas distâncias (ver Figura 3);
- Econômico (com a não utilização do sistema de fôrmas) (TECNOSIL, 2018);
- Rapidez de lançamento;
- Pouca mão de obra no processo executivo, uma vez que lançamento e adensamento constituem uma única operação;
- Facilidade de adesão e ganho de resistência em um período de tempo surpreendentemente curto. (TECNOSIL, 2018)



Figura 3: Concreto sendo projetado. Fonte: elaborado pelos autores.

2.2 Desvantagens

- Geração de poeira (ver Figura 4);
- Maior perda de material no lançamento (ver Figura 5);
- Maior perda de material que não adere à superfície;
- Qualidade do seu acabamento;



Figura 4: Levantamento de poeira devido a mistura seca. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 5: Desperdício de material devido à não adesão da mistura no talude. Fonte: elaborado pelos autores.

3. Estudo de Caso

Neste projeto acompanhamos a execução de um concreto projetado já em andamento numa encosta com 2.800 m², localizada no município de Niterói, RJ. Os dados utilizados foram medidos na obra dos dias 05 a 28/11/2018.

A obra em questão alugou um caminhão betoneira para ficar continuamente na obra. Desta forma a mistura dos agregados a seco era realizada na própria obra evitando os atrasos que ocorriam quando a procedência do concreto era das concreteiras locais que abasteciam a obra. Um outro cuidado que o responsável pela obra apresentava era o controle dos agregados que deveriam estar secos. Todo o agregado ficava estocado coberto para evitar as chuvas.

O item água não pôde ser dimensionado durante a sua mistura no bico projetor, pois a caixa d'água que alimentava o sistema era reabastecida continuamente, de forma a evitar que a bomba trabalhasse a seco. Porém, após contato com a concreteira que abastecia a obra, nos foi informado que foi utilizado em média 196 L de água para a resistência especificada no projeto do concreto ($f_{ck} \geq 25$ MPa).

O caminhão betoneira utilizado para misturar os materiais foi o da marca FIORI Série DB460 (Figura 6 e 7). Betoneira auto carregável, muito compacta, ágil e econômica, rendimento de 4,0 m³ de concreto e uma produtividade diária de até 90/100 m³.



Figura 6: Caminhão betoneira DB460 - FIORI. Fonte: FIORIGROUP e Caminhão betoneira da obra. Fonte: elaborado pelos autores.

DIAS NA OBRA	NÚMERO DE CAMINHÕES DB460		VOLUME DA MISTURA CIMENTO:AREIA:BRITA 0 (m³)	Área de projeto (m²) com espessura de projeto de		Área realizada (m²)	PERDA (%)
	3,5	m³		9	cm		
06/11/18	3		10,5	116,7		36,8	40,5
07/11/18	1		3,5	38,9		12,3	
09/11/18	1		3,5	38,9		12,3	
12/11/18	2		7,0	77,8		31,5	
13/11/18	1		3,5	38,9		12,3	
14/11/18	3		10,5	116,7		36,8	
16/11/18	2		7,0	77,8		24,5	
28/11/18	3		10,5	116,7		36,8	
29/11/18	2		7,0	77,8		24,5	

Tabela 1: Acompanhamento do volume do concreto projetado. Fonte: elaborado pelos autores.

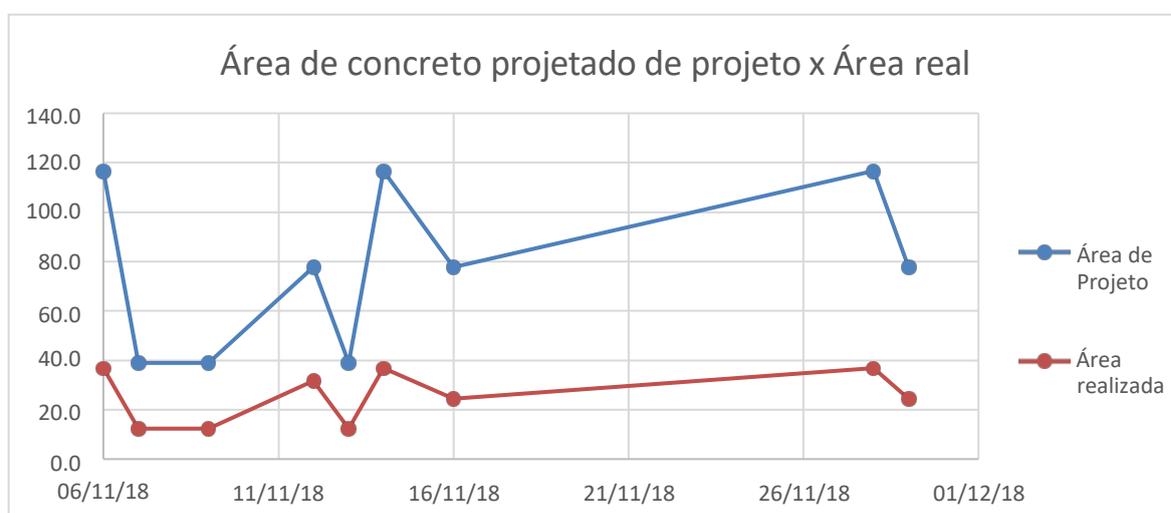


Gráfico 1: Acompanhamento da produção, comparando a área projetada no projeto com a realizada na obra. Fonte: elaborado pelos autores.

O peso total da mistura foi de 984 kg, após utilizar a Equação 1 (FIGUEIREDO, 1992) identificou-se uma massa de material refletido de 399 kg.

$$IR = \frac{MR}{MT} \times 100 \quad (1)$$

Onde, IR = índice de reflexão, MR = massa do material refletido e MT = massa do material projetado.

No caso do lançamento do concreto projetado DER, 2006, diz que:

“Todo início de projeção deve ser feito em painel colocado próximo à região de projeção, de maneira que os ajustes iniciais da mistura não sejam feitos sobre a estrutura. Após esses ajustes pode-se iniciar a projeção do concreto, mantendo-se o jato perpendicular à superfície e na distância estabelecida. Recomenda-se uma distância, entre o bocal de descarga e a superfície a receber o concreto, de aproximadamente 1,0 m, que é a distância onde a reflexão é mínima. A camada do material projetado é obtida através de diversas passagens do jato. A espessura das camadas não deve ultrapassar 150 mm. Em casos excepcionais em que se deva aumentar esse valor, aplica-se em camadas com espessura máxima de 50 mm cada. Em

nenhum caso deve-se ultrapassar a espessura total de 200 mm. A espessura total deve ser obtida com projeção contínua sem que se estabeleça uma junta de concretagem. Durante a projeção, os valores de pressão do ar e da água devem ser mantidos constantes, tanto para evitar aumento de reflexão, quanto para impedir deslocamento do concreto já colocado, o fluxo do material deve ser uniforme; quando isso não ocorrer, o jato deve ser dirigido para local que possibilite a remoção do material até que o fluxo seja normalizado. A projeção de mistura inadequada deve ser removida imediatamente. Toda interrupção da projeção deve ser feita fora da estrutura, em painel colocado próximo à região de projeção. As superfícies verticais ou inclinadas devem ser, na mesma etapa de concretagem, revestidas de baixo para cima, de maneira que o material refletido se deposite sobre superfícies ainda não protegidas. Quando aplicado sobre a armadura, o jato deve ser dirigido para esta com pequena inclinação, de modo a evitar a formação de vazios sob as barras e garantir a aderência com o concreto.” (Figura 9)



Figura 9: Execução do projetado. Fonte: elaborado pelos autores.

Na mesma especificação técnica temos, uma explicação para a reflexão do concreto que diz que a quantidade de material refletido varia com a posição de trabalho, pressão do ar, consumo de cimento, consumo de água, granulometria dos agregados, uso de aditivos, densidade da armadura, espessura da camada e forma geométrica e experiência do operador do bico de projeção. (Figura 10)



Figura 10: Relexão ocorrendo durante a execução do projetado. Fonte: elaborado pelos autores.

Os valores usualmente encontrados de reflexão e que servem de referência são os indicados na Tabela 2 abaixo:

Superfície	Via Seca Percentagem de reflexão (% em peso)	Via Úmida Percentagem de reflexão (% em peso)
Pisos	5 a 15 %	5 a 10%
Paredes Verticais e Inclínadas	10 a 30%	5 a 15%
Acima no nível da cabeça	20 a 50%	10 a 25 %

Tabela 2: Reflexão do concreto. Fonte: ARTERIS, 2015.

Na obra em análise temos uma perda de material de 10,5 % a mais que a reflexão. Neste caso identificamos que a perda não é somente por reflexão mas também pela superfície do talude que é irregular em alguns trechos e nos pontos de instalação dos tirantes, como pode ser visto na Figura 11. Nestes pontos não é possível dimensionar as espessuras do concreto projetado, mas pode demonstrar a localização da perda que ocorre a mais do que a esperada na reflexão.



Figura 11: Pontos de concretagem com espessuras superiores a de projeto. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Considerações Finais

Neste artigo reforçamos a facilidade na utilização do método do solo grampeado com face em concreto projetado para obras com taludes inclinados, de difícil acesso e em grandes áreas, devido as vantagens já listadas anteriormente. Nesse trabalho a instalação dos andaimes para a projeção do concreto foi considerado o maior problema da obra, necessitando de uma logística bem elaborada, mas isso fica para um outro artigo.

Fica evidente o grande desperdício de material do concreto projetado, numa faixa de 40% de perda. Esse material refletido não pode ser reempregado na projeção, devido a uma perda de resistência da ordem de 20% a 30% (FIGUEIREDO, 1992), mas podemos reutilizá-lo em outros projetos ou locais na obra que não sejam de utilidades estruturais, como por exemplo o concreto magro realizado no fundo da canaleta no pé do concreto projetado ou como preenchimento de locais menos inclinados no talude, ou outros.

Outro detalhe importante seria a busca por minorar a percentagem de reflexão no lançamento do concreto projetado. Neste caso podemos citar a incorporação de finos (sílica ativa), redução da dimensão do agregado e aumento do teor de aditivos aceleradores, segundo o engenheiro Paulo Fernando A. Silva, gerente da Concremat e professor de engenharia civil da Faap.

Os fatores que determinam a maior ou menor reflexão vão desde o traço do concreto, qualidade dos materiais até as condições de superfície. "O sistema depende totalmente do controle dos materiais e do processo executivo", diz FIGUEIREDO, 1992.

É importante lembrar que o equipamento utilizado também deve ser levado em consideração. A dosagem do concreto e o equipamento utilizado devem ser dimensionados.

5. Referências

- ARTERIS. **Especificação Particular para Execução de Concreto Estrutural. CDT, 2015.**
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14026. **Concreto Projetado – Especificação.** Rio de Janeiro, 1997.
- DALDEGAN, E. **Concreto Projetado: Conheça as principais características. Engenharia Concreta, 2016.** Disponível em: <<https://www.engenhariaconcreta.com/concreto-projetado-conheca-as-principais-caracteristicas/>>. Acesso em 29 de dezembro de 2018.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM, DER. ET-DE-C00/012 – Concreto Projetado - Especificação Técnica. Rio de Janeiro, 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT. ES-087/2006 – Execução e acabamento do concreto projetado - Especificação de serviço. Espírito Santo, 2004.
- FERREIRA, Sérgio G. **Concreto projetado jatocret.** In: Colóqui sobre durabilidade do Concreto Armado. IBRACON. São Paulo, 1972.
- FIGUEIREDO, Antonio D. **Concreto projetado: fatores intervenientes no controle da qualidade do processo.** Dissertação, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992.
- KADEN, Richard A.: **Environmental consideration for shotcrete.** Concrete Internacional, Special Issue. USA, 1981.
- KISS, P. **Reflexão: inimiga da produtividade.** Técnica, 1999. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/39/artigo287171-1.aspx>>. Acesso em 29 de dezembro de 2018.
- LUIZ ROBERTO PRUDÊNCIO JR., **Concreto projetado. Concreto, Ensino, Pesquisa e Realizações,** São Paulo, Ed. Geraldo Cechella Isaia, IBRACON, 2005, pp.1227-1257.
- LUIZ ROBERTO PRUDÊNCIO JR. **Concreto projetado. Concreto: Ciência e Tecnologia.** São Paulo, IBRACON, Ed. Geraldo Cechella Isaia, 2011, pp.1367-1397.
- TECNOSIL. **Concreto projetado: conheça as principais características e vantagens.** Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/concreto-projetado-conheca-as-principais-caracteristicas-e-vantagens/>>. Acesso em 29 de dezembro de 2018.