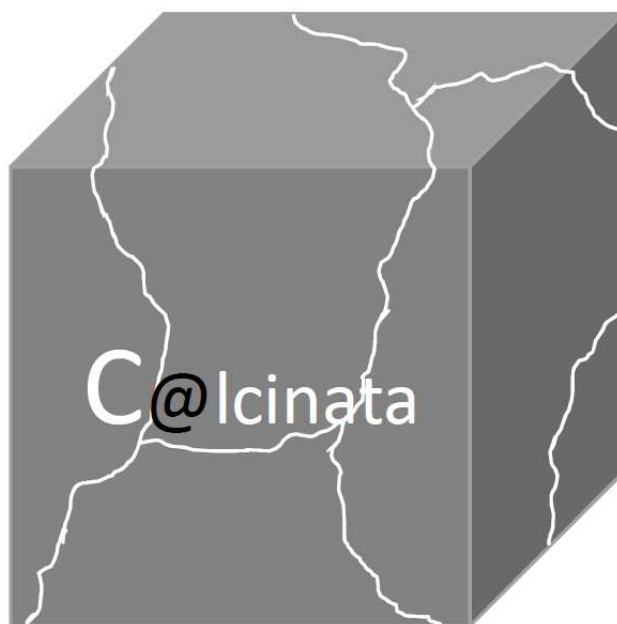


INEDITBROWN



1



Produção de argamassa à base de cal a partir da calcinação de lamas carbonatadas provenientes da indústria das rochas ornamentais (mármore e calcários)

SISTEMA DE INCENTIVOS À INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

PROJETOS DE I&DT EMPRESAS EM COPROMOÇÃO

Territórios do Interior / +CO3SO Conhecimento e +CO3SO Digital

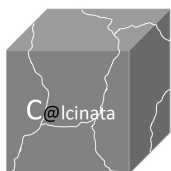
PROJETO Nº 072239

RELATÓRIO Nº 01/2021

ENTREGÁVEL Nº E1.1 – RELATÓRIO PRELIMINAR

Cofinanciado por:





INEDITBROWN



1. ENTREGÁVEL Nº E1.1 – RELATÓRIO PRELIMINAR

2. NOME DA ENTIDADE RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO

Universidade de Évora

3. NOMES DOS RESPONSÁVEIS PELA ELABORAÇÃO DO DOCUMENTO:

Ruben Varela Martins; Paula Faria; Vera Pires Ribeiro; Luis Lopes; Paulo Mourão

4. DESCRIÇÃO TÉCNICA DO ENTREGÁVEL COM APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste documento resume-se a informação resultante dos trabalhos já desenvolvidos desde o início da execução do projeto.

Assim, foram já iniciadas algumas das atividades previstas no projeto, tendo já sido executadas algumas tarefas da atividade A1, mantendo-se outras em curso integradas na atividade A2.

4.1. Planeamento e estudos prévios (A1)

Foram efetuados os estudos prévios necessários à execução das diversas atividades do projeto. Destaca-se a concretização dos seguintes itens, das tarefas T1.1 e T1.2:

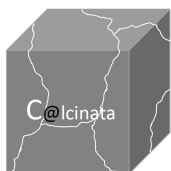
T 1.1 Levantamento e análise das principais aplicações potenciais a investigar

Foi atualizada e complementada a pesquisa já realizada no âmbito do enquadramento deste projeto, com vista à otimização dos estudos a implementar. Foi feito um levantamento do estado da arte com vista à otimização do potencial dos produtos a investigar e da sua aplicação.

A indústria extrativa e transformadora de rochas ornamentais carbonatadas (“Dimension Stone” na nomenclatura anglo-saxónica), mármore e calcários sedimentares produz elevadas quantidades de rejeitos posteriormente depositados a céu aberto em escombreliras e depósitos de lamas carbonatadas, com inevitáveis impactes ambientais. Nas unidades extrativas, estes rejeitos resultam do ciclo produtivo, fundamentalmente de operações de perfuração, corte e

Cofinanciado por:





INEDITBROWN



desmante. O baixo rendimento neste subsector e em particular na Zona dos Mármoreos deve-se em grande parte às características geológicas do maciço e ao elevado grau de fracturação. Posicionando-se o rendimento produtivo das pedreiras num intervalo entre 10 % e 30 %, significa que o restante do material desmontado irá inevitavelmente alimentar escomboreiras e depósitos de lamas carbonatadas. Estes rejeitos distribuindo-se fundamentalmente por duas tipologias: fragmentos rochosos que contribuem com cerca de 95 % e as lamas com cerca de 5 %, vulgarmente denominadas “natas”.

Nas unidades transformadoras, o rejeito provém de operações associadas a processos de corte e tratamento de superfícies, nomeadamente polimento de chapas e ladrilhos, sendo estas, as principais linhas de produção de uma serração de rochas ornamentais. No subsector da transformação, as serrações são responsáveis pela produção de 30 % de rejeitos nos processos ligados ao corte de blocos para sua divisão em chapas e 30 % noutras operações de corte e acabamento de superfícies. Cingindo-nos apenas às tipologias de rejeitos referidas nas unidades extrativas, nas serrações a produção de rejeitos fica-se em cerca de 58 % de fragmentos rochosos e 42 % de lamas carbonatadas.

Estes rejeitos são considerados resíduos porque não possuem qualquer tipo de aproveitamento industrial que lhes confira um valor económico. Contudo, possuem elevados graus de pureza características físicas e químicas que os tornam materiais com elevado potencial para a sua utilização em diversas indústrias, principalmente naquelas que incluem nos seus processos produtivos carbonato de cálcio (CaCO_3). A comprovação científica e tecnológica das características das “natas” conferem-lhes a possibilidade (ou capacidade) de serem incorporadas noutros processos industriais, permitindo assim a sua classificação como subprodutos da indústria extrativa e transformadora de rochas ornamentais carbonatadas.

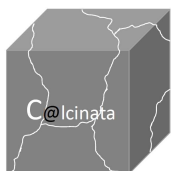
As lamas carbonatadas (“natas”), têm características físicas distintas dos fragmentos rochosos. Como referido anteriormente, no processo de extração em pedreira, este material resulta do corte de massas rochosas e aparelhamento de blocos, quer com recurso a fio diamantado, quer com recurso a roçadora. Como o processo de corte, particularmente com o fio diamantado é necessária a utilização de água para arrefecimento da ferramenta e para a limpeza do golpe, o resultado é uma lama pastosa esbranquiçada a que normalmente se chama “nata”.

Por razões idênticas, no processamento em fábrica envolvendo corte e polimento, a água é fundamental durante o processo, produzindo-se elevadas quantidades de “nata”.

Não havendo atualmente qualquer utilização industrial da “nata”, esta é acumulada em depósitos a céu aberto, com evidentes impactes ambientais, dos quais os mais gravosos são: redução do coberto vegetal, diminuição da atividade agrícola, impermeabilização dos solos, alteração das linhas de água com significativa redução da qualidade da mesma, alteração dos ecossistemas, diminuição da qualidade do ar, redução do processo fotossintético das plantas e impacte visual,

Cofinanciado por:





INEDITBROWN



sendo este último bastante marcante, sendo a cor branca dos depósitos muito contrastante com todo o ambiente circundante, fundamentalmente rural.

Estudos já efetuados a diferentes amostras de “natas” recolhidas em variadíssimas serrações da Zona dos Mármorez que inclui os Concelhos de Estremoz, Borba e Vila Viçosa possibilitou uma caracterização pormenorizada de onde se realça que granulometricamente este produto é extremamente fino, com cerca de 99,80% das partículas inferiores a 40 μm (0,04 mm), característica que potencia a possibilidade de utilização quase direta noutras aplicações [*i.e.* Martins, 1997; Cunha *et al.* 2012; Korneliussen *et al.*, 2014; Ventura *et al.* 2009; Alves, 2015].

Por meio de análises químicas revelou tratar-se de um material carbonatado com um elevado grau de pureza, bem patente nos valores de óxido de cálcio ($\text{CaO} > 50\%$) e perda ao rubro ($\text{CO}_2 > 40\%$) [Martins, 1997], confirmando assim a elevada pureza das rochas carbonatadas. Estas características fazem deste material um potencial subproduto com elevado interesse industrial. Porém, para ser possível a sua utilização como matéria-prima é necessário que os depósitos não sejam utilizados como reservatórios de outros materiais ou mesmo de lixeiras dificultando, à posteriori, a sua separação e utilização.

O propósito principal deste projeto visa a utilização das “natas” para a produção de argamassas à base de cal, com vista à sua integração na produção de compactos ornamentais em substituição total ou parcial de resinas epóxi, tradicionalmente utilizadas como ligantes neste tipo de produtos.

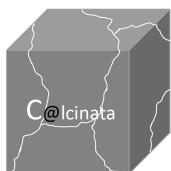
Na produção de cal viva são utilizados fragmentos de calcário previamente calcinado. A sua mistura com água produz uma reação exotérmica violenta com libertação de calor, dando origem à cal apagada, provocando também um aumento de volume que chega a atingir 3 a 3.5 vezes o seu volume inicial. Se durante o processo de extinção for utilizada apenas a quantidade de água estritamente necessária, a cal apagada resultante aparece sob a forma de pó (Coelho, A. *et al* 2009).

É comprovado o excelente poder aglomerante da cal hidratada, normalmente utilizada em argamassas visto contribuírem para uma melhor fluidez, plasticidade e trabalhabilidade. Seja como único ligante, ou em mistura com outros ligantes aéreos (gesso), hidráulicos (cimento Portland) ou com aditivos pozolânicos, as argamassas com cal constituem um material de elevada versatilidade. Segundo Coelho, A. *et al* (2009), as argamassas, plásticas e trabalháveis enquanto frescas, são possuidoras de uma certa rigidez após o endurecimento.

Sendo a reação referida exotérmica, com dilatação ligada à libertação de calor durante o endurecimento, pode causar fissuras por retração da argamassa. Por forma a minimizar este efeito indesejado, promove-se a incorporação de areia, para reduzir a possibilidade de retração da pasta de cal apagada, dividindo-a em pequenas frações e permitindo a entrada do ar necessário para a carbonatação. A areia deve ser siliciosa ou calcária, limpa, isenta de humidade e de argila, pois além da carbonatação, o endurecimento da cal dá-se também pela combinação do hidróxido com

Cofinanciado por:





INEDITBROWN



a sílica (Bauer, 1987). Neste estudo propõe-se substituir o uso da areia por e “nata” não calcinada, garantindo-se assim o arejamento necessário evitando-se retrações excessivas que levem a defeitos estruturais.

Com vista à comprovação da aplicação técnica da “nata” calcinada como meio de consolidação de materiais pétreos na produção de compósitos, na substituição total ou parcial das resinas epóxi e acrílicas tradicionalmente usadas, pretende-se desenvolver um estudo detalhado sobre as características físicas e químicas da “nata” antes e após calcinação e o seu comportamento em diferentes formulações.

Em dezembro de 2015, a Comissão Europeia criou o “Plano de Ação para a Economia Circular”, com vista à promoção do crescimento sustentável. Por outro lado, o atual enquadramento político nacional para a economia circular (Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal), aprovado através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 190-A/2017, de 23 de novembro, consiste em definir uma estratégia nacional para a economia circular assente na produção e eliminação de resíduos e nos conceitos de reutilização, reparação e renovação de materiais e energia.

O projeto Calcinata, reveste-se de particular interesse na medida que se insere perfeitamente no modelo de produção do tipo “Economia Circular”, na medida que contribuirá para a redução de um desperdício da indústria extrativa e transformadora de rochas ornamentais carbonatadas, conferindo-lhes um valor económico e contribuindo para a redução do passivo ambiental proveniente desta indústria.

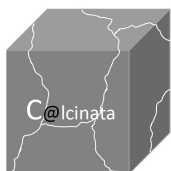
Por outro lado, a resina epóxi ou poliepóxido é um polímero termorrígido que endurece quando misturado com um catalisador ou agente de cura, apresentando um cheiro intenso, sendo ainda reativo ao calor. O risco associado ao uso deste tipo de material tem a ver essencialmente com a aplicação do endurecedor de amina que pode ser corrosivo e tóxico ou cancerígeno. É conhecido o efeito sensibilizador deste tipo de material, podendo com o tempo provocar reações alérgicas, particularmente associadas a doenças profissionais, sendo ainda uma das principais fontes de asma ocupacional.

As resinas de formulação epoxídica quando aplicadas em placas de revestimentos de exteriores e sujeitas a radiação UV proveniente dos raios solares, são sujeitas a reações químicas com consequente degradação das suas propriedades (Juvandes, 2002).

Todas as resinas têm um tempo de utilização, durante o qual o material líquido é utilizável sem dificuldade. Esgotado esse tempo qualquer formulação de resina perde drasticamente as suas características de aderência, pelo que não deve ser utilizada. O tempo de utilização diminui com o aumento da temperatura e da quantidade de material a preparar, uma vez que há libertação de calor durante a cura. A presença de cargas inertes aumenta o tempo de utilização, pois estas absorvem parte do calor libertado na reação, diminuindo a temperatura atingida pela resina (Juvandes, 2002).

Cofinanciado por:





INEDITBROWN



A substituição total ou parcial da resina pela “nata” calcinada revela-se de particular interesse, na medida que esta poderá reduzir substancialmente muitos estes constrangimentos observados aquando da sua utilização.

Sendo a resina uma matéria-prima com considerável peso nos custos de produção de compósitos, com preços médios entre 20 e 25 €/kg, é de prever, consoante a percentagem de “nata” a incorporar, que obter-se-á um produto final de valor económico mais baixo.

Outros estudos sobre o aproveitamento de rejeitos da indústria extrativa e transformadora de mármore, particularmente sobre as lamas carbonatadas, têm sido desenvolvidos no Departamento de Geociências. De realçar o trabalho de fim de curso de Eng^a Geológica de André Ventura realizado em parceria com a Empresa Sorgila, Sociedade de Argilas, S.A. e intitulada “Utilização de lamas provenientes da indústria transformadora de rochas ornamentais carbonatadas, em pastas cerâmicas para o fabrico de revestimentos cerâmicos (monoporosa)” (Ventura, A. *et al.* 2009). Outro trabalho que se debruçou sobre a caracterização e aproveitamento de lamas carbonatadas foi a Dissertação de Tese de Mestrado de Tiago Alves intitulada “Formulação de Pastas Cerâmicas a partir de Matérias-Primas Argilosas dos Concelhos de Vila Viçosa e Redondo para a Produção de Olaria Tradicional” (Alves, T., 2015).

Estudos realizados na Universidade de Praga, República Checa, em amostras à base de cimento e pó de mármore usado como substituição de ligante padrão revelaram um grande potencial deste rejeito como aditivo, melhorando a qualidade do cimento para determinadas percentagens do pó carbonatado. Os materiais testados consistiram em cimento CEM I 42.5 R (Radotín, República Checa) e três diferentes quantidades de mármore (25, 50 e 70% em peso). Os investigadores concluíram que para 50% em peso dos resíduos de pó de mármore micronizado, a resistência à flexão aumentou em aproximadamente 50%, assim, de acordo com a composição, os resíduos de mármore micronizado podem ser usados como um aditivo ao cimento misturado (Prošek, Z *et al.*, 2017).

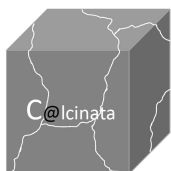
Atualmente, o caulino parcialmente calcinado entre 650 °C e 750 °C ou metacaulino, está a ser adicionado ao cimento para aumentar a resistência mecânica do betão (Gomes, 2002).

A adição da cal viva com o metacaulino permite obter um produto final com melhor presa e resistência. De facto, o hidróxido de cálcio da cal juntamente com a sílica e com o alumínio proveniente da caulinite formará um silicato de cálcio hidratado e um aluminato de cálcio que contribuirão fortemente para uma argamassa mais eficaz.

No atual projeto pretende-se contemplar a formulação de uma mistura com a introdução de metacaulino, no sentido de se estabelecer uma comparação de desempenho entre as diferentes formulações e avaliar o potencial de utilização para produtos finais relacionados com: pavimentos e revestimentos.

Cofinanciado por:





INEDITBROWN



Objetivos e solução proposta

Tendo a investigação como principal objetivo a criação de um aglomerante à base de cal com vista à aplicação em compósitos de pedra, após comprovação técnica da sua aplicabilidade, será propósito do projeto a realização de ensaios à escala industrial com vista à pré-validação do produto permitindo a definição do protótipo. Atendendo ao cronograma previsto, esta fase decorrerá entre o 22º e o 27º mês.

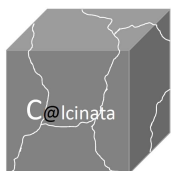
A comprovação técnica da utilização das lamas carbonatadas (“natas”) como aglomerante revestir-se-á de três aspectos fundamentais:

1. permitir a sua aplicação como matéria-prima na produção de chapas de compósitos ornamentais;
2. criação de uma matéria-prima com possibilidade de aplicação em diversas indústrias que necessitem deste tipo de material para a produção dos seus produtos, sendo expectável a criação de protótipos nos diferentes conceitos que forem abrangidos futuramente por esta investigação;
3. redução substancial de depósitos de lamas carbonatadas a céu aberto com visíveis impactes ambientais.

Considerando apenas a produção de chapas de compósitos ornamentais, a participação percentual de “natas” (com granulometrias até 1mm) pode ir até 20%. Prevendo-se, por exemplo, a fabricação de chapas de dimensão (3,00 m x 0,70 m x 0,02 m), tradicionalmente produzidas a partir de blocos de rocha e com a espessura indicada, é expectável a produção de 62 chapas, com área de 2 m² cada. Assim, considerando um produto final com as características dimensionais indicadas e projetando a aplicação em obra como revestimento, consumir-se-á entre 10% e 20% de lamas carbonatadas para uma superfície de 124 m².

Cofinanciado por:





INEDITBROWN



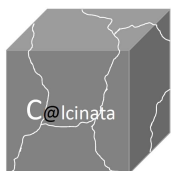
T 1.2. Preparação da campanha de campo para colheita de amostras de natas

A tarefa de preparação da campanha de campo para recolha de amostras de nata teve em conta as seguintes etapas:

1. **Levantamento das matérias-primas com potencial de utilização** – com base nos trabalhos de investigação efetuados na tarefa T1.1 foram selecionadas natas resultantes da transformação de mármore e calcário como sendo as que apresentam maior viabilidade face à investigação em curso. Foram efetuados os contactos com as empresas por forma a avaliar se existiria possibilidade de recolha de amostras de lamas de preferência nos filtros-prensa, por forma a evitar-se possíveis contaminações. Outro aspecto fundamental que norteou a preparação da amostragem, foi o de garantir que as serrações selecionadas tivessem na altura a trabalhar essencialmente um único tipo de calcário ou mármore e que fosse perfeitamente localizável geograficamente a zona da sua proveniência;
2. **Escolha dos materiais a amostrar** – a seleção inicial dos materiais a amostrar teve em conta critérios inerentes às características expectáveis das natas associados ao tipo de transformação que cada entidade efetua. Foi ainda necessário conjugar a disponibilidade das empresas face à produção em curso;
3. **Decisão sobre os locais de amostragem** – os locais de amostragem tiveram em conta critérios de adequabilidade e disponibilidade;
4. **Definição da metodologia de colheita a utilizar** – optou-se por selecionar duas amostras de mármore e duas amostras de calcário. Apesar de numa fase adiantada da investigação se proceder à mistura das “natas”, nesta etapa embrionária é absolutamente fundamental a caracterização pormenorizada de cada uma das amostras. Por isso, tal como já referido no ponto 1 a seleção das unidades de transformação foi bastante criteriosa, no sentido de se garantir a pureza do material amostrado;
5. **Preparação da campanha de amostragem considerando a colheita de dois tipos de natas:** natas resultantes do corte de mármore e natas resultantes do corte de calcário. A Campanha amostragem foi efetuada conforme apresentada no plano de amostragem na Tabela 1.

Cofinanciado por:





INEDITBROWN



Tabela 1 – Campanha de amostragem.

Tipologia de campanha	Campanha no Maciço Calcário Estremenho	Campanha no Anticlinal de Estremoz
Empresa	Solancis ¹ e MVC ²	António Galego ³ ; Margrimar/A.L.Almeida ⁴
Contacto	¹ Marco Aniceto; ² Rogério Vigário e Alexandre Vieira	³ António Galego; ⁴ Manuel Gonçalves e Cláudio Simões
Referências das Amostras	Solancis – C(S) MVC – C(MVC)	António Galego – M(AGF) Margrimar / Almeida – M(A)
Data da recolha	29.01.2021	20.01.2021 e 03.02.2021
Quantidades Aproximadas	C(S) – 161 kg C(MVC) – 188 kg	M(AGF) – 163 kg M(A) – 125 kg
Equipa UÉvora	RVM; LL	RVM; PF; VP; LL
Notas	A colheita deverá garantir que o material recolhido é exclusivamente resultante do processamento de calcários sedimentares, provenientes da região.	Recolha de amostras de “nata” em serrações da região, garantindo que a proveniência é exclusivamente do mármore da região.

4.2. Desenvolvimento do conceito (A2)

Com a definição do plano de amostragem deu-se início à atividade A2, estando finalizada a tarefa T2.1. Amostragem de nata (marmórea e calcária).

4.2.1. Localização da colheita das amostras

Tendo em conta que se pretende estudar natas de natureza marmórea e natas de natureza calcária, a amostragem decorreu em duas zonas geograficamente distintas conforme apresentadas na Tabela 1 e na Figura 1, inseridas em base geológica. Deste modo, definiu-se a campanha de amostragem com colheita das natas resultantes do corte de mármore na zona de Vila-Viçosa, tendo a campanha de amostragem para colheita de natas resultantes do corte de calcários decorrido na zona da Benedita. As natas de natureza marmórea foram colhidas nas serrações António Galego & Filhos – Mármore S.A. e A.L.A. de Almeida Lda. As natas recolhidas na serração António Galego têm origem na sua maioria, na pedreira do Texugo, zona da Lagoa, Vila Viçosa, as natas obtidas na serração A.L.A. Almeida são provenientes do tratamento do mármore explorado na pedreira JPL, da empresa Marmetal – Mármore e Materiais de Construção S.A., na zona de Borba (Fig. 1). As natas calcárias de ambas as serrações da Benedita são maioritariamente do lugar de Cabeça Veada.

Cofinanciado por:



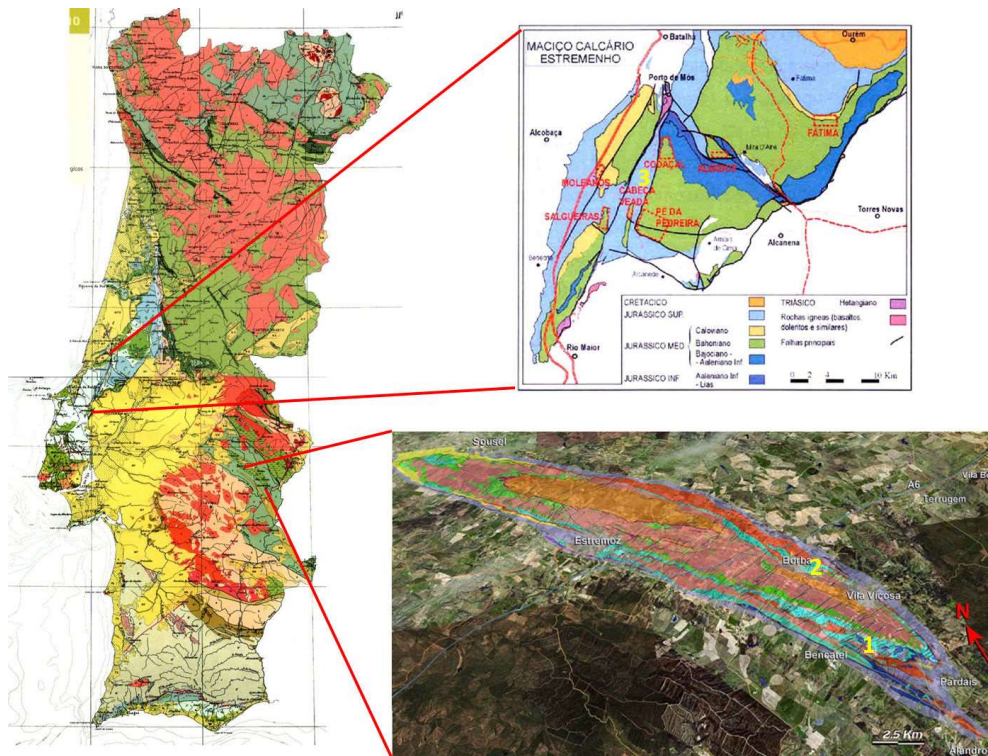


Fig. 1 – Localização da amostragem numa base geológica. 1 – Natas provenientes da pedraira Texugo (António Galego & Filhos). 2 – Natas provenientes da pedraira JPL (Marmetal / A.L.A. Almeida). 3 – Natas provenientes de Cabeça Veada (Solancis e MVC).

4.2.2. Metodologia de amostragem

Na amostragem foi fundamental que se garantissem os seguintes aspetos:

1. Amostra representativa da massa amostrada;
2. O teor em água da amostra deveria ser o menor possível;
3. Preservar a recolha da possibilidade de qualquer contaminação da massa amostrada.

Deste modo, para além de se conseguir garantir a representatividade da amostra, esta teria menor teor em água e evitavam-se eventuais riscos de contaminação por recolha em depósitos em que a cargas possam não ser controladas.

Tendo presentes os aspetos anteriormente assinalados, foi decidido que a recolha das amostras seria realizada em serrações, dando preferência à saída dos filtros-prensa.

Três das quatro amostras foram colhidas à saída de filtro-prensa, sendo uma colhida numa zona de depósito, em que o material depositado não está contaminado por outros materiais de

natureza distinta. Nas figuras de 2 a 5, ilustra-se a saída de um filtro-prensa da nata prensada em placas, na empresa Solancis e respetiva recolha.



Fig. 2 – Imagem colhida na Solancis, mostrando a saída de um filtro-prensa.



Fig. 3 – Imagem colhida na Solancis, mostrando a recolha da amostra à saída do filtro-prensa



Fig. 4 – Detalhe da nata após prensagem.

Cofinanciado por:



Fig. 5 – Amostras colhidas na Solancis, devidamente acondicionadas para transporte para o laboratório.

Nas figuras de 6 a 8 ilustra-se a amostragem na unidade de transformação da empresa António Galego e Filhos e o seu acondicionamento para transporte.

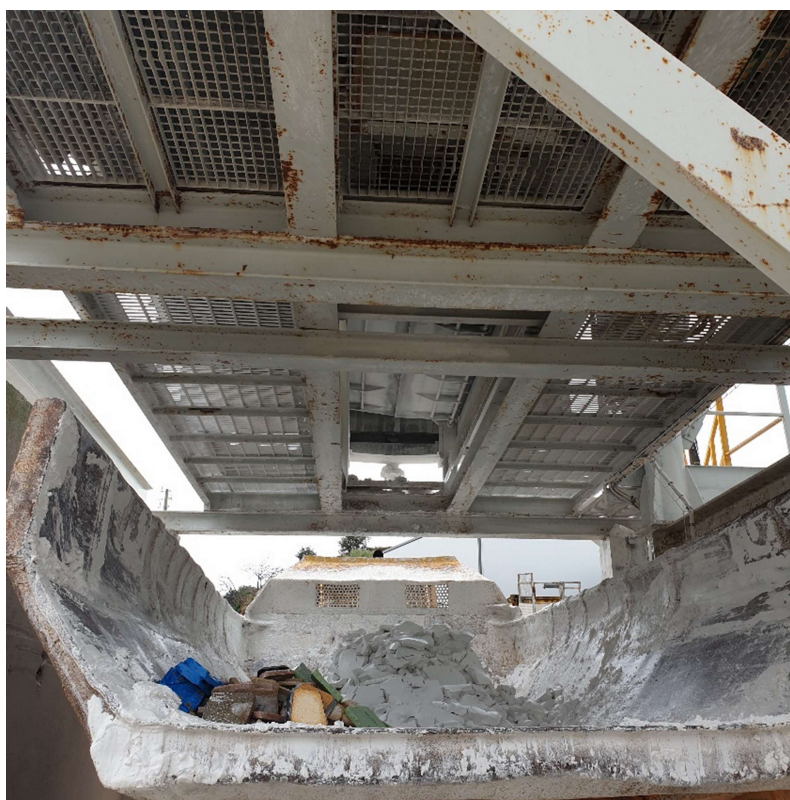


Fig. 6 – Imagem colhida na (AGF), mostrando a parte inferior do filtro-prensa e o dumper para a receção da nata prensada.

Cofinanciado por:



Fig. 7 – Colheita de amostras na AGF.



Fig. 8 – Registo de amostras colhidas na AGF e sua colocação no transporte que as levará ao laboratório.

Cofinanciado por:

Nesta fase a lama perde a sua consistência pastosa, estado esse que lhe dá o nome de “nata” e por força da precipitação em tanques decantadores e com recurso a floculante, passa a ter mais consistência e maior densidade, sendo-lhe reduzida substancialmente a humidade para valores que rondam os 30% (Figura 9).



Fig. 9 – Aspeto da nata no momento após a saída do filtro-prensa.

A amostra M(A), colhida na serração A.L.A. Almeida, não teve registo fotográfico pois não foi efetuado por nenhum elemento da equipe, mas sim pelos colaboradores da empresa durante vários dias aquando das descargas do filtro-prensa.

A amostragem efectuada na empresa MVC revestiu-se de características ligeiramente diferentes das observadas nos casos anteriores, pelo facto da recolha não ter sido feita à saída do filtro-prensa, mas sim em depósito a céu aberto. À priori não se trata da situação ideal, pois o material fica mais sujeito a contaminações, porém, a nata recolhida tinha ali sido depositada há poucos dias apresentando-se intacta (Figuras 10 e 11).



Fig. 10 – Zona de depósito controlado, onde se procedeu à recolha da amostra da empresa MVC.



Fig. 11 – Amostras C(MVC) colhidas em depósito a céu aberto.

4.2.3. Preparação das amostras

Terminada a amostragem (**tarefa T2.1**), as amostras ensacadas foram encaminhadas para os laboratórios do Departamento de Geociências da Universidade de Évora, dando-se início à preparação das amostras com vista à realização dos ensaios de caracterização e demais tarefas.

A amostra, numa primeira fase foi desagregada manualmente (Figura 12) de modo a que as partículas ficassem reduzidas e mais aptas para a secagem.

Cofinanciado por:



Fig. 12 – Corte de pedaços de pasta de nata e seu espalhamento para promover a secagem mais rápida à temperatura ambiente.

4.2.3.1. Secagem das amostras

Por forma a promover a secagem das amostras, os pedaços de pasta foram partidos em pedaços pequenos e sujeitos a dois estágios de secagem:

- Inicialmente foram espalhados e deixados a secar ao ar. A figura 13 mostra um dos locais de secagem, num dos laboratórios do Departamento de Geociências. Visto as amostras recebidas nos

Cofinanciado por:

laboratórios possuírem uma elevada quantidade de água, cerca de 30% da sua massa, foram assim deixadas durante vários dias, por forma a libertarem-se naturalmente do excesso de água;

- O segundo estágio de secagem foi com recurso a estufas ventiladas e com temperatura de 40 °C, tendo as amostras permanecido no seu interior até peso constante.



Fig. 13 – Imagem de parte de uma amostra de nata espalhada para secagem ao ar.

Terminada a secagem, os tabuleiros com as amostras foram retirados das estufas e procedendo-se ao seu arrefecimento à temperatura ambiente. De seguida, as amostras foram ensacadas e armazenadas.

4.2.4. Desagregação das amostras

Uma vez terminada a secagem passou-se ao processo de desagregação das amostras, promovendo a separação das suas partículas constituintes. Este processo foi efetuado com recurso a um moinho de maxilas Retsch – BB200, com maxila móvel posicionada no ponto zero da escala de aberturas, significando o espaçamento mais curto entre maxilas. A opção por este equipamento tem a ver com a tentativa de se reproduzir o que se fará industrialmente, em fase mais avançada do projeto.

Optou-se por um despejo na torva do moinho, bastante lento evitando-se assim possíveis encravamentos, algo já experimentado em investigações anteriores. De facto, a granulometria das natas, constituída por partículas extremamente finas, faz com que rapidamente o material se acumule na saída do moinho, levando ao seu empapamento e conseqüente encravamento.

Cofinanciado por:

Este processo revelou-se bastante moroso atendendo à grande quantidade de material que cada amostra possui.

Este processo de desagregação foi fundamental para a preparação de provetes laboratoriais com vista aos variados ensaios de caracterização, tendo a nata de cada amostra sido guardada em sacos de 5 kg, em quatro sacos de 1 kg e 1 saco de 2 kg para utilização imediata.

As figuras seguintes ilustram este procedimento.



Fig. 14 – Moinho de maxilas e processo de desagregação das amostras.



Fig. 15 – Pormenor dos fragmentos da nata em tabuleiro e introdução na torva do moinho.

Depois de desagregadas, as amostras foram pesadas em frações de 5 kg, posteriormente devidamente ensacadas e armazenadas para futura utilização na realização de ensaios e testes laboratoriais de caracterização física, química e mineralógica, testes de cozedura e preparação de misturas.

Cofinanciado por:

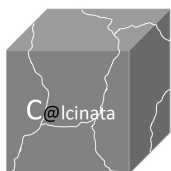


Fig. 16 – Pesagem das amostras em lotes de 5 kg, depois de desagregadas.

5. Bibliografia

- Alves, T (2015). Formulação de Pastas Cerâmicas a partir de Matérias-Primas Argilosas dos Concelhos de Vila Viçosa e Redondo para a Produção de Olaria Tradicional. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Geociências. Universidade de Évora. 259 p.
- Bauer, L.A.F. (1987) Materiais de Construção 1. Livros Técnicos e Científicos Editora, 3ª Edição, Rio de Janeiro, Brasil, p. 25.
- Casal Moura A. (2006) Qualidade Industrial e Marcação CE in Manual da Pedra Natural para a Arquitectura, Anexo C pp. 161-185, DGGE (Ed.) Lisboa.
- Coelho, A., Torgal, F., Jalali, S. (2009) A Cal na Construção. Universidade do Minho. Edição TecMinho. p. 132. Guimarães, 2009.
- Comissão Europeia (2014) A marcação CE dos produtos de construção. Passo a Passo. 25 p.
- Comité Europeu de Normalização. CEN/TC 246 – Natural Stones. https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:7:0::::FSP_ORG_ID:6227&cs=170D4BD6399C2CC53134C177FA4705416 consulta em 20 de janeiro de 2020.
- Cunha, A., Martins, R., Lopes, L., Gomes, C., Arroz, M., Santos, D., Rosado, F. (2012) Solos de Cobertura do Anticlinal de Estremoz e sua Aplicação em Cerâmica. Paper 077. Global Stone Congress 2012, Borba.
- Gomes, C. (2002). Argilas, Aplicações na Indústria. Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências. Aveiro, 2002, pp. 337.

Cofinanciado por:



INEDITBROWN



Hammecker C, Alemany RME, Jeannette D (1992) Geometry modifications of porous networks in carbonate rocks by ethyl silicate treatment. In: Proceedings of the Seventh International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Lisbon, Portugal, pp 1053–62

Juvandes, L.F.P. (2002). Materiais Compósitos Reforçados com Fibras, FRP. Ciência dos Materiais, Licenciatura em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil, pp. 76.

Korneliussen, A.; Lopes, L.; Martins, R. (2014) Estremoz Marbles, Portugal – a potential resource for high whiteness industrial applications; V Global Stone Congress (22 – 25 October, 2014), Antalya, Turkey.

Martins Dias da Silva K.A (2017). Análise do envelhecimento acelerado de polímeros. Master's thesis. University of Aveiro.

Martins, R., V. (1997). Aplicações Industriais de "Natas" Resultantes da Indústria Transformadora de Rochas Ornamentais Carbonatadas. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro, pp. 150.

Molina, E., Cultrone, G., Sebastián, E., Alonso, F.J., 2013. Evaluation of stone durability using a combination of ultrasound, mechanical and accelerated aging tests. J. Geophys. Eng. <https://doi.org/10.1088/1742-2132/10/3/035003>

Odegard, G.M., Bandyopadhyay, A., 2011. Physical aging of epoxy polymers and their composites. J. Polym. Sci. Part B Polym. Phys. <https://doi.org/10.1002/polb.22384>

Ventura, A., Martins, R., Andrade, G., Gomes, C., Lopes, L. (2009); Incorporação de lamelas de serragem e polimento de rochas carbonatadas em pastas para produção de cerâmica monoporosa; *Kerâmica, Revista da Indústria Cerâmica Portuguesa*, APICER, pp. 6-15.

Zdeněk Prošek, Jan Trejbal, Jaroslav Topič, Tomáš Plachý and Pavel Tesárek. 2017. Utilization of the waste from the marble industry for application in transport infrastructure: mechanical properties of cement pastes. *Materials Science and Engineering*, Volume 236, Building up Efficient and Sustainable Transport Infrastructure 2017 (BESTInfra2017) 21–22 September 2017, Prague, Czech Republic.

Évora, 25 de março de 2021

Investigador Responsável

Ruben Varela Martins

Cofinanciado por:

