

O solo-cal: uma visão histórica e documental

Mário Mendonça de Oliveira

PPG-AU/Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo
EPUFBA/Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia
NTPR/Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração
Rua Aristides Novis, 2 (Federação) CEP. 40 210-630 – Salvador, Bahia - BRASIL.
Tel.: +55 71 3203 9858; Fax: +55 71 3359 2637; E-mail: mmo@ufba.br

Tema 2: Conservação e Patrimônio.

Palavras-chave: solo-cal, memória do solo-cal, história do solo-cal.

Resumo

Partindo-se da constatação da necessidade cultural do resgate da memória do antigo **fazer**, procura-se demonstrar a importância do emprego do solo-cal nos edifícios, desde a antiguidade até os tempos modernos. Nesta investigação documental, dentro dos limites admitidos pela comunicação, busca-se entender as afirmativas claras ou sugestões do uso deste material e para subsidiar esta regressão, procura-se também entender o porquê da falta de recomendações desta técnica nos tratados clássicos mais antigos de arquitetura, desde o *De architectura* de Vitruvius Pollio, até o texto de Scamozzi. Através deles são comentadas e interpretadas referências, explícitas ou veladas, feitas em alguns textos que recomendavam o uso da cal como estabilizante do solo, não somente de autores do Renascimento, como de proeminentes engenheiros militares. Sobre estes últimos, que pontificaram como os grandes construtores dos séculos XVII e XVIII, enfatiza-se a decisiva contribuição para o emprego do solo-cal, entre os quais alguns portugueses que passaram a sua vida no Reino, mas também outros que exerceram a sua profissão no Além-mar. Para finalizar o argumento são apresentadas e comentadas algumas análises laboratoriais preliminares de materiais de construção, de terra, onde foram encontrados indícios de utilização da cal como estabilizante, tanto em obras fortificadas muito antigas, quanto em construções do século XIX.

1. Considerações iniciais

Seria até ocioso destacar a importância da cal e do cimento portland como estabilizantes do solo, cujo emprego se consagrou em diversos setores da construção civil, até mesmo na arquitetura moderna, que se tem valido deste expediente para obter um material confiável e de baixo custo. É, por isto mesmo, assunto assaz estudado do ponto de vista científico e tecnológico, mas, como ciência, não anda ou não deveria andar sem a cultura. Há cabimento, sempre que se avança na investigação dos materiais, procurar lançar um olhar sobre o passado, pois, como dizia Philibert de l'Orme, isto seria necessário *pour rendre raison de ce qu'il fait, & cognoistre les causes, & progres d'une chacune chose appartenant à l'Architecture* (ORME, 1561: 10) (1). Isto significa o resgate da memória do **fazer** e uma contribuição para a historiografia da ciência e da arquitetura. Como, porém, o cimento é de memória mais recente, vamos refletir neste texto somente sobre a cal.

Sabe-se que, embora se conheçam, razoavelmente bem, as propriedades físicas do emprego dos referidos aditivos ao solo, ainda temos que avançar muito no conhecimento do que se passa na intimidade do material e de muitos dos fenômenos químicos que se manifestam com tais misturas. Grosso modo, conviria lembrar que, principalmente em virtude da dimensão das partículas dos argilominerais do solo e da sua estrutura lamelar, os cátions (de maneira particular do Ca^{++} e do Mg^{++}), que fazem parte da cal, provocam a saturação dos argilominerais do solo, aumentando-lhes a estabilidade. Suspeitemos, todavia, que outros elementos componentes da mistura

possam ter alguma influência no processo, através de resultados que obtivemos em estudos sobre composição de cales (OLIVEIRA et al. 2000: 511-516). Sabe-se, igualmente, que desta mistura são detectadas formações de neo-silicatos e aluminatos hidratados de cálcio, que são positivas para a melhoria das propriedades do solo, levando-se também em conta que há certa contribuição da carbonatação do $\text{Ca}(\text{OH})_2$, a substância básica da cal apagada (extinta) (OLIVEIRA et al., 1990: 166-170).

2. As fontes históricas do processo

A intuição e o empirismo que comandaram o desenvolvimento das ciências no passado nos induzem a pensar que o método e as vantagens de se utilizar o solo-cal deveriam ter tido um emprego destacado desde a mais remota antiguidade, pois os construtores não poderiam ter deixado de observar a mudança de propriedades do terreno que se encontrava em contato com a cal, especialmente nas “fossas” onde ela era extinta. Note-se que os romanos, por exemplo, dominavam conhecimentos muito mais sofisticados, como o emprego das terras vulcânicas e dos pós de cerâmicas nas argamassas (Vitruvius Pollio: 1041), em virtude de suas propriedades pozolânicas. Contudo, mestre Vitruvius é de um silêncio tumular sobre o emprego da cal com a terra para serem usados, em conjunto, como material de construção, talvez porque não recomendasse o uso da terra nas construções urbanas, doutrina acompanhada pelos tratadistas e seus seguidores, o que pode explicar o distanciamento destes escritores do assunto. Isto não impediu que muitos outros povos, entre eles nossos ancestrais portugueses, a semelhança dos mouros que se instalaram na península ibérica, empregassem largamente as construções de terra, e não apresentassem qualquer restrição ao emprego das argamassas de barro (2), o que fizeram muito bem.

Mas, tornemos ao nosso argumento. Refere-se Epitácio Guimarães, um dos defensores incondicionais da cal no Brasil, que o solo-cal foi empregado na Via Ápia feita pelos romanos e em algum local da muralha da China (GUIMARÃES, 1997: 23), ambas em período pré-cristão, sem contudo explicitar a origem de suas afirmativas. Conhecemos, porém, referências um pouco mais precisas que nos foram dadas por Orlandos, quando comenta informações de Plutarco sobre a execução de muralha de proteção da cidade de Atenas (PLUTARQUE, 1951: 1095). Estas defesas foram parcialmente executadas em terrenos úmidos e pantanosos graças à estabilização feita com cal, segundo uns tradutores, ou com calhaus (pedras de mão), segundo outros. A razão desta divergência está no termo **χάλιξ** (feminino singular) a que ele admitiu o significado tardio de **cal**, enquanto a declinação em masculino plural era a forma como Plutarco se referia a **calhaus**, como chamam a atenção ilustres exegetas do famoso historiador, entre eles Nissen e Blümner. Complementa o comentário dizendo que *é mais natural secar terras pantanosas com calhaus, como nos nossos dias, do que com cal* (ORLANDOS, p.137). Confessamos, quanto a este particular, que não estamos muito de acordo porque são por demais conhecidos, pelo menos na América do Sul, os procedimentos de colocar cal em cavas abertas, até o plano de apoio de fundações, quando alguns terrenos demonstram certa insuficiência para suportarem as cargas de uma construção. Não faz pouco tempo, propusemos, no restauro da nossa Igreja quinhentista de N.S. da Escada, a aplicação de cal para minorar os efeitos de um solo com presença de montmorilonita (o nosso *massapé*).

Comprovado arqueologicamente, Roland Martin nos informa sobre uma espécie de taipa de pilão encontrada em uma casa nas vizinhanças da baía de Skardhana, *apresentando uma interessante particularidade: sobre um embasamento de pedras repousam camadas de argila com altura aproximada de 7cm e separada por finas camadas esbranquiçadas; estas últimas comportavam sem dúvida uma forte proporção de cal ou de gesso [...]* (MARTIN, 1965: 48). Isto faz sentido, principalmente

se o material disponível era a cal em pasta, porque seria difícil a sua mistura com a terra da taipa, mas tudo indica que ela iria migrar para a camada de terra apiloada, que era pouco espessa, trazendo-lhe efeitos estabilizantes. Embora carente de referências documentais escritas, o emprego da cal como estabilizante pode ser comprovado com muita frequência, quando estudados os restos arqueológicos de construção com terra o que nem sempre é investigado.

Verificamos que algumas passagens de tratados italianos antigos podem até deixar alguma controvérsia entre os estudiosos, quando falam da mistura de *ghiara* ou *iara* (formas antigas de **ghiaia**, do latim *glara maiuscula*) com cal para fazer o respaldo de cabeças de estacas em fundação ou para completar o vazio que fica entre as paredes de um poço e a escavação (MARTINI: 8 e 13). É que, na maioria dos dicionários, a tradução do termo para português é **saibro**, termo que veio originariamente do latim *sabulo-nis*, e que quer dizer gravilhão ou areia muito grossa, que assumiu uma pequena mudança de significado em alguns locais onde se fala a língua portuguesa, como se pode observar da referência do padre Vasconcellos no Século XVIII: *Tambem se usa, novamente, nesta cidade de Lisboa, acharem os pedreiros huma terra vermelha, que chamão saibro, a qual alguma area tem misturada, (ainda que muito pouca) e se vê pela experiencia, que faz boa liga com a cal; e levando deste saibro meya parte, e outra meya de area de mina, tambem faz bom misto, e conglotina bem, levando a sua conta da cal [...]* (VASCONCELLOS, 1733: 377-378). Observe-se que o dicionário de Aurélio diz textualmente para a palavra **saibro**: *Mistura de argila e areia grossa*. Em resumo, estamos já um pouco distantes do significado original.

3. A contribuição da engenharia militar

A situação começa a tomar diferentes contornos quando passamos para a era dos engenheiros militares e dos fortificadores, momento em que os fatores da velocidade, do custo e do benefício tornaram-se fundamentais. Por outro lado, a construção de terra de muralhas deveria estar quase sempre ao relento, condição difícil para ser suportada por uma taipa comum. Para o Brasil, o primeiro testemunho escrito das boas propriedades do solo-cal vem do Mestre Luiz Dias que embarcou, em 1549, com Tomé de Souza para fazer a *fortaleza forte*, que seria a Cidade do Salvador, Capital da América Portuguesa. Para testemunhar este conhecimento, quando fala, em uma de suas missivas, sobre inspeção feita às muralhas recém-construídas de Salvador, desconfiando de sua qualidade, diz: [...] *eu com um dardo que trazia na mão as desmanchava [...] eram muitos altas para taipa sem cal* (CARNEIRO, s/d: 65).

Entre os engenheiros italianos, que foram os tratadistas mais influentes da primeira fase da nova castramentação abaluartada, quem melhor divulgou, nos primórdios, o gosto pela construção em terra foi o Capitão Giovanbatista Bellucci, reconhecido inclusive pelos seus colegas. No século XVI, porém, as notícias claras sobre o tema do nosso interesse são assaz difusas e o próprio engenheiro quinhentista diz somente: *& poi che farrà trita [a terra] si li darà l'acqua lassando stare in molle per certo spatio che si disolva e poi dimenarla a uso di calcina, la qual se possa mettere la piotta, & murare a uso di calcina [...]* (BELLICI, 1595: 21). Convenhamos que é muito pouca referência para quem dedicou muitos capítulos para a construção com terra. Além do mais, o texto dá a entender que era mais uma argamassa de cal e barro, a ser empregada como auxiliar da construção de “torrão” ou *sespedes*.

No século XVII, entretanto, as notícias do emprego do solo-cal tornam-se mais explícitas nos textos dos engenheiros militares, sobre os quais temos que restringir a nossa exemplificação a alguns notáveis ou cuja influência foi mais direta em nossa técnica de construção. Um destes notáveis, por exemplo, foi o Cavaleiro de Ville que

nos dá notícia de uma espécie de adobe com solo-cal para construção de muralhas (VILLE, 1680: 90). Por outro lado este destacado engenheiro francês foi, como muitos nomes importantes da escola holandesa seiscentista da castramentação, foram de decisiva importância na formação do representante máximo da engenharia militar portuguesa desta época, o tratadista Luís Serrão Pimentel. Este, mesmo que não se tenha dedicado muito ao tema dos materiais, pois era mais afeito à especulação, informa-nos de que *para melhor se sustentarem [as canhoneiras] sem grande escarpa a fim de não ficarem muito abertas na parte superior será bom revesti-las de adobes, ou com uma camisa de argamassa, ou taipa, que leva a cal, & areia como sabe' obrar os Artífices de semelhantes obras* (PIMENTEL, 1680: 132). A partir do século XVIII, com maiores facilidades e desenvolvimento da editoração de livros, o assunto do solo-cal torna-se mais freqüente nos textos que tratam da construção. Santiago (2001) cita alguns deles com de Augustin Charles d'Aviler, do jesuíta austríaco Christiano Rieger, do português Alexandre António das Neves (3) e outros. Neste século o grande mestre da engenharia militar portuguesa Manoel de Azevedo Fortes, à semelhança do que recomendava Serrão, estabelecia para a construção das cortinas das defesas que: *o revestimento interior do parapeito deve ser de formigão, ou ao menos de teijolo, e o mesmo se deve praticar no revestimento interior da praça alta e também sobre os parapeitos das estradas cobertas: deixando-lhe a grossura necessária sobre a mais alta banquetta para se revestir de formigão* (FORTES, 1729: 290 e 300, v. II) entre outras referências. Observe-se que nesta altura o termo **formigão** era de uso consagrado, não necessitando de maiores explicações na linguagem dos engenheiros militares. Era taipa de pilão estabilizada com cal ou taipa de uso militar. Alguns historiadores da arquitetura brasileira quiseram atribuir o significado à palavra de taipa de pilão feita com pedregulho, o que não corresponde à realidade semântica. Pinho (2000: 139) dá exemplos de composições de *formigão* nos quais, partindo-se sempre da cal como estabilizante (ou ligante?) eram adicionados saibro e/ou argila, areia e por vezes cinzas de carvão de pedra e cerâmica pulverizada, material a ser adensado entre taipais.

4. Referências brasileiras

Quando o Mestre-de-Campo Engenheiro Miguel Pereira da Costa, alentejano de nascimento e de coração, chegou a Salvador em 1710 encontrou um sistema defensivo de terra, na sua maioria construído a partir de 1640. O seu colega João Coutinho tinha projetado em 1685 uma reforma destas defesas, que começaram a ser executadas em terra, depois de discussões infundáveis, com um espécie de encamisamento de solo-cal. As falcatruas tão comuns nas obras públicas de então (e de hoje!) fizeram Miguel observar escandalizado as nossas cortinas escrevendo que: *Esta Muralha he de formigão com largura de palmo, e meyo q' he pouca p.^a sustentar o pezo do terraplano, rezistir á inclemencia do tempo, ao estrondo da artelhr.^a em occazião de salvas, e á bateria inimiga se algum dia lhe puzeçem; ainda desta grossura lhe diminuião os empreiteiros, e visiarão os materiais, cauza porq' houve aquellas ruinas* (4). Convenhamos que, com um muro de arrimo de taipa estabilizada, de palmo e meio (correspondente a um pé ou 0,33cm) de espessura, para suportar um terraplano é um milagre que tenha alguma coisa sobrevivido ao próprio momento da construção, se considerarmos que este terraplano deveria ter, no mínimo, 1½ a 2 braças (3,30 a 4,40m). Se alguém tivesse dúvida sobre o significado do termo *formigão*, bastaria escutar o que disse Velloso (5): *fazem-se tambem em falta de pedra as muralhas de formigão, a sua materia he terra e cal dentro dos mesmos taypays como a taypa; a terra para esta obra quanto mais groça, arienta, e com mistura de pedrinhas, e cascalho tanto melhor; deve levar ao menos a terça parte de cal, e se levar a metade, a saber dous sestos de terra e hum de cal será melhor*. É interessante observar a quantidade

exorbitante de cal empregada fazendo com que o material não fosse praticamente um solo-cal, mas uma argamassa de cal e terra. Nestas condições, o fator da carbonatação deveria influir muito mais do que as reações com os aglomerados do solo.

5. Alguns exemplos observados

Estes exemplos não são uma investigação sistemática da presença da cal como estabilizante das construções de terra. São uma provocação para chamar a atenção dos que se ocupam da preservação do patrimônio ou dos estudos arqueológicos, para que procurem observar, sempre, através de ensaios adequados, a presença da cal, principalmente nas taipas de pilão.

A primeira das ocorrências que citamos nesta exemplificação vem de pequenas amostras que, por curiosidade, removemos do pavimento de terra (nível islâmico) do castelo mouro de Paderne e de uma de suas paredes, em quantidades modestíssimas para uma observação mais ampla. Evidentemente, não desejávamos ser confundido com algum vândalo! No NTPR, observando que havia forte efervescência com ataque ácido e chegamos a avaliar os componentes destas amostras de construção de terra decompondo-as com HCl diluído, encontrando em uma delas um percentual, em massa, de ligante de 82%, de finos (argila e silte) 10,6% e de areia 7,3%. Em outra amostra, encontramos 69,24% de ligante, 4,36% de finos e 26,4% de areia. Se, por acaso, não foi utilizada algum agregado miúdo **de origem carbonática** na mistura, o que estaria confundindo os resultados, a presença de cal é apreciável. Cabe aos colegas portugueses investigar, se é que já não o fizeram.

Faz alguns anos que encontramos, em restauro sob a nossa responsabilidade na Ilha das Vacas, Baía de Todos os Santos, um adobe estabilizado com cal fabricado, possivelmente, no Século XIX, (Fig.1). Nele encontramos uma quantidade apreciável de material carbonático (20,54%, em massa) (OLIVEIRA, et al., 1990: 168). Sobre este particular, tem-se notícia de que, em Portugal, se empregou até pouco tempo adobe estabilizado com cal. Mais recentemente, na restauração da Fortaleza do Santo Cristo, Belém do Pará (Fig.2), em uma das paredes de taipa de pilão (possivelmente do Século XVII), observamos alguma efervescência do material, que não poderia ser explicada naquele tipo de solo, salvo se aditivado com cal. Infelizmente, a celeridade dos trabalhos e a distância nos impediram de maiores aprofundamentos.

6. Conclusões

- Em relação ao emprego da cal como estabilizante das construções de terra, embora as referências documentais não sejam abundantes, na prática parece ser um procedimento freqüente, especialmente nas taipas de pilão e muito mais antigo do que se pensa.
- A divulgação das práticas de estabilização com cal foi mais intensa com o aparecimento da figura dos engenheiros militares e da nova arquitetura abaluartada, em virtude de a terra estabilizada ser a melhor solução para encamisar cortinas, especialmente os parapeitos, porque absorviam os projéteis evitando os inconvenientes dos parapeitos de pedras e os de tijolos, que desprendiam fragmentos de material que injuriavam os defensores.
- O solo-cal e o solo-cimento alargam a estrada do emprego da terra na construção, em virtude de aumentarem significativamente a resistência deste material ao intemperismo.
- O restauro das estruturas de terra estabilizada passa pelo conhecimento das técnicas antigas de estabilização, pois sua reintegração deve, na medida do possível, seguir os procedimentos tradicionais, embora com o eventual emprego de instrumentos de operação e consolidantes mais modernos.

Bibliografia

- BELLICI, Giovan Battista (1598): *Nuova Inventione di fabricar fortezze di varie sorte in qualunque sito*, Roberto Meietti, Venetia.
- CARNEIRO, Edison (s.d.): *A cidade do Salvador (1549) uma reconstituição histórica*. 2ª ed., Econômico e Administração, Salvador.
- FORTES, Manoel de Azevedo (1729): *O engenheiro portuguez*, Manoel Fernandes da Costa, Lisboa.
- GUIMARÃES, José Epitácio Passos (1997): *A cal*, Pini, São Paulo.
- MARTIN, Roland (1965): *Manuel d'architecture Grecque - matériaux et techniques*. A. et J. Picard, Paris.
- MARTINI, Francesco di Giorgio (1967): *Trattati di architettura Ingegneria e arte militare*. Organizado por Corrado Maltese e transcrito por Livia M. Degrassi, Il Polifilo, Milano.
- OLIVEIRA, Mário M., SANTIAGO, Cybèle C. e D'AFFONSECA, Silvia P. (1990): The Study of accelerated carbonation of lime-stabilized soils, em International Conference on the conservation of Earthen Architecture, The Getty Conservation Institute Las Cruces, New Mexico, USA, US/ICOMOS, Los Angeles. p. 166-170.
- OLIVEIRA, Mário M., SANTIAGO, Cybèle C. et al. (2000): Comparative Study of limes used in ancient mortars. Em Quarry – Laboratory – Monument International Congress Pavia 2000, Gianpaolo Calvi & Ugo Zezza, Pavia. p.511-516.
- ORLANDOS, A. (1966): *Les matériaux de construction et la technique architecturale des anciens Grecs*, E. de Boccard, Paris.
- PINHO, Fernando F. S. (2000): *Paredes de edificios antigos em Portugal*, LNEC, Lisboa.
- ORME. Philibert de l'. (1567): *Le premier tome de l'architecture de Philibert de l'Orme*, Chez Frederic Morel, Paris.
- PIMENTEL. Luis Serrão (1680): *Methodo lusitanico de desenhar as fortificações das praças regulares, & irregulares*, Antônio Craesbeeck de Melo, Lisboa.
- PLUTARQUE (1971): *Les vies des hommes illustres*, Gallimard, Paris.
- POLLIO. M. Vitruvio (1997): *De architectura*. Gros, Tradução e comentários de Antonio Corso e Elisa Romano, Giulio Einaudi, Torino. p. 1562, v.2.
- SANTIAGO, Cybèle C. *Estudo dos materiais de construção de Vitruvius ao Século XVIII*. (2001): Universidade de Évora, Évora. Tese de doutoramento.
- VASCONCELLOS, Padre Ignacio da P. (1733): *Artefactos symmetricos, e geometricos*, Joseph Antonio da Sylva, Lisboa Occidental.
- VILLE, Antoine de. (1640): *Les fortifications du Chevalier Antoine de Ville*, Chez Philippe Borde, Lyon.

Notas

(1) Conservamos a grafia francesa do século XVI substituindo somente o “u” quando equivalia a letra “v”. O mesmo procedimento adoptamos para os textos em italiano antigo.

(2) Procedimento inaceitável para Vitruvius e seus seguidores.

(3) Este autor, na realidade, fazia uma crítica ao emprego do solo-cal para uma determinada finalidade dizendo que as propriedades que se lhe atribuíam não poderiam ser explicadas pela química (ciência que, pelo contrário é a que explica o comportamento da mistura).

(4) Biblioteca Nacional da Ajuda, Lisboa: Manuscritos avulso: [54-IX-8] - n° 60

(5) Diogo da Sylveira Velloso, português de nascimento, foi engenheiro militar da Praça de Recife, Pernambuco, chegando ao posto de Brigadeiro. Ele escreveu um tratado de engenharia, possivelmente para uso da Aula Militar local, cujo manuscrito intitulado *Architectura militar ou Arte pratica da Fortificação moderna* encontra-se na Biblioteca da Ajuda: [49-III-3].

O solo-cal: uma visão histórica e documental

Mário Mendonça de Oliveira

Observação: Deverão ser enviadas no máximo 4 imagens inseridas em ficheiro com respectiva figura e quando enviadas por e-mail ou CD deverão ser anexas individualmente com o título da figura a que se referem (Fig.1, Fig.2, etc.) e com uma resolução de 300 dpi por cada imagem, assim como dimensão mínima de 8cm de comprimento.

Figuras



Fig.1 – Casa de propriedade da família Mariani, na Ilha das Vacas, Baía de Todos os Santos. Durante a restauração foi observado que as paredes divisórias eram de adobe estabilizado com cal.



Fig.2 – Fortaleza do Santo Cristo ou do Castelo, na Cidade de Belém, Pará. Encontrou-se nela, durante o restauro, paredes de taipa de pilão estabilizadas com cal (século XVII ou XVIII). O Edifício ao fundo era o Hospital Militar projetado pelo famoso Capitão Antônio Landi, no Século XVIII. É construído de tipa de pilão e de sopapo. Foto: SECULT-PA.