

PERSPECTIVA BIOMIMÉTICA DO NINHO DE ANDORINHA-DOS-BEIRAIS

Bruno Silva¹; Fernando Nunes²; Amândio Pinto²; Pedro Tavares²; Humberto Varum³; Jorge Pinto¹

¹ECT, Departamento de Engenharias. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). Quinta de Prados. 5001-801 Vila Real. Portugal

²CQVR. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). Quinta de Prados. 5001-801 Vila Real. Portugal

³Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Aveiro (UA). Campus Universitário de Santiago. 3810-193 Aveiro. Portugal

Palavras-chave: construção em terra, materiais naturais, biomimética, caracterização material de ninhos, reforço da terra

RESUMO

A terra é um material natural, ecológico, reciclável e abundante e, como tal, foi sempre e volta agora a ser considerado como sendo um dos materiais/soluções de construção de eleição, com enorme potencial. Na construção tradicional portuguesa encontram-se várias soluções construtivas recorrendo ao uso da terra crua, com uma importante expressão. Este património construído necessita de ser conservado. Neste contexto, o presente trabalho tem como principal objectivo dar um contributo na temática das soluções de melhoramento do comportamento e reforço de elementos construtivos em terra a partir do estudo biomimético de um ninho de andorinha-dos-beirais. De modo a identificar a eventual existência de algum fenómeno de aglutinação ocorrido durante o processo de construção de um ninho de andorinha-dos-beirais, procedeu-se a um trabalho experimental de caracterização a partir de amostras recolhidas em diferentes ninhos encontrados na zona de Vila Real. Para a identificação da composição química inorgânica e mineralógica das amostras recolhidas realizaram-se análises em Scanning Electron Microscopy / Energy Dispersive Spectroscopy (SEM/EDS) e por difracção de raios-X. Para a identificação da composição orgânica das amostras recolhidas foi feita a quantificação colorimétrica do teor de proteínas pelo método de biureto, e do teor de polissacarídeos/açúcares pelo método dos açúcares totais. Os resultados experimentais relativos às amostras retiradas dos ninhos quando comparados com resultados similares relativos a amostras de argila recolhidas na mesma zona de origem dos ninhos, são muito semelhantes, destacando-se apenas a presença de polissacarídeos/açúcares nas amostras de ninho.

Pretende-se que a partir dos resultados da caracterização do material constituinte dos ninhos se possam retirar sugestões para o desenvolvimento de soluções de estabilização e de melhoramento de elementos construtivos existentes de terra crua.

1. INTRODUÇÃO

O nosso planeta tem estado em constante evolução e os seres vivos que não foram extintos por processos de selecção natural, enfrentaram rigorosos processos de evolução e de adaptação.

A biomimética é uma área da ciência que se baseia no estudo da natureza de forma a extrapolar novas formas de adaptação ao planeta. Mecanismos biológicos e estruturas naturais são dois exemplos de modelos naturais de imitação da biomimética.

Têm sido realizados inúmeros trabalhos de investigação nesta área científica e em campos de aplicação diversos. São exemplos os mecanismos e as estratégias de defesa e ataque inspirados em organismos vivos [1], trabalhos sobre nano-materiais e transplantes de órgãos humanos por órgãos totalmente artificiais e inspirados em órgãos reais [1] e o conceito de pré-esforço orgânico inspirado no modelo do músculo do bíceps humano [2].

No presente trabalho, o ninho da andorinha-dos-beirais foi o modelo natural estudado. Esta investigação pretendeu aferir se esta ave introduz alguma espécie de aglutinante natural na fase de construção do ninho que induza um aumento de qualidade do material. Esta

informação poderá então ser muito útil no contexto da construção civil e nomeadamente no melhoramento de soluções construtivas que usam terra crua.

A construção com terra crua é mundialmente muito relevante pois grande percentagem da população mundial reside em construções desta natureza. A taipa, o adobe e o tabique são as três principais técnicas construtivas que recorreram à terra crua em Portugal [3]. Este trabalho pretende dar um contributo no processo de reabilitação destes tipos de construção assim como na melhoria de novas construções em terra crua.

Para o efeito, foi necessário e fundamental efectuar uma identificação/caracterização exaustiva do material constituinte dos ninhos em termos de composição química elementar, de composição mineralógica e da composição orgânica, através de um estudo experimental que incluiu análises em SEM/EDS, difracção de raios-X e análises colorimétricas

2. ANDORINHA-DOS-BEIRAIS

A andorinha-dos-beirais (*Delichon Urbicum*) [4; 5] (Figura 1) é uma ave migratória que pertence à família das andorinhas (*Hirundinidae*). Esta ave é estival na Europa (excepto na Islândia), no norte de África e nas regiões temperadas da Ásia, e, por sua vez, é invernal na África subsariana e na Ásia tropical. Esta ave alimenta-se exclusivamente de insectos, que captura em pleno voo, pelo que migra para regiões que apresentam climas que proporcionam a abundância de insectos voadores.

A espécie nominal *Delichon Urbicum* tem cerca de 12 a 13 cm de comprimento, uma envergadura de asas de 26 a 29 cm e um peso médio de 18,3 g [6].

Uma postura desta ave é constituída geralmente por 4 a 5 ovos. Os ovos são brancos e têm um tamanho médio de 1,90 cm de comprimento, 1,33 cm de diâmetro e um peso médio de 1,7 g. A incubação dos ovos dura geralmente 14 a 16 dias e é feita essencialmente pela fêmea. As crias recém-eclodidas são altriciais e necessitam de 22 a 32 dias para abandonar o ninho, dependendo das condições atmosféricas. Os progenitores continuam a alimentar as crias durante cerca de uma semana após estas terem saído do ninho.

Existem duas ninhadas por ano em que o mesmo ninho é utilizado. O ninho é reparado e é reutilizado novamente nos anos seguintes.

3. O NINHO DA ANDORINHA-DOS-BEIRAIS

Originalmente, a andorinha-dos-beirais apenas nidificava em falésias e cavernas. Contudo, hoje em dia, é frequente encontrar ninhos desta ave em edifícios ou em pontes, e, preferencialmente, em zonas próximas da existência de água. No contexto dos edifícios, os ninhos da andorinha-dos-beirais são construídos na zona de ligação entre a parede e o beiral, ficando deste modo reforçados pela ligação a dois planos distintos (Figura 1) e, simultaneamente, protegidos de predadores e das intempéries, em particular da chuva [1; 6]. Tal como se pode observar na Figura 1 o ninho tem a forma de uma “taça fechada” com uma abertura estreita na parte superior.

O ninho é construído por pedaços de argila (Figura 1) ligados entre si com saliva e é forrado interiormente por palha, ervas, penas ou outros materiais macios [6; 7]. A construção de um ninho poderá demorar até cerca de 10 dias [8] e é levada a cabo tanto pelo a fêmea como pelo macho.



Figura 1: Ligação do ninho à parede e ao beiral (fonte:www.animalpicturesarchive.com)

4. ANÁLISE EXPERIMENTAL DE IDENTIFICAÇÃO/CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL DOS NINHOS

Tal como foi referido anteriormente, o processo experimental de identificação/caracterização do material do ninho incluiu a realização de ensaios SEM/EDS para determinar a composição química elementar, a realização de ensaios de difracção de raios-X para a determinação da composição mineralógica e a realização de análises colorimétricas para a determinação da composição orgânica.

Neste estudo, foram usadas amostras de argila recolhidas em zonas próximas dos ninhos e amostras de ninho recolhidas em três freguesias de Vila Real (São Dinis, Mateus e Noura). As amostras de argila foram consideradas como sendo o material de referência. A Figura 2 ilustra alguns dos equipamentos utilizados nos ensaios de identificação/caracterização.



a) Microscópio electrónico



b) PANalytical modelo X'Pert PRO com detector X'Celerator



c) Espectofetómetro de absorvância molecular

Figura 2: Equipamentos utilizados nos ensaios de identificação/caracterização

4.1 ANÁLISE SEM/EDS

A análise SEM/EDS foi realizada na unidade de microscopia electrónica e de varrimento da UTAD e com o objectivo de determinar a composição química elementar dos materiais do ninho. Os resultados obtidos através desta análise apresentam-se na Tabela 1.

Elementos %	Amostras			
	Referência	São Dinis	Mateus	Noura
Oxigénio (O)	48,12	45,67	41,72	46,80
Sódio (Na)	0,69	0,81	0,42	1,43
Magnésio (Mg)	0,89	0,33	0,75	1,10
Alumínio (Al)	12,90	15,54	15,54	12,60
Sílica (Si)	29,04	27,47	33,08	27,85
Cloro (Cl)	0,00	0,99	0,00	0,09
Potássio (K)	3,62	6,22	2,89	3,45
Cálcio (Ca)	0,00	0,00	0,00	0,61
Titânio (Ti)	0,38	0,21	0,48	0,57
Ferro (Fe)	4,36	2,76	5,12	5,50

Tabela 1: Resultados obtidos através das análises SEM/EDS

Através dos valores da Tabela 1 observa-se que as amostras estudadas apresentam uma composição química elementar muito semelhante. Os valores em percentagem dos elementos químicos identificados (oxigénio, sódio, magnésio, alumínio, sílica, cloro, potássio, cálcio, titânio e ferro) nas várias amostras são muito próximos. O elemento químico que mais se destaca é o oxigénio andando muito próximo dos 50%. A sílica é o segundo elemento químico que existe em mais abundância aparecendo com um valor médio de 29,36%. Em seguida surge o alumínio com uma incidência média de 14,15%. O ferro e o potássio apresentam uma incidência média de 4,44% e de 4,05% respectivamente. A incidência média do sódio é de 0,84% e a do magnésio é de 0,77%. Os elementos químicos cloro e cálcio apresentam uma incidência média muito residual e que é de 0,27% e 0,15% respectivamente. Através destes resultados também se observa que se trata de um material argiloso.

4.2 DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

Com o intuito de se identificar a composição mineralógica, e, as estruturas cristalinas dos materiais em estudo, realizou-se o ensaio de difracção de raios-X na unidade de microscopia electrónica e de varrimento da UTAD. Os resultados obtidos através deste ensaio irão permitir aferir se a argila recolhida na região (amostra de referência) apresenta uma composição mineralógica semelhante à composição mineralógica das amostras de ninho recolhidas nas freguesias de Mateus, de São Dinis e de Noura.

A Figura 3 apresenta os resultados dos ensaios de difracção de raios-X realizados nas amostras. Os minerais identificados são os seguintes por ordem de maior quantidade: quartzo, moscovite, alumino-silicato de potássio e clinocloro. Estes resultados indicam que a composição mineralógica das amostras é semelhante, embora exista uma pequena diferença na quantidade de clinocloro entre a amostra de referência e as amostras de ninho. As estruturas cristalinas encontradas nas amostras são similares. Os minerais identificados são característicos dos solos argilosos.

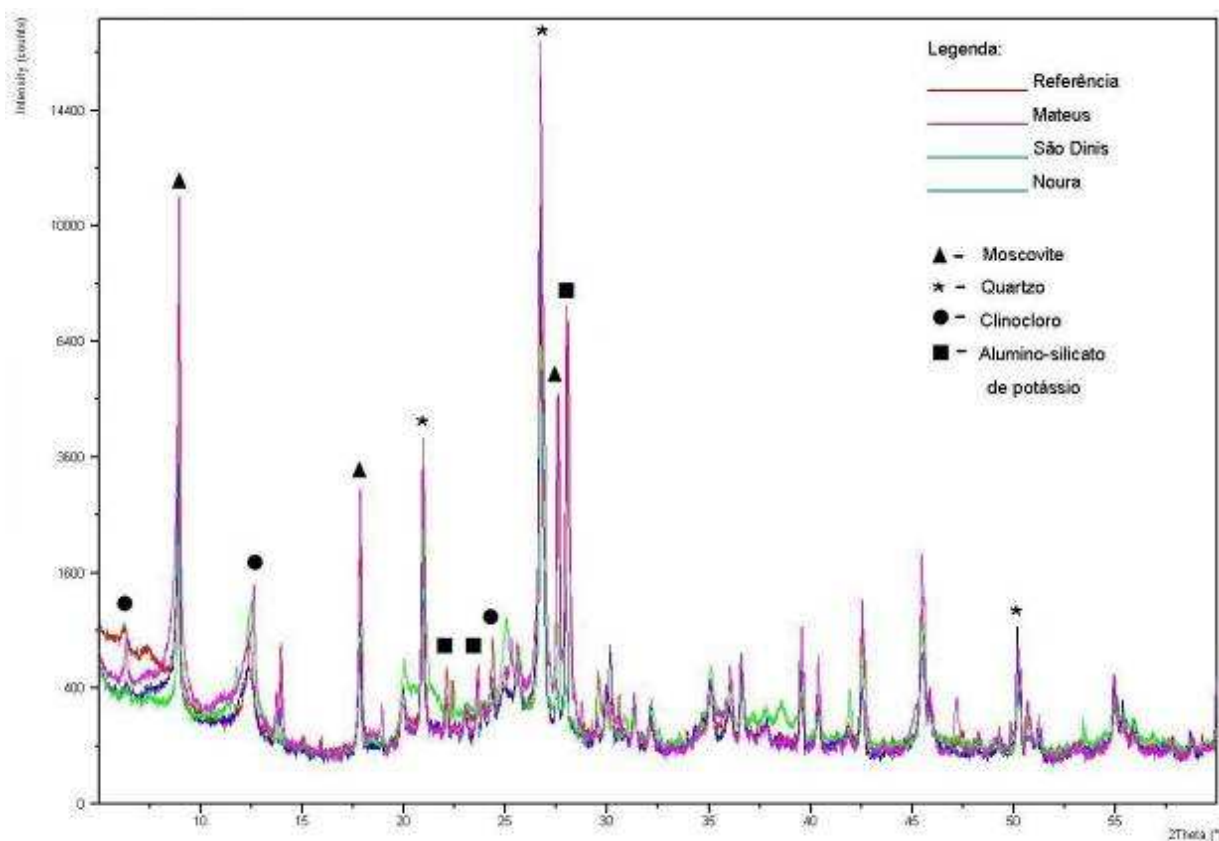


Figura 3: Gráficos combinados da composição mineralógica resultantes da difração de raios-X

4.3 ANÁLISE COLORIMÉTRICA

De modo a identificar a composição orgânica e, em particular, a existência de polímeros de origem proteica ou de origem polissacarídica, do material em estudo procedeu-se à realização da análise colorimétrica no Laboratório de Química Fina e Aplicada do Departamento de Química da UTAD.

A análise colorimétrica consistiu na determinação do teor de proteínas e o teor de polissacarídeos/açúcares utilizando reacções selectivas para polissacarídeos/açúcares e proteínas, sendo o seu teor determinado colorimetricamente por espectrofotometria de absorção molecular, após a sua extracção com água em ultra-sons. Para se aferir a existência de proteínas foi usado o método de biureto, em que se utiliza o reagente de biureto (solução de Cu^{2+} em solução alcalina) e a cor violeta resultante da complexação dos iões cobre pelas ligações peptídicas foi determinado a 560 nm. Para se aferir a existência de polissacarídeos/açúcares recorreu-se ao método dos açúcares totais utilizando o método do fenol a 5% e ácido sulfúrico concentrado, e a cor desenvolvida resultante da desidratação dos açúcares e posterior condensação com o fenol foi determinada a 490 nm.

Inicialmente foi efectuada uma triagem, pelo método de biureto e açúcares totais, para se detectar a existência de matéria orgânica nas amostras e identificar a sua natureza. Nesta triagem, foi feita a comparação entre a amostra de referência e a amostra do ninho de São Dinis. Nesta fase as análises colorimétricas foram feitas em duplicado, tal como pode ser observado nos resultados expostos na Tabela 2.

		Branco (água ultra pura)	Referência (Argila)		São Dinis	
Absorvância molecular	Método de biureto	0,156	0,174	0,176	0,127	0,138
	Método dos açúcares totais	0,220	0,340	0,580	1,366	1,142

Tabela 2: Absorvâncias da amostra de referência e da amostra de ninho de São Dinis pelos métodos de biureto e dos açúcares totais (10 minutos de ultra-sons)

Através do método de biureto, Tabela 2, as absorvâncias das amostras de referência (argila) e do ninho de São Dinis são da mesma ordem de grandeza à absorvância do branco, o que indica a inexistência, ou pouca abundância, de matéria orgânica de origem proteica nas amostras de material em estudo.

Por sua vez, através do método dos açúcares totais, as absorvâncias das amostras de referência (argila) e do ninho de São Dinis apresentam valores superiores ao branco e tal como se pode observar na Tabela 2. Este dado é revelador da existência de polímeros do tipo polissacarídeos/açúcares no material em estudo. Observa-se também que no mesmo método o valor das absorvâncias da amostra de ninho de São Dinis é significativamente superior ao valor da amostra de referência (argila) mostrando então que o material do ninho tem um teor de polímeros do tipo polissacarídeos/açúcares significativamente superior ao do material de referência (argila). Os resultados apresentados na Tabela 2 também indicam que não ocorreu um desvio no processo de ensaio.

Procedeu-se a uma análise colorimétrica do método dos açúcares totais mais exaustiva que contemplou séries de 5, 30, 60 e 90 minutos de ultra-sons de modo a observar a ocorrência de cinética de extracção em todas as amostras. Os resultados desta análise estão apresentados na Tabela 3 e reforçam a conclusão de que a andorinha-dos-beirais parece adicionar polissacarídeos/açúcares ao material do ninho aquando da sua construção e atendendo a que os valores das absorvâncias obtidas através deste método em todas as amostras de ninho ensaiadas são superiores ao respectivo valor obtido na amostra de referência (argila). Estes resultados também mostram que à medida que aumenta a duração da realização deste ensaio também aumenta o valor da absorvância e é mais significativa a diferença deste valor entre amostras de referência e de ninho.

Amostra	Ultra- sons (minutos)	Referência (Argila)	Mateus	São Dinis	Noura	Branco
1	5	0,238	0,459	0,973	0,291	0,220
2	30	0,288	0,525	1,199	0,370	
3	60	0,326	0,687	1,521	0,390	
4	90	0,392	0,702	1,812	0,427	

Tabela3: Absorvâncias da amostra de referência (argila) e das amostras de ninho obtidas pelo método dos açúcares totais

5. CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu concluir que o material usado pela andorinha-dos-beirais na construção do ninho é do tipo argiloso.

Através da análise colorimétrica concluiu-se que não existe matéria orgânica do tipo proteica, ou que este ocorre em pouca abundância no material destes ninhos. Contudo, e muito importante, esta análise também permitiu concluir que existe matéria orgânica do tipo polissacarídeos/açúcares neste material. Este componente pode ser incorporado pela

andorinha-dos-beirais no material do ninho durante o seu processo de construção e poderá funcionar como um ligante natural.

A identificação deste polímero, e a verificação da melhoria das qualidades do material induzida por este componente, são tarefas complexas e morosas e requererão trabalho de investigação adicional.

6. BIBLIOGRAFIA

ANDRÉ, António, RIBEIRO PACHECO, Pedro Álvares, ADÃO DA FONSECA, António. Pré-esforço orgânico – Estudos sobre a aplicação de uma nova tecnologia. V Simpósio EPUSP sobre estruturas de concreto, São Paulo. 2003. [2]

BAR-COHEN, Yoseph. *Biomimetics, Biological Inspired Technologies* 1ª ed. Taylor & Francis, Pasadena, Califórnia, EUA, 2006. [1]

CARVALHO, Joana, PINTO, Jorge, VARUM, Humberto, JESUS, Abílio, LOUSADA, José, MORAIS, José, Estudo do material terra usado nas construções em tabique na região de Trás-os-Montes e Alto Douro. TERRABRASIL 2008, VII Seminário Ibero-americano de Construção com Terra e II Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. 3 a 8 de Novembro de 2008. Universidade Estadual do Maranhão, São Luiz, MA, Brasil. Livro de resumos. Editado por Anais. UEMAS/PROTERRA. ISBN 978-85-86036-41-5. Página 13. 2008. [3]

House Martin Delichon urbicum (Linnaeus, 1758). Bird facts. Página visitada em 2008-07-30. URL: <http://www.birdguides.com/species/species.asp?sp=117070>. [7]

ITIS Standard Report Page: Delichon urbicum. The Integrated Taxonomic Information System (ITIS). Página visitada em 2008-07-30. URL: http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=174371. [4]

Population trends: House Martin. Royal Society for the Protection of Birds. Página visitada em 2008-08-03. URL: http://www.rspb.org.uk/wildlife/birdguide/name/h/housemartin/population_changes.asp. [8]

SANGSTER, George, Sangster, George; Collinson, J. Martin; Helbig, Andreas J; Knox, Alan G; Parkin, David T, Taxonomic recommendations for British birds: Second report. Ibis (2003), pp.153–157. [5]

TURNER, Angela K, ROSE, Chris, *Swallows & Martins: an identification guide and handbook*. Boston, Massachusetts, US: Houghton Mifflin, 1989. pp.226. [6]

Bruno Silva: Aluno do Mestrado de Engenharia Civil da UTAD. C.e.: bruno_silva06@hotmail.com,

Fernando Nunes: Professor Auxiliar, da ECVA, do Departamento de Química, da UTAD. C.e.: fnunes@utad.pt

Amândio Pinto: Professor Auxiliar, da ECT, do Departamento de Engenharias, da UTAD. C.e.: yrache@utad.pt

Pedro Tavares: Professor Associado, da ECVA, do Departamento de Química, da UTAD. C.e.: ptavares@utad.pt

Humberto Varum: Professor Auxiliar, do Departamento de Engenharia Civil, da UA. C.e.: hvarum@ua.pt

Jorge Pinto: Professor Auxiliar, da ECT, do Departamento de Engenharias, da UTAD. C.e.: tiago@utad.pt