

A Tecnologia e a Utilização da Cal Hidráulica

John Ashurst

Tradução por António de Borja Araújo, Engenheiro Civil, I.S.T.

”O emprego exclusivo de argamassas de cimentos Portland apenas pode significar ignorância sobre as qualidades de muitas cales hidráulicas naturais, e esta miséria de conhecimento é escassamente rentável” C Graham Smith, Stud Inst, CE 'Engineering Papers' 1895



Tintern Abbey : Frank Baines, Arquitecto director dos "Ancient Monuments and Historic Buildings", especificou em 1911 que não deveria ser usado nenhum cimento nas alvenarias aparentes, e que qualquer uma das cales Blue Lias, Aberthaw ou Arden (desde moderadamente a eminentemente hidráulicas) deviam ser usadas exclusivamente na consolidação dos topos de paredes e nas alvenarias exteriores.

Como nação, temo-nos esquecido de muito, acerca da cal hidráulica, na nossa indústria da construção. O renascimento do interesse pelas argamassas de cal aérea, que recebeu o seu principal estímulo pela conservação de edifícios e especialmente pelos projectos "West Front" em Gales e Exeter, nos anos 1970, não se generalizou às cales hidráulicas. Privamo-nos largamente, durante 50 anos, de uma gama de cales de "presa" tradicional que foram, em tempos, a espinha dorsal da construção em alvenaria.

Todos os tratados sobre argamassas, desde o trabalho de John Smeaton em meados do século XVIII e até 1950, reconheciam a importância das cales hidráulicas no contexto das argamassas e dos estuques. Para certos tipos de trabalhos, estas cales eram o material mais apropriado. O estudo de textos anteriores à guerra, sobre cal e cimentos, é especialmente recomendado como antídoto para algumas das modernas atitudes de "tudo ou nada" acerca da cal e do cimento, especialmente quando suportado pela observação local, como forma de compreensão sobre a natureza e a utilização das cales hidráulicas.

A cal é o meio de ligação tradicional e ancestral para as alvenarias. Até ao advento dos cimentos artificiais, e especialmente do cimento Portland, a cal era usada quase exclusivamente e nunca desapareceu completamente. Esta cal é denominada de acordo com a sua capacidade para fazer presa debaixo de água, e um sistema de classificação formal foi introduzida por Louis Vicat (um eminente engenheiro civil francês que pesquisou as cales hidráulicas e os

cimentos durante a construção de pontes e estradas). Em resultado do seu trabalho, que foi publicado entre 1830 e 1840, as cales que fazem presa debaixo de água são conhecidas como cales "hidráulicas" (anteriormente eram conhecidas como cales "aquáticas"). A sua característica hidráulica é produzida por "impurezas" de sílica e de argila no calcário a partir do qual são fabricadas.

Quando são levados ao forno calcários que contenham sílica e argila, a argila decompõe-se entre os 400° C e os 600° C e combina-se com parte da cal entre os 950° C e os 1250° C (no topo superior das temperaturas de forno para a cal hidráulica : a sinterização toma lugar entre os 1300° C e os 1400° C), formando silicatos e aluminatos, especialmente silicato tricálcico e aluminato bicálcico. A cal produzida consiste numa mistura de cal viva (ou "cal livre"), material cimentício e material inerte tal como sílica ou argila não combinada. Tais cales necessitam de serem extintas com bastante água para converterem a cal viva em hidróxido de cálcio, mas não tanto que se dê início a uma presa química. Os procedimentos de calcinação e de extinção são bastante mais complexos do que os associados à produção da cal a partir do cré ou de outros calcários "puros", mas os materiais produzidos são muito mais versáteis.

Sob a classificação geral de "hidráulica" existem subdivisões sugeridas por Vicat e mais tarde adoptas por todos. Estas subdivisões são importantes, já que estão relacionadas com o desempenho de cada tipo . A Tabela 1 mostra este sistema de classificação, bem como as características relevantes.

As propriedades das cales hidráulicas dependem da sua composição e da especificação para a calcinação e para a extinção, e é essencial que, quando for usada uma cal hidráulica, se conheçam os factos. Portanto, um fornecedor deve fazer conhecidas as análises químicas e os dados sobre a produção ou então dar garantias ao comprador contra as falhas, se esses dados não lhe forem pedidos.

As categorias da Tabela 1, de "fracamente", "moderadamente" e "eminente" hidráulicas, que tiveram origem no século XIX, foram por vezes nomeadas de outra forma nos anos de 1930 para se porem de acordo com a sua reduzida disponibilidade e utilização. Assim, "fracamente hidráulica" tornou-se em "semi hidráulica" e "hidráulica" referia-se quase exclusivamente a uma cal Blue Lias, eminentemente hidráulica.

A UTILIZAÇÃO DAS CALES

Cales não hidráulicas ¹ a fracamente hidráulicas

A cal aérea está à venda a partir de mais de 40 fabricantes (Reino Unido e República da Irlanda) sob a forma de cal em pasta, e na maioria dos armazenistas sob a forma de cal hidratada ensacada. Tendo em memória as limitações da cal de cré ² e os méritos da cal de "pedra", muito apreciada nas fontes tradicionais, é evidente que é necessário algum cuidado na selecção e na especificação. As origens de materiais bem conhecidas, como é o caso das cales Shillingstone and Totternhoe, Lewes and Dorking são ou eram, todas elas, fabricadas a partir de cré, mas elas eram todas classificadas como de "pedra cinzenta" ³ ou fracamente hidráulicas. Estas foram as cales do desenvolvimento da construção durante os séculos XVIII e XIX. Hoje em dia é perfeitamente aceitável a utilização de uma cal fracamente hidráulica ou aérea, mas deve-se ter em mente de que o que actualmente está à venda não é adequado a exposições tais como no caso de chaminés, meios-fios, topos de paredes, resguardos, cunhais ou

¹ NT – "Aéreas".

² "Chalk", no original.

³ "Grey stone", no original.

pavimentos e a sua maioria não deve ser usada em nenhuma situação durante os meses de formação de gelo. A sua durabilidade pode ser melhorada pela adição de um material pozolânico, tal como pó finamente triturado de material cerâmico cozido a baixa temperatura, mas as limitações gerais acima descritas continuam a manter-se válidas, especialmente nas exposições a norte ou marítimas.

O grande mérito da cal em pasta madura é que ela é, frequentemente, muito compatível com materiais enfraquecidos, tais como pedra e tijolos meteorizados, sendo capaz de acomodar os movimentos menores da edificação, tendo a tendência para actuar sacrificialmente no âmbito da face da alvenaria e a sua consistência é ideal para o refechamento de juntas, para as reparações superficiais e para a execução de estuques. Por outras palavras, é frequentemente o material perfeito para o conservador. Deve-se fazer referência aos textos tradicionais, atrás recomendados, com o contexto firmemente em mente. A conservação das superfícies históricas em alvenaria não é objecto desses tratados tradicionais. A cal não hidráulica, assim como a cal fracamente hidráulica, nas mãos certas, pode ter melhor desempenho do que qualquer outra, para a conservação, em muitas localizações interiores ou em trabalhos abrigados executados no verão.

A cal em pasta deve estar maturada, sempre durante mais que um mês, armazenada com os agregados em estado molhado ou amassada com esses agregados numa betoneira. Na ausência da betoneira, a amassadura manual por corte e batimento é a prática antiga e moderna para se produzirem os melhores resultados. Uma cura lenta e o controlo da humidade são significativos no desempenho final.

Cales fracamente a moderadamente hidráulicas

As cales de construção, e as cales adequadas para exposições mais severas do que a categoria anterior, entram neste grupo. As famosas cales produzidas a partir da formação de Lias, especialmente no sul da Grã-Bretanha, onde as pedras são mais calcárias do que no norte, deram fama à cal hidráulica no princípio do século XX, pelo que "Blue Lias" se tornou sinónimo de "cal hidráulica". Os depósitos aproveitáveis consistem em argilas e margas com preponderância de calcários em camadas finas. Os calcários Blue Lias proporcionaram uma variedade de hidraulicidades consequentes da sua composição variada e dos métodos de calcinação. O excelente produto de uma pedreira de Blue Lias em Charlton Adam existe actualmente sob a forma de "*borderline*"⁴, a qual é uma cal no extremo superior da fraca hidraulicidade e no extremo inferior da moderada hidraulicidade.

A tradição na Grã-Bretanha foi sempre de se extinguirem as cales hidráulicas na obra e, sob este aspecto, diferia da prática continental. Uma das mais interessantes e vastas aplicações da cal de Blue Lias foi na conservação do HM Office of Works Ancient Monuments and Historic Buildings⁵. Em 1911, Frank Baines, Arquitecto encarregado, estabeleceu procedimentos que sobreviveram até ao início dos anos 1970, em que a cal hidráulica deixou de ser produzida no Reino Unido. Nessa altura era recomendada uma mistura padrão de duas partes de cal hidráulica para cinco partes de agregado bem calibrado. A mistura do agregado e a extinção eram executadas em simultâneo, numa fossa ou num bidão metálico, colocando-se camadas alternadas de areia (5 " = 12,5 cm) e de cal hidráulica pulverizada (2 " = 5 cm), molhando-se a areia de cada vez e, finalmente, cortando-se através do material e misturando-se à mão, ao mesmo tempo que se acrescentava mais um pouco de água. O material misturado era então amontoado numa estância de madeira, polido com as costas de uma colher, e deixado permanecer, pelo menos 12 horas, até que estivesse "frio". Produzia-se uma ligeira expansão do material em extinção, durante este período. Todo o material que tivesse começado a ficar rígido era rejeitado.

⁴ NT – "fronteira".

⁵ NT – Gabinete de Sua Majestade para os Trabalhos sobre Monumentos Antigos e Edifícios Históricos.

O método da areia molhada era adoptado para se evitar o excesso de hidratação associado com a molhagem por rega, que se tinha observado que destruía a hidraulicidade. A cal tinha que ser calcinada de fresco, apesar de não ser considerada como prejudicial alguma extinção pela humidade atmosférica, para além de retardar a presa.

Deve ficar absolutamente claro se a cal viva vem extinta ou não da linha de produção de uma fábrica de hidratação, ou parcialmente extinta, ou não extinta. O melhor método será receber-se o material seco, pulverizado e extinto. Se isto não fosse possível, a extinção e a preparação devem ser cumpridas conforme os procedimentos de 1911. As cales desta categoria tendem para serem de cor camurça pálida a creme e são relativamente gordas e trabalháveis. Adequadamente amassadas, aplicadas e curadas, elas têm uma grande versatilidade, mas não devem ser usadas em exposições muito exigentes, tais como em meios-fios, chaminés e pavimentos. O seu tempo de presa inicial varia entre as 4 e as 12 horas.

Cales moderadamente a eminentemente hidráulicas

As cales moderadamente a eminentemente hidráulicas não são actualmente fabricadas no Reino Unido. As principais importações provêm de França, Suíça e Itália. Na tradição continental, estas cales já vêm calcinadas, pulverizadas e extintas (hidratadas). Elas podem conter aditivos pozolânicos para obedecerem a um padrão, tal como o cimento (algumas importações de França) ou cinzas vulcânicas (algumas importações de Itália). A concepção popular, junta com o comodismo, é de que são usadas da mesma maneira que o cimento e que podem ser aplicadas em todas as estações. Estas ideias precisam de ser clarificadas.

As cales devem ser armazenadas em seco e não devem ter mais do que seis meses de idade. Os sacos abertos ou danificados devem ser rejeitados. A mistura com os agregados e com a água devem ser feitas por um processo que permita a incorporação de ar. Uma betoneira com lâmina em espiral ou uma varinha misturadora são os ideias. Dez a quinze minutos de mistura, interrompidos durante cinco minutos para se deixar a mistura repousar. Muito crítico, o agregado deve ser muito bem calibrado. Este requisito de granulometria aplica-se a todas as argamassas e estuques e deve ser conforme às orientações recomendadas nos BS 1198, 1199 e 1200 "Specifications for buildings sands from natural sources" ⁶, por exemplo :

Percentagens retidas nas redes dos peneiros	
2.36 mm	10 %
1.18 mm	20 %
600 micron	20 %
300 micron	20 %
150 micron	15 %
>150 micron	15 %

⁶ "Especificações para a areia de construção de origem natural"

Estas cales são mais difíceis de trabalhar do que a cal em pasta ou a cal fracamente hidráulica. A prática de se adicionar uma colherada de cal em pasta para melhorar a sua plasticidade não necessita de ser regulamentada, mas é obviamente difícil de ser especificada e controlada. A inclusão de pedra calcária, especialmente de uma percentagem de cré ⁷ triturado, irá acrescentar alguma plasticidade e "gordura".

Em comum com as outras cales e apesar do facto de que estas cales fazerem presa debaixo de água, recomenda-se uma cura lenta, até cerca de uma semana. Não se deve trabalhar quando a temperatura estiver nos 5 ° C e a descer.

As cales moderadamente a eminentemente hidráulicas têm uma grande versatilidade e podem ser usadas em meios-fios, chaminés, protecções e pavimentos, assim como no assentamento de alvenarias, e na execução de massames e estuques. As suas propriedades de relativamente rápida presa e dureza inicial não devem ser confundidas com características superficialmente semelhantes às do cimento. Estas cales proporcionam uma boa permeabilidade ao vapor de água e a capacidade de acomodarem movimentos. Tendo em vista estas características, juntas com a sua boa resistência aos sais e ao gelo, é fácil compreender-se porque é que estas cales foram largamente utilizadas em trabalhos de engenharia e foram apreciadas desde os tempos mais antigos.

⁷ Chalk

Tabela 1. CARATERIZAÇÃO DAS CALES *

CLASSIFICAÇÃO DA CAL	Materiais argilosos activos	Tempo de Presa em Água	Tempo de extinção	Expansão	Cores Típicas
'GORDA' (também descrita como "pura" ou "com elevado teor em cálcio")	<6% tipicamente < 2 %	sem presa (pasta)	muito rápida	considerável	branca
MAGRA	<12% tipicamente < 6 %	sem presa (pasta)	rápida	muita (ex. 2 X)	branca branca suja
'MAGNESIAN' ("dolomítica")	tipicamente <10%	sem presa (pasta)	muito lenta	varia	branca branca suja
'FRACAMENTE HIDRÁULICA'	< 12%	< 20 dias	lenta	ligeira	branca suja cinzenta clara
'MODERADAMENTE HIDRÁULICA'	12% - 18%	15 - 20 dias	lenta	ligeira	cinzenta clara camurça clara
'EMINENTEMENTE HIDRÁULICA'	18% - 25%	2 - 4 dias	muito lenta	ligeira	cinzenta cinzenta escura castanha
'CIMENTOS NATURAIS'	30% - 40%	12 horas	muito lenta	ligeira	castanha desde clara a muito escura

* Baseada no DSIR Special Report N° 9 "Lime and Lime Mortars" 1927

LOUIS VICAT (1786-1861) introduziu o termo "cal hidráulica" em vez do anterior "cal aquática" usado por Smeaton e outros, e classificou as cales de acordo com a sua hidraulicidade. Esta classificação foi largamente aceite e é a que se usa nesta tabela.

Tabela 2. COMPOSIÇÕES DE ARGAMASSAS À BASE DE CAL HIDRÁULICA

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Cal Eminentemente Hidráulica	1	1	1							½
Cal Moderadamente Hidráulica				1	1	1				
Cal Fracamente Hidráulica							1	1	1	
Cal Não Hidráulica										½
Pó de Tijolo (reactivo)	½			½			½			½
Areia angulosa bem calibrada	1½	2	2	1½	2	2	½	2	2	1
Areia arredondada			1/2			½			½	½
Calcário poroso ou Pó de Tijolo	½	1	1½	½	1	1½	½	1	1½	1
Traço (volumétrico)	1-2½	1-3	1-4	1-2½	1-3	1-4	1-2½	1-3	1-4	1-3

As dosagens para argamassas constantes da Tabela 2 são recomendações baseadas na prática, mas embora estejam em conformidade com as recomendações genéricas dos fabricantes, não devem ser tomadas como literais em todas as circunstâncias. Já foi devidamente assinalado que a selecção do agregado é de vital importância. Uma areia lavada, bem graduada e angulosa é a espinha dorsal deste ingrediente, enquanto que os outros agregados tem papéis importantes, mas complementares.

O pó de tijolo é um agregado de cozedura a baixa temperatura (<105° C) com partículas finas (<100 microns) que vai reagir com a cal livre para formar um material pozolânico. Os ensaios laboratoriais e em obra demonstraram que ele favorece a resistência ao gelo, se bem que uma elevada percentagem vá aumentar a porosidade e possa tender para diminuir a flexibilidade.

A areia arredondada é um auxiliar da trabalhabilidade e pode contribuir significativamente para a cor final.

O calcário poroso ou o tijolo são adicionados para auxiliarem a carbonatação e, por humificação prévia, para alimentarem a mistura com água e retardarem a secagem. Além disso, eles ajudam ao desenvolvimento de uma estrutura macroporosa que potencia a resistência contra a cristalização de sais e contra os danos pelo gelo. A sua granulometria deve ser similar à da areia. 15 % de pó de calcário (abaixo dos 150 microns) irá melhorar a trabalhabilidade. Os calcários adequados são os de Portland, Bath, Cotswold ou Lincolnshire. Apesar de impermeáveis, os calcários compactos são inadequados.

Cada grupo da tabela representa uma diminuição de resistência mecânica, mas um aumento de flexibilidade (por exemplo : M1, M2, M3). No entanto, estes termos são relativos; a grande vantagem da utilização das cales hidráulicas é que elas têm muitas das vantagens e poucos dos inconvenientes quer da cal aérea, quer do cimento.

PROBLEMAS DAS CALES HIDRÁULICAS

Depois de muitos anos de más aplicações, seria surpreendente que não tivessem sido cometidos erros com a cal hidráulica, especialmente quando as especificações são escassas e a experiência limitada. Infelizmente, é da natureza humana culpar os materiais quando as coisas correm mal. Em geral, e no entanto, os problemas conseguem ser evitados se :

- empregarmos algum tempo a ler acerca e a compreender o material;
- existir uma completa e pormenorizada especificação cobrindo os materiais e o trabalho, com total referência às instruções do fabricante;
- for seleccionado um empreiteiro experiente com pessoal experiente;
- for analisado o material por comparação com as noas técnicas do fabricante;
- forem executadas amostras do trabalho para aprovação, incluindo-se dosagens e procedimentos de aplicação;
- respeitada uma cura lenta;
- exercida uma supervisão apertada.

A experimentação deve ser encorajada, mas não faz parte de nenhum contrato de construção ou de conservação de um edifício.

NORMAS DAS CALES HIDRÁULICAS

O British Standard BS890 : 1995 "Specification for Building Limes" ⁸ cobre as cales de cálcio, dolomítica e semi hidráulica, mas exclui as outras cales hidráulicas. Esta norma irá ser substituída por uma nova norma baseada no BS EN 459 – 1 que irá abranger as cales hidráulicas (BS EN 459 – 1 1994 Building Lime Part 1 : Definitions, specifications and conformity criteria ⁹).

SUMÁRIO

As cales hidráulicas têm um excelente registo na história da construção e só passaram a estar ausentes da indústria da construção no Reino Unido desde os últimos trinta anos. Desde que a origem da pedra seja bem seleccionada, a calcinação seja cuidadosamente controlada e a hidratação, amassadura, aplicação e cura adequadamente executadas, as cales hidráulicas apresentam um desempenho consistentemente bom, numa larga gama de trabalhos.

A expressão "cal hidráulica" cobre materiais que variam em propriedades tais como tempos de cura e desenvolvimento da resistência, mas elas não devem ser nunca encaradas ou usadas como um substituto do cimento. Cal é cal. Trabalhabilidade, fraca retracção, resistência aos sais e ao gelo, resistências à compressão e à flexão adequadas, são as características destes materiais. Eles têm uma longa história e um historial de bom desempenho registado pelo menos desde 1750. Em 1997 deu-se o renascimento da produção Britânica e alguns excelentes materiais são importados do continente, tal como já o eram desde o século XVII. Estes materiais merecem ser novamente conhecidos, quer para a manutenção de edifícios históricos, quer para a construção nova.

BIBLIOGRAFIA

- Searle, Alfred B, *Limestone and its Products, Their Nature, Production and Uses*. Ernest and Benn Ltd 1935
- Vicat, Louis J, *A Practical and Scientific Treatise on Calcareous Mortars and Cements*. Traduzido para ingles por J T Smith. John Weale, 1837
- Pasley Sr CW, *Observations on Limes, Calcareous Cements, Mortars, Puzzolanas, Natural and Artificial, together with Rules deduced from Numerous Experiments for Making an Artificial Water Cement Equal in Efficiency to the best Natural Cements of England*. 2nd Edition, John Weale Architectural Library, 1847
- Smeaton, John, *A Narrative of the Construction of the Eddystone Lighthouse in Stone*. Traduzido para inglês por H Hughes, 1791
- Holmes, Stafford and Wingate, Michael, *Building with Lime*. Intermediate Technology Publications, July 1997
- Nicholson, Pete, *The Builder's and Workman's New Director*. Fullerton, London 1845
- English Heritage, *The Lime Directory*. Donhead Publishing. February, 1997
- Ashurst, John, *Mortars, Plasters and Renders in Conservation*. Second Edition. Easa Publication, July 1997
- Baines, Frank, *'Report on the Use of Limes and Sands for Pointing.'* pp76-93, 100-01 Appendix II, Relatório do Inspector para os Ancient Monument, para o "Year Ending March 1913": pp102-117 Appendix III, General Institutions to Foremen in Charge of Works of Preservation. HM Office of Works, Ancient Monuments and Historic Buildings.

⁸ Especificação para Cales de Construção

⁹ Cal para Construção Parte 1 : Definições, Especificações e Critérios de Conformidade

AUTOR

JOHN ASHURST DArch RIBA EASA (Hon) é um arquitecto que trabalha há mais de 25 anos para a English Heritage, e para os seus predecessores na salvaguarda dos monumentos antigos e das edificações históricas. Mais recentemente, foi Director dos Historic Building and Site Services, na Bournemouth University, e é actualmente Director da Resurgam, uma divisão da Hutton + Rostron Environmental Investigations, Limited.

Hutton + Rostron Environmental Investigations, Limited, Netley House, Gomshall, Surrey GU5 9QA, England. Tel 44 (0) 1483 203221