

Grautes

Leonel Tula

Doutor em engenharia civil pela Poli-USP e gerente de tecnologia de materiais da Denver Global
leonel_tula@hotmail.com

Paulo Sérgio Ferreira Oliveira

Engenheiro civil, MBA pela FIA-USP e gerente geral da Denver Global
psfoliveira@uol.com.br

Roberto R. de Oliveira

Engenheiro químico, pós-graduando em engenharia de materiais da UMC e pesquisador da Denver Global
laboratório@denverglobal.com.br

Uma das primeiras publicações brasileiras sobre grautes (Helene, Figueiredo e Oliveira, 1989) data de 1989. Desde então, o assunto tem sido pouco abordado por especialistas. As principais referências sobre esse tema estão disponíveis apenas no conteúdo de cursos e treinamentos associados ao trabalho de divulgação técnica de alguns fabricantes de produtos para construção.

O objetivo deste artigo é apresentar maiores informações sobre os grautes de base mineral, abrangendo as definições, usos, materiais, propriedades, características, modos e vantagens do emprego em obras novas de engenharia e de construção civil, em montagens industriais e em trabalhos especializados de recuperação estrutural.

O que é um graute?

Na literatura técnica em inglês utiliza-se o termo grout para definir uma argamassa ou um microconcreto fluido, utilizado para o preenchimento de um vazio. No Brasil, os engenheiros e o mercado da construção reconhecem diferenças muito claras entre qualquer argamassa ou microconcreto fluido e um graute.

Para que uma argamassa ou concreto seja considerada um graute é necessário que:

- Apresente consistência fluida, dispensando o adensamento
- Atinja altas resistências iniciais e finais
- Apresente expansão controlada

Outras propriedades particulares de um determinado graute podem ser necessárias em função de cada tipo de aplicação.

Vantagens

De forma resumida, podem ser enumeradas algumas vantagens de um graute, em relação a um concreto comum modificado com aditivo superplastificante (concreto fluido):

- Maior facilidade para preencher vazios e cavidades com elevada concentração de armaduras, sem deixar vazios ou bolsões de ar
- Menores prazos de execução
- Maior proteção contra a corrosão, devido à baixa permeabilidade, destacando-se que, em geral, nas seções de reparo ou reforço estrutural são utilizados cobrimentos menores
- Expectativa de uma melhor qualidade nos trabalhos e conseqüente alto desempenho dos elementos grauteados, sob severas condições de serviço

Aplicações

Os grautes são materiais destinados ao preenchimento de vazios confinados ou semiconfinados em locais de difícil acesso, seja por se tratarem de cavidades muito estreitas ou locais com elevada densidade de obstáculos tais como armaduras, tubulações, entre outros.

A fluidez do graute permite que haja um preenchimento total da seção, sem a necessidade de adensamento. A alta resistência inicial permite a rápida liberação das fôrmas e da estrutura grauteada, possibilitando maior agilidade no processo de fixação de equipamentos, e rápida colocação da estrutura

reparada ou reforçada em carga. A elevada resistência final e a apresentação de módulo de deformação compatível com o do concreto garantem o bom desempenho frente a esforços elevados, mesmo para reforço de concretos de alta resistência.

A expansão controlada ou, conforme o produto, a simples compensação da retração, garante a estabilidade volu-mé-trica e impede a existência de vazios, propiciando perfeita aderência e compacidade.

Os dois campos principais de utilização dos grautes são as obras novas e as de recuperação estrutural. Os grautes para reparo são, em geral, denominados argamassas ou micro-concretos fluidos ou simplesmente grautes de reparo.

Tipos de graute e nomenclaura

A classificação dos grautes pode ser feita pelo tipo de aglomerante:

- Grautes de base mineral, ou Grautes à base de cimento ou, ainda, grautes minerais
- Grautes de base orgânica, ou grautes à base de resina ou, ainda, grautes poliméricos

Os grautes de base orgânica são materiais de características e usos mais específicos, recomendados para situações especiais em que se exige alta aderência e resistência a cargas cíclicas e dinâmicas, pois não sofrem o efeito de fadiga comum aos grautes à base de cimento.

Os grautes de base mineral podem ser classificados pelo tamanho do agregado:

- Grautes injetáveis – agregado muito fino: partículas menores que 75 microm
- Grautes de argamassa – agregado miúdo: máxima característica menor ou igual a 4,8 mm
- Grautes de microconcreto – pedrisco ou brita 0: dimensão máxima característica menor ou igual a 9,5 mm
- Grautes de concreto – com adição de até 30% de brita 1: dimensão máxima característica menor ou igual a 19 mm

Os grautes de base mineral recebem uma classificação de acordo com a utilização preponderante. Assim, encontram-se no mercado denominações do tipo: de uso geral, de construção, de uso industrial, para injeção, de reparo, de uso submerso, para altas temperaturas, entre outras. Alguns fabricantes ainda sugerem pequenas variações à classificação descrita para ressaltar alguma característica particular de um determinado produto ou, ainda, a adição de algum elemento particular.

Os autores entendem que há necessidade de se normalizar e de se estabelecer uma classificação adequada para uniformizar a utilização dos grautes, melhorando o nível de compreensão e de domínio do tema. Propõe-se, na tabela 1, relacionar os principais produtos à base de cimento que têm sido ofertados pelos fabricantes nacionais e as características que o mercado deverá exigir como requisitos de desempenho de cada tipo de material.

Tabela 1

Intencionalidade geral	Características principais	Requisitos mínimos de desempenho
Uso geral	Adesão a aglomerados de cimento, boa trabalhabilidade para aplicação e desenvolvimento de um	Resistência mínima a compressão e tração por ser medida em estado de repouso final Escoamento e aderência de agregado granular, determinado em ensaios regulamentados: 4m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1,5 MPa sem 10 ensaios; 8m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; * Considerar a quantidade de água a ser adicionada.
Uso de reparo	Boa trabalhabilidade para aplicação e desenvolvimento de um	Resistência mínima a compressão e tração por ser medida em estado de repouso final Escoamento e aderência de agregado granular, determinado em ensaios regulamentados: 4m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; 8m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; * Considerar a quantidade de água a ser adicionada.
Uso de reparo para grandes áreas	Boa trabalhabilidade para aplicação e desenvolvimento de um	Resistência mínima a compressão e tração por ser medida em estado de repouso final Escoamento e aderência de agregado granular, determinado em ensaios regulamentados: 4m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; 8m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; * Considerar a quantidade de água a ser adicionada.
Uso de reparo para grandes áreas	Boa trabalhabilidade para aplicação e desenvolvimento de um	Resistência mínima a compressão e tração por ser medida em estado de repouso final Escoamento e aderência de agregado granular, determinado em ensaios regulamentados: 4m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; 8m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; * Considerar a quantidade de água a ser adicionada.
Uso de reparo para grandes áreas	Boa trabalhabilidade para aplicação e desenvolvimento de um	Resistência mínima a compressão e tração por ser medida em estado de repouso final Escoamento e aderência de agregado granular, determinado em ensaios regulamentados: 4m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; 8m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; * Considerar a quantidade de água a ser adicionada.
Uso de reparo para grandes áreas	Boa trabalhabilidade para aplicação e desenvolvimento de um	Resistência mínima a compressão e tração por ser medida em estado de repouso final Escoamento e aderência de agregado granular, determinado em ensaios regulamentados: 4m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; 8m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; * Considerar a quantidade de água a ser adicionada.
Uso de reparo para grandes áreas	Boa trabalhabilidade para aplicação e desenvolvimento de um	Resistência mínima a compressão e tração por ser medida em estado de repouso final Escoamento e aderência de agregado granular, determinado em ensaios regulamentados: 4m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; 8m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; * Considerar a quantidade de água a ser adicionada.
Uso de reparo para grandes áreas	Boa trabalhabilidade para aplicação e desenvolvimento de um	Resistência mínima a compressão e tração por ser medida em estado de repouso final Escoamento e aderência de agregado granular, determinado em ensaios regulamentados: 4m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; 8m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; * Considerar a quantidade de água a ser adicionada.
Uso de reparo para grandes áreas	Boa trabalhabilidade para aplicação e desenvolvimento de um	Resistência mínima a compressão e tração por ser medida em estado de repouso final Escoamento e aderência de agregado granular, determinado em ensaios regulamentados: 4m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; 8m ³ = 10 MPa, desvio padrão = 1 MPa sem 10 ensaios; * Considerar a quantidade de água a ser adicionada.

* Entenda-se por desvio-padrão, o desvio-padrão da produção, determinado em ensaios de controle de processo.

** Entenda-se por resultado, a média da amostra de, no mínimo, três corpos-de-prova ou o valor maior da amostra de dois corpos-de-prova. Cada resultado corresponde a um lote.

Execução

Não basta fazer a escolha correta e conhecer as particularidades do graute em questão para garantir o uso eficiente do material. É necessário seguir uma metodologia de trabalho que começa com um bom planejamento dos serviços e concluir com os procedimentos de cura adequados.

Planejamento dos serviços

- Calcula-se a quantidade de material a ser usado, considerando um acréscimo da ordem de 10% para compensar as perdas
- Reserva-se os equipamentos para mistura e lançamento, reúne-se a mão-de-obra treinada e os equipamentos de segurança individual
- O grauteamento deverá ocorrer em horários com menor temperatura ambiente

Etapa de preparação do substrato

- Apicoar a superfície removendo-se a nata de cimento superficial, eliminar o material solto ou comprometido – contaminação, corrosão de armaduras, fissuras ou som cavo – e deixar a superfície rugosa para aumentar a aderência
- Lavar a superfície com jato de água limpa para retirar partículas soltas, pó, graxa, impregnação de óleo e restos de pintura
- Caso a contaminação por óleos ou graxas seja extensa, efetuar a limpeza com desengraxantes adequados ou por outro processo que assegure a total remoção
- As superfícies metálicas deverão receber jateamento de areia para eliminar pinturas anteriores, produtos de corrosão e contaminações

Etapa de lançamento

Montagem das fôrmas

- O sistema de fôrmas a ser empregado deverá ser totalmente estanque
- A superfície não confinada deverá ser mínima
- As fôrmas deverão apresentar cachimbo – funil alimentador – para facilitar o lançamento do graute e o total preenchimento do vão. O cachimbo deverá ter uma altura mínima de 15 cm para manter uma pressão hidrostática adequada
- Na parte inferior da fôrma recomenda-se deixar pelo menos um furo para a drenagem da água de saturação, ou do teste de estanqueidade. Esse furo deverá ser tamponado antes do lançamento

Saturação do substrato

- Antes do lançamento, o substrato deverá estar, porém, com a superfície seca. Para tal, recomenda-se preencher as fôrmas com água limpa, pouco tempo antes do lançamento
- Imediatamente antes do lançamento, a água deverá ser drenada das fôrmas
- Se necessário, aplicar jato de ar sobre o substrato, para remover os empoçamentos

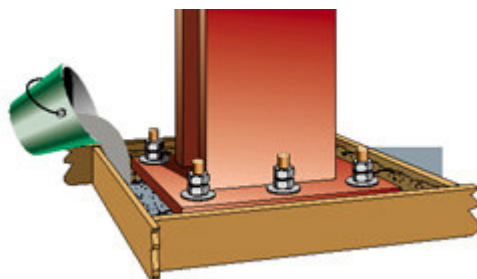


Mistura

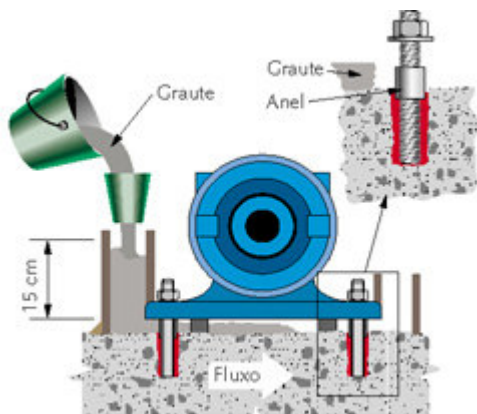
- Recomenda-se usar misturador de ação forçada, ou uma hélice de mistura apropriada acoplada a uma furadeira de baixa rotação (450/500 rpm)
- Misturar por três a cinco minutos, até constatar a uniformidade e a homogeneidade do material. Em último caso, para obras de menor porte, misturar manualmente pelo menos durante cinco minutos
- Colocar primeiro no misturador a quantidade de água de amassamento recomendada pelo fabricante. Com o misturador em movimento, adicionar lentamente o pó

Lançamento

- O grauteamento deverá ocorrer de maneira contínua e ininterrupta, vertendo o material pelo funil alimentador
- Para o grauteamento de bases de equipamentos verter o graute apenas por um lado. Encher o cachimbo devagar e continuamente permitindo a saída gradativa do ar eventualmente preso embaixo da placa da base do equipamento



Fixação de pilares metálicos



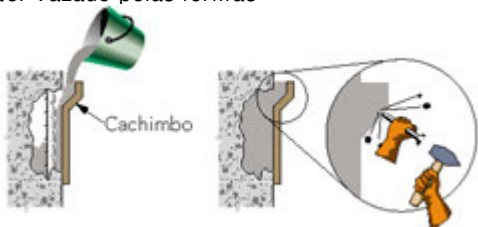
Grauteamento de base de equipamentos

Cura

- Realizar a desforma após 24 horas e, em seguida, iniciar a cura úmida durante no mínimo três dias, ou aplicar membrana de cura
- A cura úmida poderá ser realizada por aspersão de água de tempos em tempos, mantendo a superfície constantemente úmida
- A molhagem da superfície deverá ser realizada com maior frequência nas horas de calor mais intenso
- Deve ser evitada a incidência direta do sol e de ventos fortes utilizando-se mantas ou anteparos apropriados

Acabamento

- Nessa etapa deverão ser eliminados os cachimbos e os excessos de material que eventualmente possam ter vazado pelas fôrmas



- Deve ser utilizada uma argamassa polimérica de reparo ou ainda preparada uma argamassa de estucamento para o acabamento e regularização da superfície

Graute fabricado em obra

Os grautes industrializados possuem especificação das características e propriedades, com uma variabilidade bem conhecida pelos fabricantes e, em geral, testada em obras. Essa é uma vantagem considerável na hora da escolha. É possível, porém, fabricar grautes em obra, o que só se justifica

do ponto de vista econômico, para grandes volumes com constância dos materiais e quando há tempo hábil para o estudo e ajuste do traço. De qualquer forma, não se pode esperar de um graute fabricado em obra a mesma uniformidade e o desempenho esperados de um graute industrializado, que agrega sempre alguns estágios tecnológicos acima dos grautes produzidos em obra.

Materiais componentes

- Cimento Portland (CPI ou cimentos compostos): os critérios de escolha para a produção do graute em maior escala decorrem de uma combinação de fatores técnicos e econômicos

- Adições minerais (pozolanas, sílica ativa, filler calcário ou cargas minerais): devem ser incorporadas por substituição de parte do cimento Portland comum, até ajustar a resistência média requerida, sem perda das propriedades do material no estado fresco
 - Aditivos em pó (superplastificantes, aditivos antilavagem dos finos, expansores retentores de água): deve-se considerar as recomendações dos fabricantes. Os produtos, porém, sempre deverão ser testados, a fim de avaliar a compatibilidade com o cimento e com os outros materiais empregados na formulação
 - Agregados (areia, pedrisco): de origem quartzosa, granitos, ou areia de sílica. Existem opiniões controversas a respeito da distribuição granulométrica ideal dos agregados para graute
 - Polímeros (tipo acrilatos ou SBR): usados apenas nos casos de grautes des
- Conclusão:** escolhido o aditivo A2, no teor 0,4% em relação à massa de cimento
- O aditivo A2 é pouco sensível às mudanças do tipo e origem do cimento
 - O emprego do aditivo B1 não permitiu bons resultados na permissão de incorporação de água sem exsudação (o que não diz respeito ao seu poder de fluidificação)
 - Os cimentos C1b, C2b, C3 mostram-se sensíveis ao tipo de aditivo e só seriam recomendados para formulações com prévia definição do aditivo superplastificante comprovadamente compatível com estes cimentos
 - Existem claras diferenças de comportamento dos aditivos superplastificantes frente aos diferentes cimentos (diferentes tipos ou de um mesmo tipo, mas de origens diferentes)

Traço

Algumas recomendações básicas de dosagem são comentadas na tabela 2.

Tabela 2

Características de traço	Comentários
Relação água/cimento (0,45)	• Cópula-se informar fator água/pó de 0,16 a 0,21
Elevador de cimento	• Consumo de aglomerado da ordem de 350 a 400 kg/m ³ , dependendo do tamanho do agregado e da relação água/cimento • Assumir a duração de cimento e compactação ligeiramente dependa do requerimento de resistência final e da resistência de projeto • Assumir a resistência final, resistência a determinar aditivos agressivos, entre outros
Elevador de água	• Fator para o grau de água a ser considerado separadamente a sílica ativa e o grau de água de microconcreto (considerando a sílica ativa e o grau de água a ser considerado 50% a 75%)
Elevador de agregado	• Para o grau de água a ser considerado da ordem de 60% a 70% (n = 1,5 a 2,5) • Para o grau de água de microconcreto, o teor de agregado a ser considerado 65% a 75% (n = 2 a 3)
Aditivo plástico ou superplastificante	• Assumir a aditividade para a função de fluidificação requerida e determinar a resistência de projeto, de acordo com a resistência de projeto e a resistência de projeto • Existem aditivos de diferentes tipos com diferentes características • O teor de aditivo a ser utilizado varia de 0,5% a 1,2% em relação à massa de cimento
Aditivo para	• Cimento comumente utilizado varia de 0,005% a 0,01% em relação à massa de cimento

Graute mineral

A resistência mecânica é ainda um parâmetro de comparação válido, porém, nem sempre o parâmetro verdadeiramente importante para uma determinada aplicação.

O material deve ser avaliado de forma integral, tomando-se como referência as propriedades de maior interesse – nem sempre dependentes da resistência mecânica: tempo de pega, retração ou expansão inicial e final, absorção capilar, resistência à penetração de cloretos, aderência ao substrato.

Como exemplo, apresenta-se resumidamente uma proposta de requisitos de desempenho e avaliação dos grautes para reparo (Helene, 2002).

Dosagem do graute de uso geral

A definição do traço deverá seguir as recomendações dos métodos tradicionalmente utilizados (Helene, 1992). Algumas particularidades da dosagem de grautes de uso geral são apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 – Requisitos de dosagem

Resistência à compressão característico do traço muito fluido	24 horas → 13 MPa 28 dias → 32 MPa
Desvio padrão da propriedade característico 30 resultados ou seis lotes	24 horas → 3,5 MPa 28 dias → 4 MPa
Resistência à compressão média requerida do traço muito fluido	24 horas → 22 MPa 28 dias → 32,5 MPa
Consistência caudal sem exsudação	Seca, fluida, muito fluida

* Adota-se, como critério de lote, no mínimo a quantidade correspondente à carga de uma batelada do misturador da fábrica e no máximo 100 sacos (2,500 kg) de material. Para produção *in situ*, o critério pode mudar

em função da capacidade do misturador ou da quantidade produzida por dia. Entretanto, podem ser mantidos os mesmos critérios de amostragem do concreto utilizado na obra.

Escolha de materiais

A escolha de materiais deverá ser feita em experimentos de laboratório. Um elemento de peso na escolha é o preço dos insumos e o impacto na composição dos custos do produto final. Nas tabelas 4 e 5 mostra-se, em três experimentos, um exemplo de definição do tipo de cimento, composição e consumo do aglomerante, assim como a escolha do aditivo superplastificante mais apropriado para um graute de uso geral.

Considera-se em primeira instância os requerimentos antes pré-fixados, referentes às propriedades mecânicas e à variabilidade dessas características ao longo da produção. Em segundo lugar, a escolha do aditivo superplastificante, funcionando para a maior faixa possível de variação da quantidade de água de amassamento adicionada sem que ocorra exsudação. Às vezes é necessário outro experimento para determinar uma combinação apropriada de aditivos.

Tabela 4 – Cimentos utilizados nos experimentos 1, 2 e 3

Tipo de cimento	Marca de cimento (Fabricantes)						
	X		Y		Z	W	
	Fabrica I	Fabrica II	Fabrica III	Fabrica IV	Fabrica V	Fabrica VI	Fabrica VII
1	C1a	C1b	C2a	C2b	C3		
2							
3						C5a	C5b

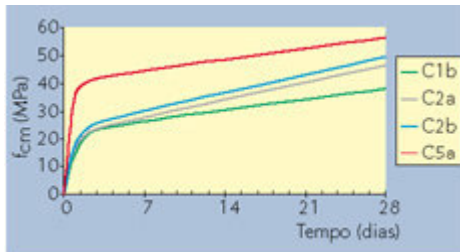
Tabela 5 – Aditivos utilizados nos experimentos 1, 2 e 3

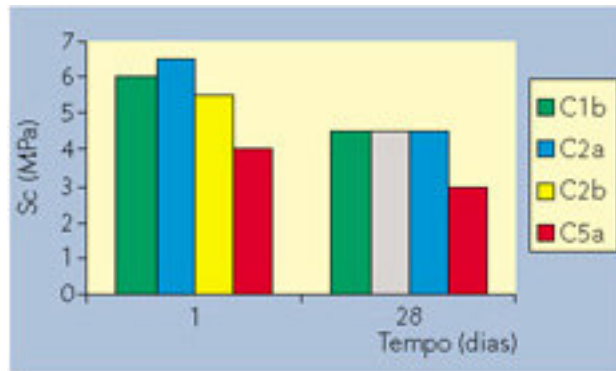
Tipo de aditivo	Fabricantes		
	I	II	III
1	A1	A2	
2			B1

Experimento 1 – Influência do tipo de cimento: determinando o tipo de cimento

Agregado miúdo = teor de agregado (m)		1,7			
Aditivo plastificante (% em massa de aglomerante)		0,3%			
Aditivo expansor (% em massa de aglomerante)		0,006%			
Aglomerante com cimento tipo	C1b	I	-	-	-
	C2a	-	I	-	-
	C2b	-	-	I	-
	C5a	-	-	-	I
Consumo de cimento Portland (kg/m ³)		815	750	750	815
Relação água/aglomerante máx (má, sem exsudação)		0,301	0,294	0,294	0,294
Água máxima incorporada, sem exsudação (l/m ³)		245	240	240	240
Consistência medida		Faixa	Muito fluida	Muito fluida	Muito fluida
Aparência da massa fresca, de 1 a 5 (5 = melhor)		5	5	5	5

Valores médios e desvio-padrão determinados em amostras de cinco corpos-de-prova de três lotes de um mesmo dia de produção





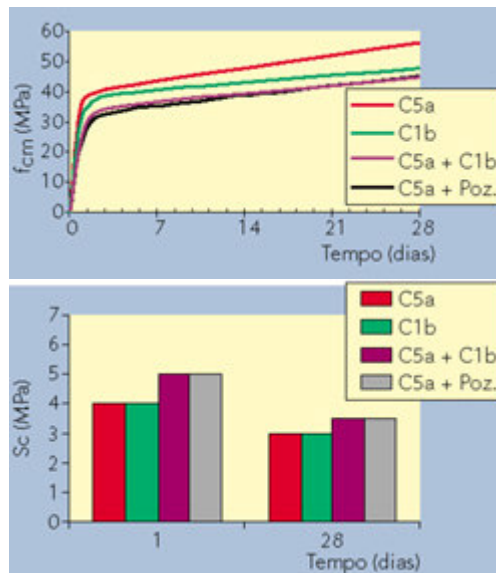
Conclusão: escolhido o cimento tipo C5a

- Tipo de cimento tem influência na consistência e na resistência à compressão (valor médio e desvio-padrão)
- Aglomerante composto com cimento tipo C5a apresentou o menor desvio-padrão e foi de fato o único que satisfaz os requerimentos de dosagem

Experimento 2 – Influência do consumo de cimento: determinação do consumo e composição do aglomerante

Agregado miúdo		1,7	2,13	2,33	2,06
Aditivo plastificante (% em massa de aglomerante)	A1	0,9%	-	-	-
	A2	-	0,4%	0,4%	0,4%
Aditivo expansor (% em massa de aglomerante)		0,0063%	0,0063%	0,0063%	0,0063%
Composição dos aglomerantes com cimento	C5a	1	1	0,6	0,6
	C1b	-	-	0,4	-
	Pozzolana	-	-	-	0,4
Consumo de cimento (kg/m ³)		815	665	665	430
Relação água/aglomerante máxima, sem evaporação		0,294	0,346	0,346	0,353
Água máxima incorporada, sem evaporação (litros)		240	230	230	253
Consistência	Átulo		Fluída	Átulo	Átulo
	Fluída			Fluída	Fluída
Aparência da massa fresca, de 1 a 5 (5 – melhor)		5	5	5	5

Valores médios e desvio-padrão determinados em amostras de cinco corpos-de-prova de três lotes de um mesmo dia de produção



Conclusão: escolhido consumo de 665 kg/m³ de aglomerante composto com 60% de C5a e 40% de C1b ou pozolana

- A redução do consumo de cimento tipo C5a teve pouca influência na resistência à compressão e no desvio-padrão.
- É possível ainda a economia de C5a, combinando-se este material com outro cimento ou com a adição de pozolana, mantendo a resistência à compressão e o desvio-padrão ainda dentro dos requerimentos prefixados.

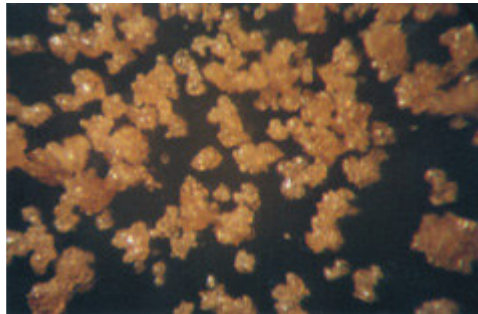
Experimento 3 - Máxima relação água/aglomerante possível sem exsudação para três aditivos superplastificantes: determinação do tipo e teor do aditivo superplastificante

Aditivo	Teor de aditivo (% em massa de cimento)	Cimentos							
		C1a	C1b	C2a	C2b	C3	C3	C3a	C3b
A1	0,4	0,3241	R	0,292	R	R	R	0,35	0,4
	0,67	0,4	0,26	0,32	R	0,4	0,35	0,4**	0,4
A2	0,9	0,35	0,324	0,32	0,324	0,324	0,35	0,4	0,4
	1,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,42**	0,43**
B1	0,4	0,26	R	R	R	R	R	0,35	0,35
	0,8	0,3	R	0,26	0,3	R	R	0,26*	0,26*

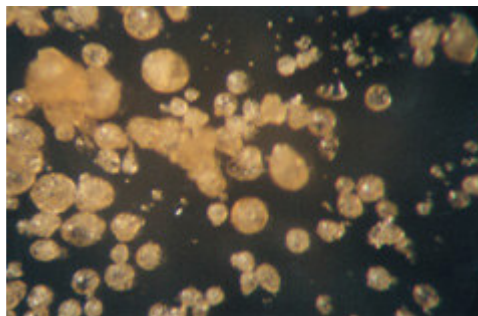
Conclusão: escolhido o aditivo A2, no teor 0,4% em relação à massa de cimento

- O aditivo A2 é pouco sensível às mudanças do tipo e origem do cimento
- O emprego do aditivo B1 não permitiu bons resultados na permissão de incorporação de água sem exsudação (o que não diz respeito ao seu poder de fluidificação)
- Os cimentos C1b, C2b, C3 mostram-se sensíveis ao tipo de aditivo e só seriam recomendados para formulações com prévia definição do aditivo superplastificante comprovadamente compatível com estes cimentos
- Existem claras diferenças de comportamento dos aditivos superplastificantes frente aos diferentes cimentos (diferentes tipos ou de um mesmo tipo, mas de origens diferentes)

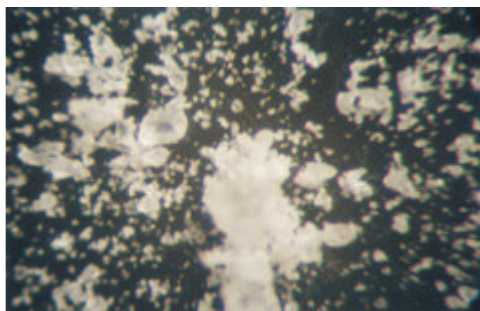
As fotos a seguir foram feitas com lupa binocular dos aditivos plastificantes em pó utilizados em diferentes formulações de grautes industrializados. Podem ser observadas diferenças discretas, muito relacionadas ao desempenho final do material



Aditivo A1: grãos de superfície irregular, com tendência a ser aglutinar. Diâmetro médio entre 6 e 14 microm



Aditivo A2: grãos esféricos de superfície lisa e bem dispersos. diâmetro médio entre 7 e 20 microm



Aditivo A3: partículas angulosas, de granulometria descontínua, com tendências a se aglutinar. Partículas pequenas com diâmetro médio de 2 a 4 microm e grãos maiores com diâmetro médio de 12 a 26 microm

Uso de grautes em obras novas

- Fixação de equipamentos à base
- Fixação de pilares, postes e de estruturas metálicas
- Trabalhos de concretagem e de reparo em condições submersas
- Injeção de bainhas de protensão
- Preenchimento de juntas de concretagem (vãos estreitos ou regiões de grande concentração de armaduras)
- Solidarização de elementos pré-fabricados
- Fixação de trilhos de metrô, trens e pontes rolantes

Uso de grautes para recuperação estrutural

- Reparos profundos localizados (espessura superior a 2,5 cm)
- Reparo de ninhos de concretagem
- Reconstituição de seções danificadas
- Trabalhos de reforço estrutural

Características dos grautes

Material em pó

- Teor máximo de material orgânico de acordo com a NBR 7220/87

Material no estado fresco

- Fluidez menor que 25 segundos, após 20 minutos da mistura, a 25°C (segundo a NBR 12.127)
- Teor de ar incorporado máximo 3%, medido imediatamente após a mistura e aos 20 minutos (segundo a NBR 9833/87)
- Água de exsudação inferior a 0,2 % (segundo a NBR 7683)

Material no estado endurecido

- Resistência à compressão mínima* 15 MPa aos três dias e 35 MPa aos 28 dias** (segundo NBR 5739/74)
- Resistência à tração por compressão diametral mínima de 3,0 MPa aos 28 dias (segundo a NBR 7222/82)
- Absorção capilar máxima 0,25 g/cm² e altura de 2 cm (segundo a NBR 9779/86)
- O teor de cloretos menor que 0,03 % em relação à massa de cimento

Outros requerimentos de caráter facultativo estão relacionados com:

- O coeficiente de carbonatação
- A medida de retração por secagem
- A resistência à penetração de íons cloreto
- A resistência de aderência ao substrato

OBS: Ainda devem ser consultadas (Helene, 2002) recomendações quando do recebimento do material: composição dos lotes, observação visual e ensaios expeditos.

* Os valores mínimos devem ser interpretados como valores característicos. O fabricante também pode fornecer resultados estatísticos de sua produção, correspondente aos lotes a serem utilizados, e por eles

poderá ser calculado o valor característico para um grau de confiança dado.

***O mercado nacional costuma ser ainda mais exigente com os grautes. Tem sido usual requerer resistência à compressão de 20 MPa a 24 horas e de 40 MPa aos 28 dias. Porém, não tem havido uma discussão ampla sobre o caráter probabilístico dos valores exigidos, e, em muitas oportunidades, surgem divergências entre fabricantes e consumidores sobre os critérios técnicos de aceitação-rejeição que devem prevalecer.*

Seqüência de grauteamento



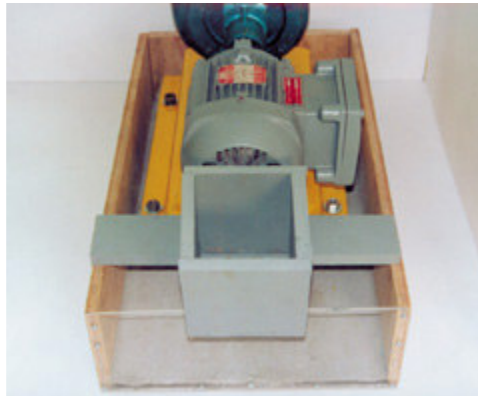
(1) Fixação dos chumbadores com resina de ancoragem adequada



(2) Nivelamento dos calços (shims) de apoio do equipamento



(3) Fixação do equipamento



(4) Colocação do cachimbo (funil de lançamento)



(5) Lançamento



(6) Graute fluindo por baixo do equipamento

Leia mais:

Relatório Técnico - Reabilitação do Condomínio Champs Élysées. Helene, P.R.L.; França, R.; Bastos, E.; Pereira, F.; Tula, L.; Barbosa, P. São Paulo, abril, 2002.

Manual de dosagem e controle do concreto. Helene, P.R.L. e Terzian, P. São Paulo. Pini, 1993.

Grautes – Novos materiais de construção civil. Helene, P.R.L.; Oliveira, P.S.F.; Figueiredo, A.D. Revista Engenharia, no 473, 1989.