



WORKSHOP APLICAÇÃO DE PEDRA POMES E POZOLANAS

WORKSHOP APLICAÇÃO DE PEDRA POMES E POZOLANAS

O USO DAS POZOLANAS NO BETÃO

Sara Medeiros

Organizado por:



Carotes de betão



Ponta Delgada,
Açores
21 de Março de 2019



POZOLANAS - CONCEITO

Diversos autores relacionam o nome Pozolana com a região de Pozzuoli, situada na área de Nápoles, próximo do monte Vesúvio e onde existe uma rocha vulcânica com propriedades pozolânicas.



ASTM C 593 – 06 (2011)

- São materiais siliciosos ou silico-aluminosos amorfos;
- Por si só possuem poucas ou nenhuma propriedade cimentícia (propriedades aglomerantes e hidráulicas);
- No entanto, quando finamente divididos, em presença de água e a temperaturas ordinárias, os seus constituintes reagirão quimicamente com o hidróxido de cálcio originando compostos estáveis na água e com propriedades aglomerantes.

POZOLANAS – REAÇÃO POZOLÂNICA

- A reação pozolânica é a “capacidade de um material em se combinar quer com o hidróxido de cálcio quer com os constituintes do cimento hidratado” (Sousa Coutinho, 1958).

(Velocidade de reação lenta – dias a meses)



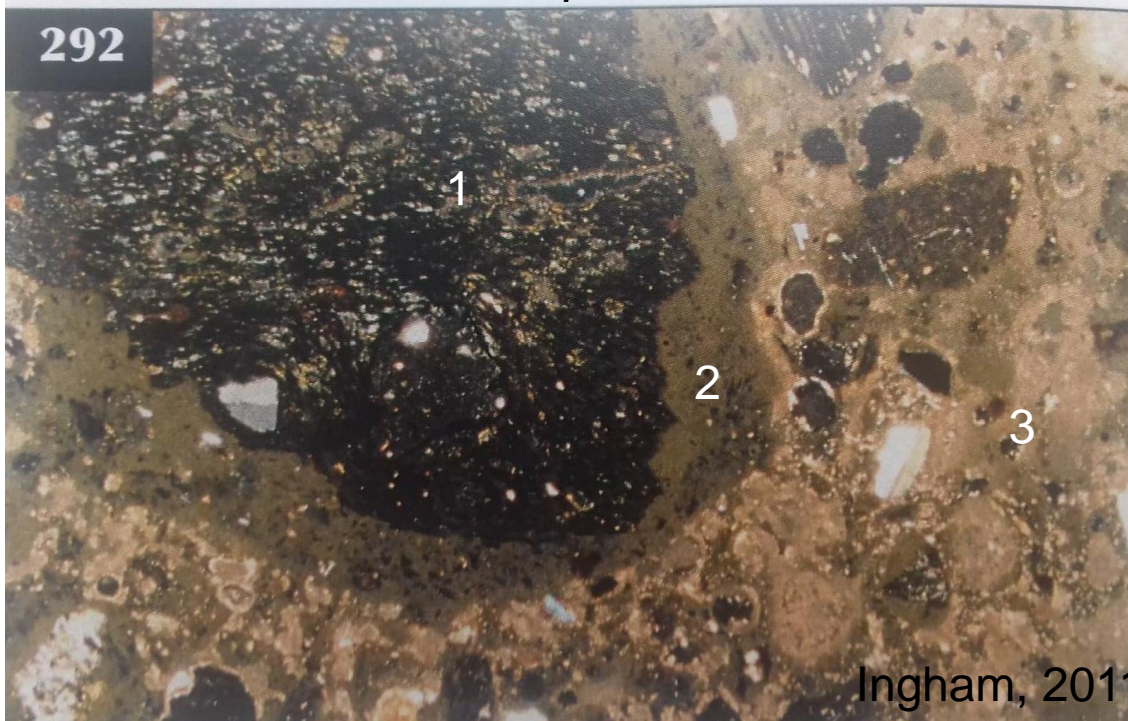
CH = Hidróxido de cálcio

H = água

S = SiO_2

C-S-H = silicatos de cálcio hidratado

Betão romano de um porto na Grécia

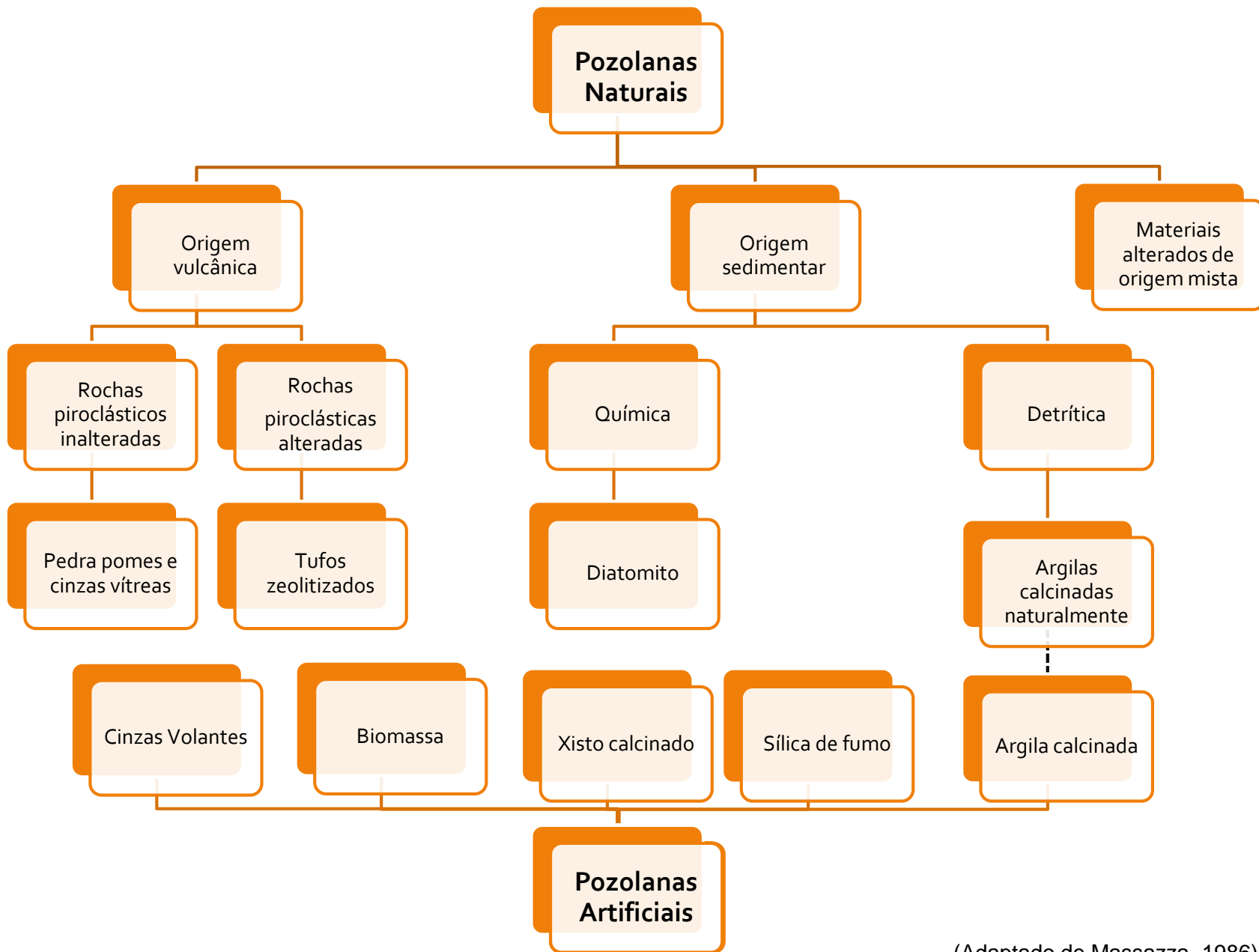


1. Agregado de pedra pomes

2. Orla de reação (reação pozolânica)

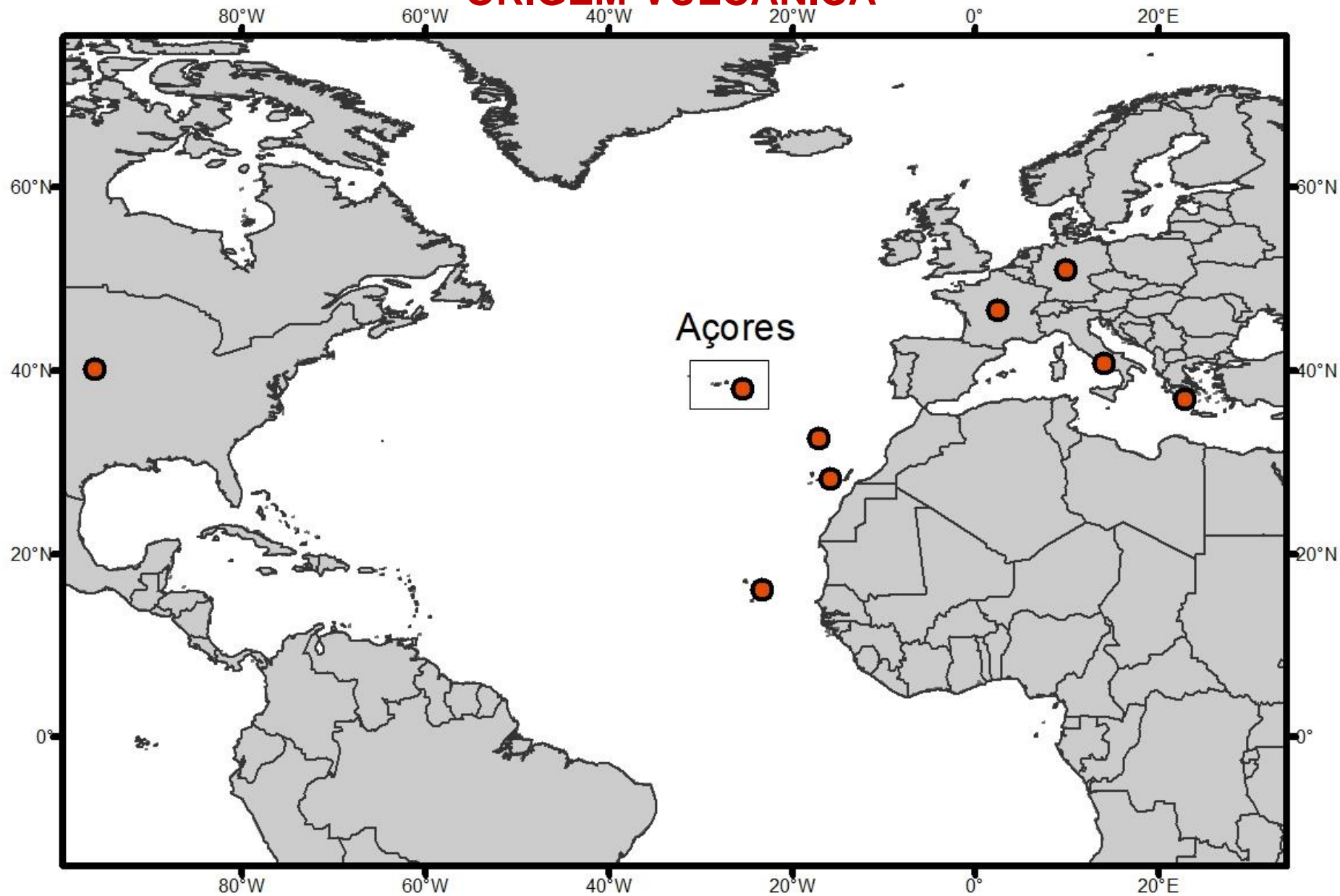
3. Ligante (carbonated lime binder)

CLASSIFICAÇÃO DAS POZOLANAS



(Adaptado de Massazza, 1986)

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DE POZOLANAS NATURAIS DE ORIGEM VULCÂNICA



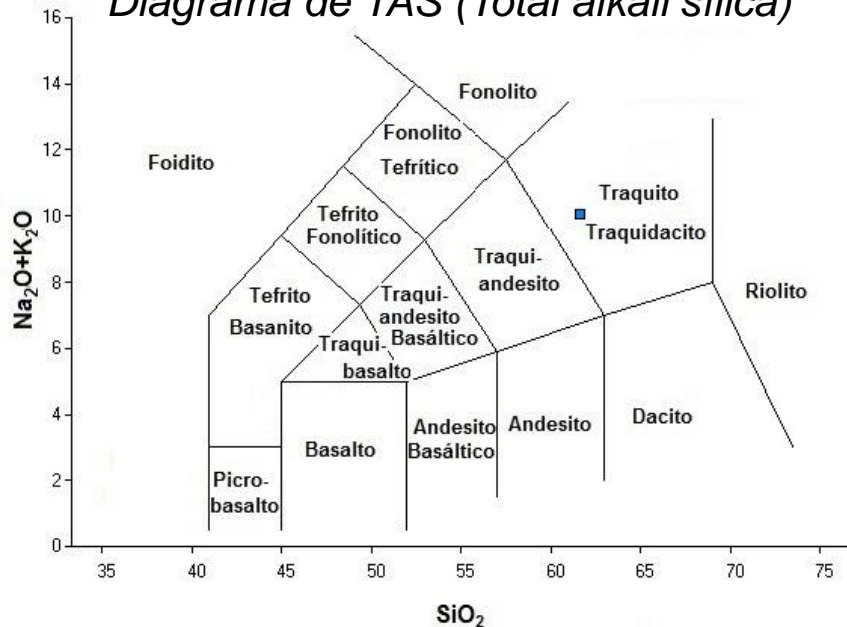
POZOLANA NATURAL DOS AÇORES

Pedreira do Pedregal



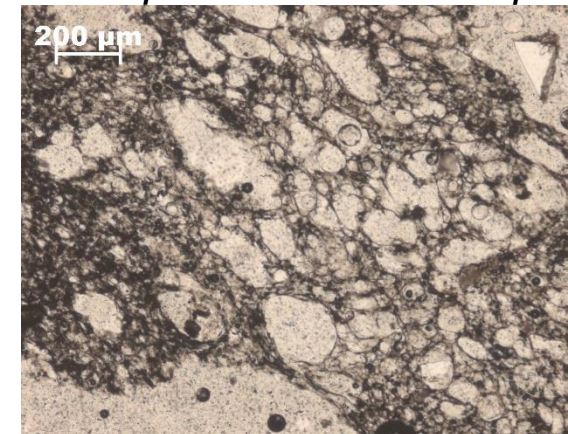
Pozzolana

Diagrama de TAS (Total alkali sílica)



$\text{SiO}_2 = 58,54\%$
 $\text{Al}_2\text{O}_3 = 17,3\%$

Pedra pomes ao microscópio



POZOLANAS NATURAIS

Breve história

- Restos arquitetônicos da **civilização minoica** (2000-1500 BC), em Creta, mostraram evidências do uso combinado de cal e materiais finamente moídos reativos (alumino) silicatos para produzir argamassas de cal **mais fortes e duráveis**, adequados **à prova de água**.
- Há evidências do uso de “terra” de Santorini (pozolana) e de outros materiais vulcânicos pelos **antigos gregos** que data pelo menos 500-400 BC, como é o exemplo da antiga cidade de Kamiros de Rodes (Snellings et al., 2012).
- o conhecimento sobre a elaboração de argamassa e betão foi adotado e melhorado pelos romanos

POZOLANAS NATURAIS

Breve história

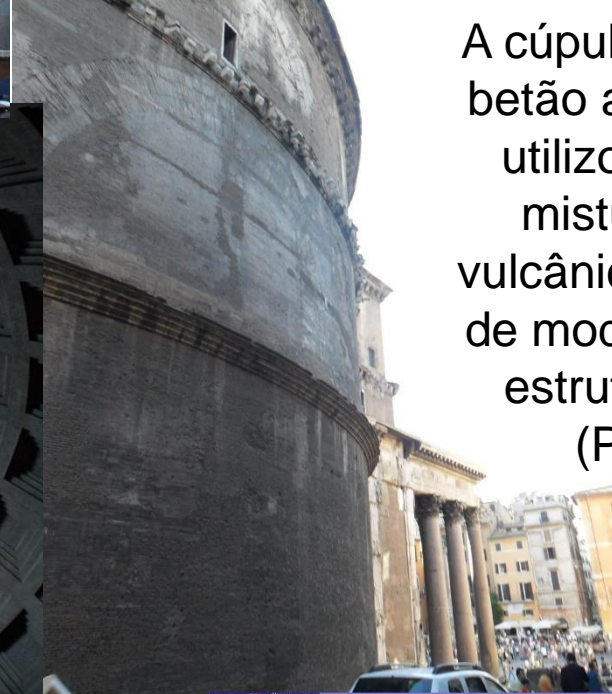
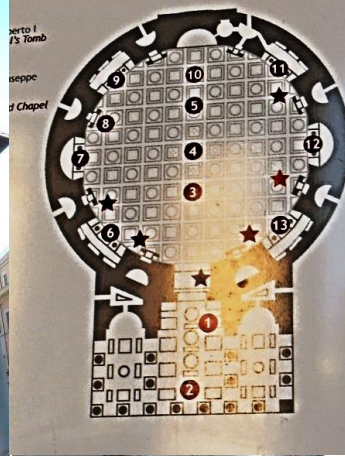
- Vitruvius (arquitecto romano) afirmou o seguinte: *Existe um tipo de areia em pó [pulvis, pozolana] que, por sua natureza, produz resultados maravilhosos. Encontra-se no bairro de Baiae e nas terras dos municípios ao redor do Monte Vesúvio. Este material, quando misturado com cal [calx] e cascalho [caementum], não só fornece força a outros edifícios, mas também, quando os pilares são construídos no mar, eles se põem sob a água ... e nem as ondas nem a força de a água pode dissolvê-los.*
- Plínio, o Velho (naturalista romano) especificou o seguinte: *nas colinas de Puteoli existe uma areia em pó [pulvis] que, logo que entra em contato com as ondas do mar e fica submersa, torna-se uma massa de pedra única, inexpugnável às ondas e a cada dia mais forte, especialmente se misturado com pedras extraídas em Cumae.*

Curiosidade:

Betão em romano: *opus caementicium* ou só *caementicium*

POZOLANAS NATURAIS – BETÃO ROMANO

- Panteão em Roma (Basílica de Santa Maria e dos Mártires)
 - contruído entre 118 to 128 A.D pelo Imperador Hadrian



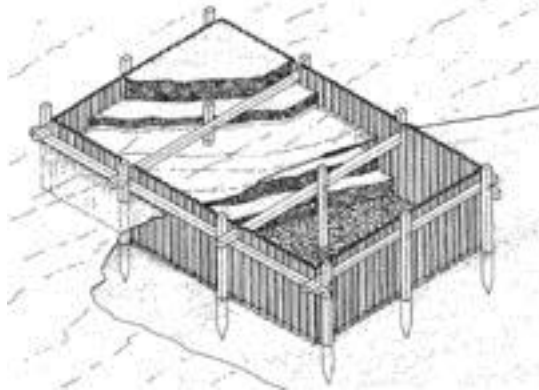
É o antigo monumento romano melhor preservado

A cúpula é constituída por betão aligeirado, onde se utilizou cal e pozolana misturadas com tufo vulcânico como agregado, de modo a que o peso da estrutura fosse menor (Pontes, 2011).

POZOLANAS NATURAIS – BETÃO ROMANO

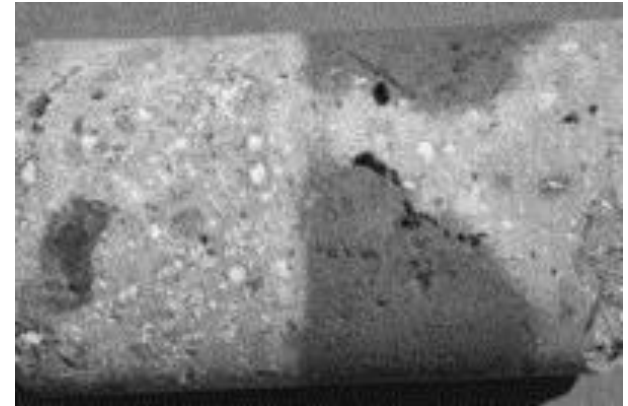
➤ Estruturas marítimas

Porto em Itália



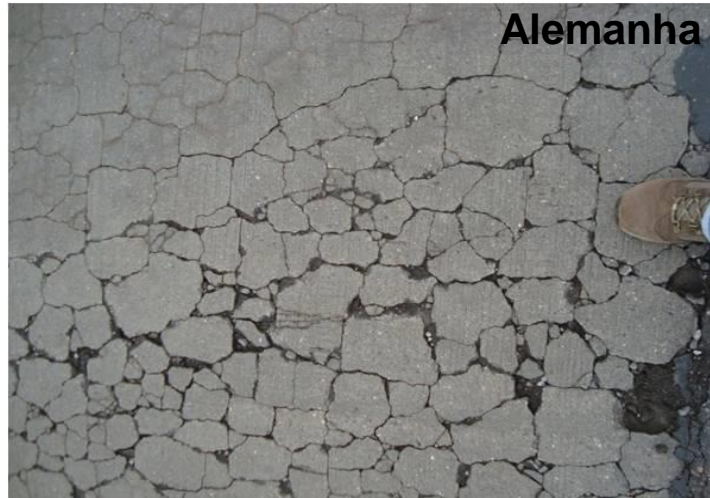
1. Normalmente utilizavam uma parte cal para duas de pozolana

Carotes de betão romano

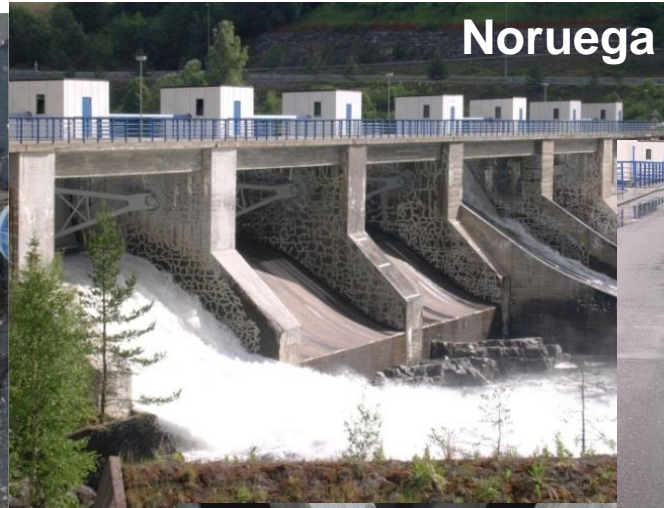


2. O betão romano apresenta as partículas mal distribuídas

ESTRUTURAS DE BETÃO ACTUAL



Alemanha



Noruega



Portugal



Brasil



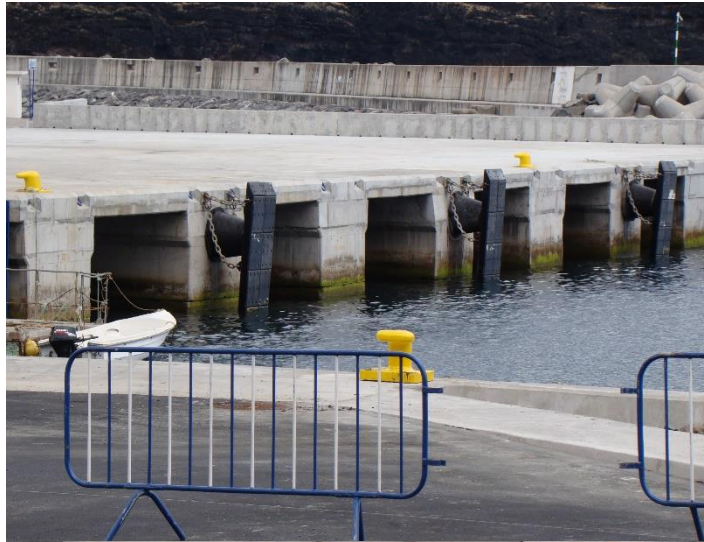
Canadá



CASO DE SUCESSO NO USO DE POZOLANAS NO BETÃO ISLÂNDIA

- Na década de 60, a Islândia teve grandes problemas no betão que sofria de um tipo de deterioração química – reação álcalis-sílica
- Os agregados são de origem vulcânica, sobretudo basaltos, quer provenientes de pedreiras quer provenientes de cascalho
- Cimento rico em álcalis
- No fabrico do betão começou a adicionar-se sílica de fumo, o que permitiu uma diminuição deste tipo de reação

BETÃO NOS AÇORES



VANTAGENS NO USO DAS POZOLANAS

A adição de pozolanas permite:

- Aumentar a resistência do betão;
- Aumentar a densidade;
- Reduzir a permeabilidade;
- Melhorar o comportamento do betão face ao ataque de cloretos e sulfatos;
- Diminuir as expansões provocadas pela reacção álcalis-sílica;
- Melhorar a durabilidade do betão face ao gelo-degelo;
- Diminuir a libertação de CO_2 ;
- Diminuir a quantidade de cimento necessária para o fabrico e betão.

USO DAS POZOLANAS NO SÉC. XIX

Machado (1867) refere uma citação muito interessante sobre o uso da argamassa com pozolana escrita pelo director das Obras Públicas de Ponta Delgada ao respectivo Ministério, quando decorria o ano de 1856:

“toda a argamassa que se empregou, no anno passado (1855) no caes da Alfandega de Ponta-delgada enchendo os boqueirões que existiam no dito caes, trabalho este que tem resistido satisfactoriamente a cinco mezes de inverno continuado que aqui se tem soffrido n’esta Ilha, desde Novembro do anno passado, e o mais rigoroso de que ha noticia n’estes vinte annos ultimamente decorridos, sem que até hoje tenha apparecido signal algum visível da mais pequena rotura, exposta como se acha esta muralha aos grossos mares do S. e do SO.”

Obrigada pela vossa atenção