

UALGORITMO

A Ciência trocada por miúdos



Volume 2 – Julho 2020



- 03** Introdução editorial
- 05** Que segredos escondem as dunas fósseis na costa portuguesa?
Susana Costas e Rita Carrasco
- 11** Polioxometalatos: Antibacterianos do Futuro?
João Martins, Ana Serrano, Gil Fraqueza, Custódia Fonseca e Manuel Aureliano
- 17** Método computacional de avaliação do risco sísmico de escolas
João M. C. Estêvão
- 22** Como identificar a qualidade interna de frutos apenas com a luz
Dário Passos, Daniela Rodrigues, Ana M. Cavaco, Mária D. Antunes e Rui Guerra
- 27** Otimização de rações para juvenis de tilápia de modo a aumentar a sustentabilidade do setor aquícola
Rita Teodósio, Sofia Engrola, Rita Colene e Cláudia Aragão
- 31** A relação entre a doença renal crónica e complicações cardiovasculares – será a proteína GRP a solução?
Carla Viegas, Catarina Marreiros e Dina Simes
- 35** Das árvores do Algarve para os pulmões do mundo
Filipa Guerreiro, Noelia Flórez Fernández e Ana Grenha
- 39** Os poderes secretos das células estaminais para limitar as malformações do coração
José Bragança e Leonardo Mendes-Silva

UALGORITMO

A Ciência trocada por miúdos



EDIÇÃO

EDITOR

José Bragança, Professor Auxiliar da Universidade do Algarve

EDITORES ASSOCIADOS

Álvaro Tavares, Professor Auxiliar da Universidade do Algarve

Clévio Nóbrega, Professor Auxiliar da Universidade do Algarve

COMISSÃO EDITORIAL

Saúl Neves de Jesus, Vice-Reitor da Universidade do Algarve

Maria Alexandra Anica Teodósio, Vice-Reitora da Universidade do Algarve

Manuel Célio de Jesus da Conceição, Professor Associado da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Universidade do Algarve, e membro Centro de Investigação em Artes e Comunicação

Salomé D'horta, Coordenadora Técnica da Biblioteca da Universidade do Algarve

André Botelho, Coordenador do Gabinete de Comunicação e Protocolo da Universidade do Algarve

Cristina Veiga Pires, Diretora executiva do Centro Ciência Viva do Algarve

Laura Alves, Assessora de imprensa da Universidade do Algarve

Título: Ualgoritmo

Editor: José Bragança

Editores associados: Álvaro Tavares e Clévio Nóbrega

Comissão editorial: Saúl Neves de Jesus, Maria Alexandra Teodósio, Manuel Célio de Jesus da Conceição, Salomé D'horta, André Botelho, Cristina Veiga Pires e Laura Alves.

Ilustração e design editorial: Sarita Camacho – Gabinete de Comunicação e Protocolo da Universidade do Algarve

ISSN

Versão papel: 2184-6472

Versão online: 2184-6170

Depósito legal: 462212/19

Para citar esta publicação: nome do(s) autor(es) (2020). Título do artigo. *Ualgoritmo* 2: pp. intervalo de páginas.

Acessível online em: <https://ualgoritmo.wixsite.com/website> e <http://hdl.handle.net/10400.1/12772>

Universidade do Algarve,
Campus de Gambelas,
8005-139, Faro, Portugal

Introdução editorial

O número piloto do UALGORITMO correspondeu às expectativas e abriu uma janela sobre a investigação da Universidade do Algarve para o público. Na verdade, até superou as expectativas, e foi acolhido com muito entusiasmo pela imprensa nacional, e teve repercussões para além do Algarve.

A preparação do segundo número do UALGORITMO começou logo a seguir à publicação do número piloto, suscitou o interesse dos Investigadores da Universidade do Algarve que submeteram artigos em massa. Por essa participação entusiástica, quero dirigir os meus agradecimentos aos Colegas da Universidade do Algarve, pedindo ainda desculpa aqueles que não puderam ver os seus trabalhos publicados neste número.

Este segundo número do UALGORITMO também motivou novas Escolas a participar e novos grupos de revisores a formarem-se para rever os artigos. No entanto, foi com muita satisfação que vimos Professores e Estudantes, que já tinham participado no número anterior, a repetir a revisão, o que é uma indicação de que a primeira experiência na revisão de artigos tinha sido positiva.

Poucas semanas após o início eufórico de revisões dos artigos pelos Estudantes das Escolas Secundárias, surgiu a pandemia devastadora da COVID-19 que parou o Mundo e confinou-nos em casa. Obviamente, esta situação dificultou a tarefa de revisão dos artigos, mas os Estudantes mostraram dedicação, mudaram os planos e organizaram-se de forma diferente para conseguir a preparação dos 8 novos artigos que estão neste segundo número. Agradecemos todos os Estudantes e Professores pelos esforços realizados, permitindo assim a elaboração deste número do UALGORITMO.

De maneira interessante, o UALGORITMO revelou-se também ser um catalisador da discussão e da divulgação de ciência para além das palavras que nele leva escritas. De facto, alguns grupos de revisores convidaram os autores do artigo revisto à escola para falarem ainda mais sobre a investigação em questão. Outros grupos de revisores querem organizar-se para apresentar aos colegas da Escola os resultados do artigo revisto. A implementação inesperada destas iniciativas "extra-UALGORITMO" surpreendeu-nos e deixou-nos muito satisfeitos por indicar que o exercício de revisão dos artigos pelos Estudantes e a publicação do UALGORITMO, não são um ponto final à interação dos Estudantes com a ciência da Universidade do Algarve.

Nesta nova edição, como seria de esperar, a Comissão Editorial, e em particular o Sr. Vice-Reitor da Universidade do Algarve, Professor Saúl Neves, e a Sra. Vice-Reitora da Universidade do Algarve, Professora Alexandra Teodósio, estiveram sempre connosco a dar todo o apoio necessário, e por tal agradecemos este imprescindível suporte.

Por fim agradeço aos meus colegas e amigos Álvaro Tavares e Clévio Nóbrega, Professores Auxiliares da Universidade do Algarve, que vieram reforçar o corpo editorial do UALGORITMO.

Com a contribuição dos Investigadores da Universidade, e a ajuda dos Estudantes e Professores das Escolas na revisão de trabalhos científicos, estamos orgulhosos de apresentar o segundo número do UALGORITMO, com uma variedade de tópicos científicos que esperamos ser do interesse dos leitores.

José Bragança



ESTUDAR ONDE É BOM VIVER

Universidade do Algarve

LICENCIATURAS

- > Agronomia
- > Arquitetura Paisagista
- > Artes Visuais
- > Bioengenharia
- > Biologia
- > Biologia Marinha
- > Bioquímica
- > Biotecnologia
- > Ciências Biomédicas
- > Ciências Biomédicas Laboratoriais
- > Ciências da Comunicação
- > Ciências da Educação e da Formação
- > Dietética e Nutrição
- > Design de Comunicação
- > Desporto
- > Economia
- > Educação Básica
- > Educação Social
- > Enfermagem
- > Engenharia Alimentar
- > Engenharia Civil

LICENCIATURAS

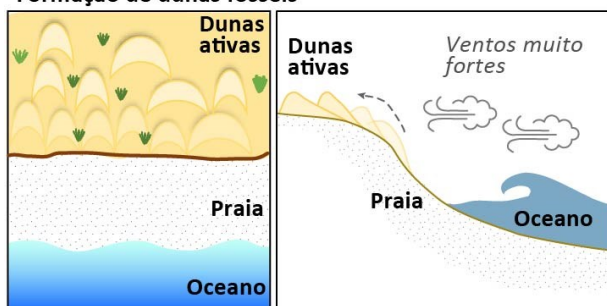
- > Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
- > Engenharia Informática
- > Engenharia Mecânica
- > Farmácia
- > Gestão
- > Gestão de Empresas
- > Gestão Hoteleira
- > Gestão Marinha e Costeira
- > Imagem Animada
- > Imagem Médica e Radioterapia
- > Línguas e Comunicação
- > Línguas, Literaturas e Culturas
- > Marketing
- > Matemática Aplicada à Economia e à Gestão
- > Património Cultural e Arqueologia
- > Psicologia
- > Sociologia
- > Turismo

MESTRADO INTEGRADO

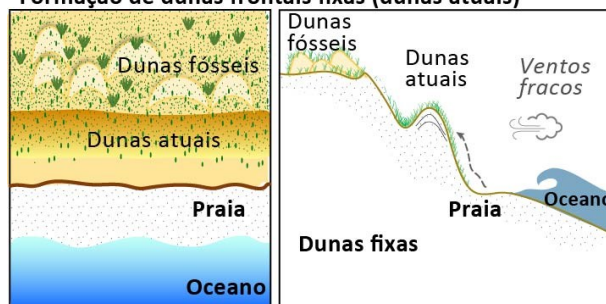
- > Ciências Farmacêuticas

Que segredos escondem as dunas fósseis na costa portuguesa?

Típica paisagem costeira no passado -
Formação de dunas fósseis



Típica paisagem costeira atual -
Formação de dunas frontais fixas (dunas atuais)



Dois paisagens alternativas na Costa da Caparica, (à esquerda) vista em plano e em perfil da paisagem costeira no passado, ilustrando a presença de dunas fósseis ativas e pouco vegetadas (no topo) como consequência de ventos mais fortes e tempestades; e (à direita) vista em plano e em perfil da paisagem costeira na atualidade, ilustrando a presença de dunas não ativas ou fixas pela vegetação (na base da arriba).

Autores

Susana Costas e Rita Carrasco

Afiliações

CIMA-Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve

Revisão

Escola: ES Pinheiro e Rosa, Faro

Alunos: Leandro Viegas, Maximilian Kaiser, Rúben Gonçalves, Catalina Botnaru, Sofia Ramalho, Janine Ferro e Rodrigo Fernandes

SUMÁRIO – O litoral português é hoje afetado por sérios problemas de recuo de linha de costa. A zona costeira apresenta-se em défice sedimentar e por tal, as dunas costeiras fixadas pela vegetação estão relativamente emagrecidas. Mas nem sempre foi assim. O elevado número de dunas fósseis que povoam a costa de Portugal e que sugerem uma paisagem dominada por dunas móveis de maiores dimensões e com reduzida cobertura vegetal, contam-nos outra história. O contraste entre a paisagem do passado e a do presente levanta uma série de questões relacionadas com a natureza, idade e condicionantes ambientais que permitiram a formação destas dunas no passado. Para perceber a história das dunas no passado, explorámos distintos episódios de movimentação de dunas fósseis na Costa da Caparica. Os resultados permitiram identificar cinco episódios de movimentação dunar, ocorridos nos últimos 20.000 anos, promovidos por eventos climáticos que afetaram o Atlântico Norte e que na costa de Portugal se traduziram em ventos muito fortes e frequentes. Estes ventos são raros na atualidade.

ABSTRACT — The Portuguese coastal area is today threatened by shoreline retreat problems. At this starving coast, dunes show reduced dimensions and are fixed by vegetation. But it was not always like this. The large extension of coastal area covered by fossil dunes, which in turn suggest a landscape dominated by shifting dunes of large dimensions and reduced vegetation cover, tell us another story from the past. This contrast between past and present landscapes raises a series of questions such as How old are these dunes? Or which environmental conditions allowed and induced the formation of these features? To understand the history of dunes in the past, we explored different episodes of fossil dune movement in Costa da Caparica. Results document the occurrence of five episodes of aeolian activity within the past 20.000 years promoted by climate events affecting the North Atlantic region and that along the Portuguese coast translated into very strong and frequent winds. These winds are rare today.

Glossário

Dunas ativas ou móveis
corpos dunares robustos que avançam ativamente na direção dos ventos predominantes. Em contraposição com as **dunas frontais**, as dunas móveis ou transgressivas costeiras passam a ser independentes da linha de costa/praias onde se formaram originalmente como resultado da sua evolução ou migração para o interior

Dunas frontais
corpo dunar atual que cresce e fica retido em justaposição com a praia. São dependentes da linha de costa/praias

Dunas fósseis
dunas consolidadas ou não, com carácter móvel no passado, mas que na atualidade se mantêm fixadas. No caso da costa de Portugal, a manutenção da posição destas dunas está relacionada com o crescimento de vegetação (fixação)

A análise das alterações na paisagem pode ser utilizada para perceber mudanças ambientais no passado e mudanças de larga escala no clima. Em Portugal continental, a existência de vastas superfícies cobertas por dunas costeiras fósseis sugere que, no passado, terão ocorrido episódios ambientais diferentes que ditavam uma zona costeira dominada por dunas robustas, pouco vegetadas e a avançar teimosamente para o interior. Esta paisagem hipotética e passada, de uma linha de costa em franco equilíbrio sedimentar, contrasta grandemente com o que encontramos na atualidade: uma zona costeira com graves problemas de erosão, vestindo-se de um corpo dunar com dimensões reduzidas (ou inexistentes), como resultado da erosão natural da linha de costa ou da ocupação oportunista pelo ser humano. Hoje, fixadas por vegetação, as dunas costeiras assumem-se na orla costeira justapostas às praias, as quais lhes forneceram a areia para a sua formação. O contraste paisagístico entre as **dunas ativas** do passado e as dunas que encontramos no presente suscita uma série de questões acerca da formação de ambas, nomeadamente, qual a idade das **dunas fósseis**? As dunas, no passado, foram construídas de forma continuada no tempo ou sequencial no tempo? Porque é que atualmente não temos dunas a migrar ativamente para o interior? E quais as condicionantes ambientais que promoveram a formação das dunas fósseis no passado? O presente trabalho responde a estas questões.

Para perceber a história das dunas no passado, selecionou-se o corpo dunar da Arriba Fóssil da Costa da Caparica (**Fig. 1**), local fisicamente bem conservado (i.e., sem ocupação humana e com um registo sedimentar bem preservado) em que se observa uma paisagem de dunas robustas e ativamente a migrar para o interior. Pretendeu-se reconstruir para este local as condições ambientais, posição da linha de costa e regime de ventos no passado. O local, a arriba Fóssil da Costa da Caparica, é classificada como

paisagem protegida. A arriba onde assentam as dunas fósseis tem cerca de 60 m de altura. Na sua base, e isolados das dunas fósseis, observamos uma tímida praia e cordão dunar que definem a atual posição da linha de costa.

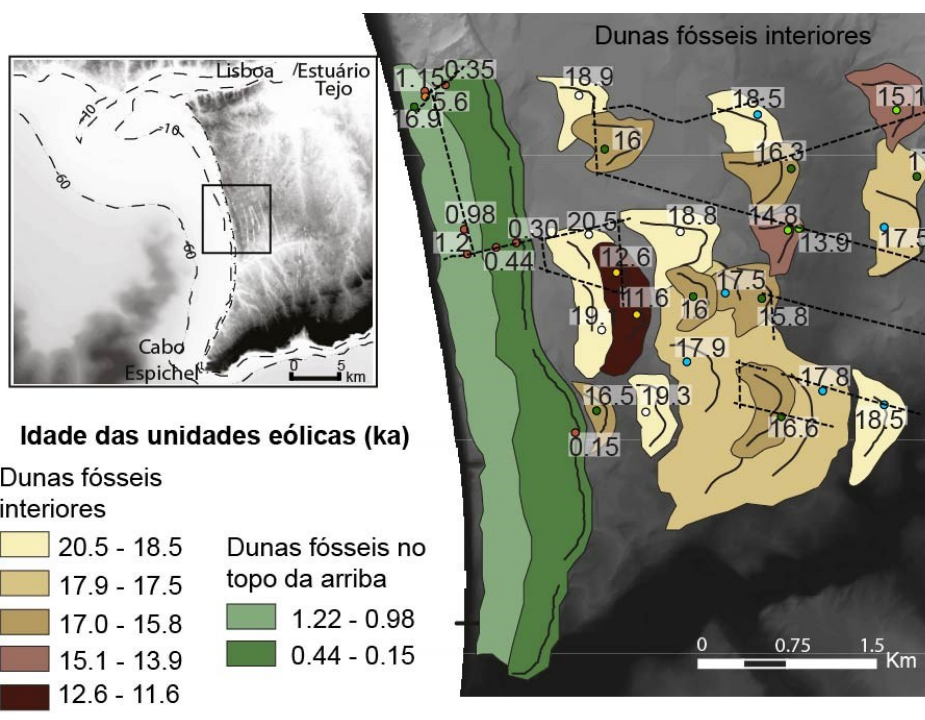


Figura 1. Localização da zona de estudo e distribuição das dunas fósseis exploradas, incluindo a idade das mesmas e ainda, a tracejado as linhas de georradar que foram feitas no campo; as idades são referidas em ka (1 ka = 1000 mil anos).

Estrutura interna das dunas

refere-se à forma como se organizam internamente as distintas camadas de sedimento no corpo dunar, em resultado de processos de acumulação (ou erosão) de sedimento

Georradar

equipamento geofísico que permite visualizar as camadas abaixo da superfície de forma remota. O georradar emite energia eletromagnética (ondas) que se propaga no espaço e em profundidade. Esta energia é depois refletida aquando o encontro com diferentes tipos de material sedimentar. As ondas ou sinal refletido são, depois captadas de volta pelo instrumento. De acordo com o sinal captado, é possível, a posteriori, identificar unidades sedimentares e a sua composição

A estrutura interna das dunas fósseis foi analisada com recurso a métodos geofísicos, nomeadamente um georradar, que permitiu identificar distintas unidades sedimentares relacionadas com a ocorrência de distintos episódios eólicos (ou pacotes eólicos). Destas unidades foram retiradas amostras para identificar o tamanho e idade dos seus sedimentos. Com base nos resultados e nas idades dos sedimentos, aprendemos que as dunas fósseis, nos últimos 20.000 anos, avançaram de forma sequencial para o interior em cinco pulsos ou períodos distintos no tempo (Fig. 1). Quando comparamos o avanço das dunas para o interior, com dados da curva do nível do mar para Portugal, percebe-se que quando as dunas mais antigas se estavam a formar, o nível do mar estaria cerca de 100 m abaixo do atual, sugerindo que estas dunas fósseis terão viajado aproximadamente 9 km para o interior (Fig. 2). Pelo contrário, as dunas mais recentes (formadas há cerca de 1000 anos) deverão ter viajado apenas umas poucas centenas de metros (Fig. 2). O fato de as dunas fósseis se encontrarem atualmente separadas da planície costeira

Unidade sedimentar corresponde a um grupo de camadas de sedimento com características semelhantes. Cada unidade individualiza-se das restantes por mudanças na forma, orientação das camadas internas, ou pela existência de superfícies de descontinuidade, as quais marcam uma mudança nas condições de formação

atual (da praia e cordão dunar no sopé da arriba), sugere também a existência de uma rampa próxima do mar que teria sido utilizada pelas dunas fósseis para se deslocarem para o topo da arriba, mas que foi, entretanto, destruída. Com base nas idades dos sedimentos, tudo parece indicar que a última vez que essa rampa foi usada pelas dunas foi entre 900 e 600 anos atrás (Fig. 2).

O sedimento grosseiro que encontramos nas dunas fósseis contrasta com as areias relativamente finas que encontramos nas dunas atuais, sendo este mais um prenúncio de que as condições ambientais de formação terão sido distintas.

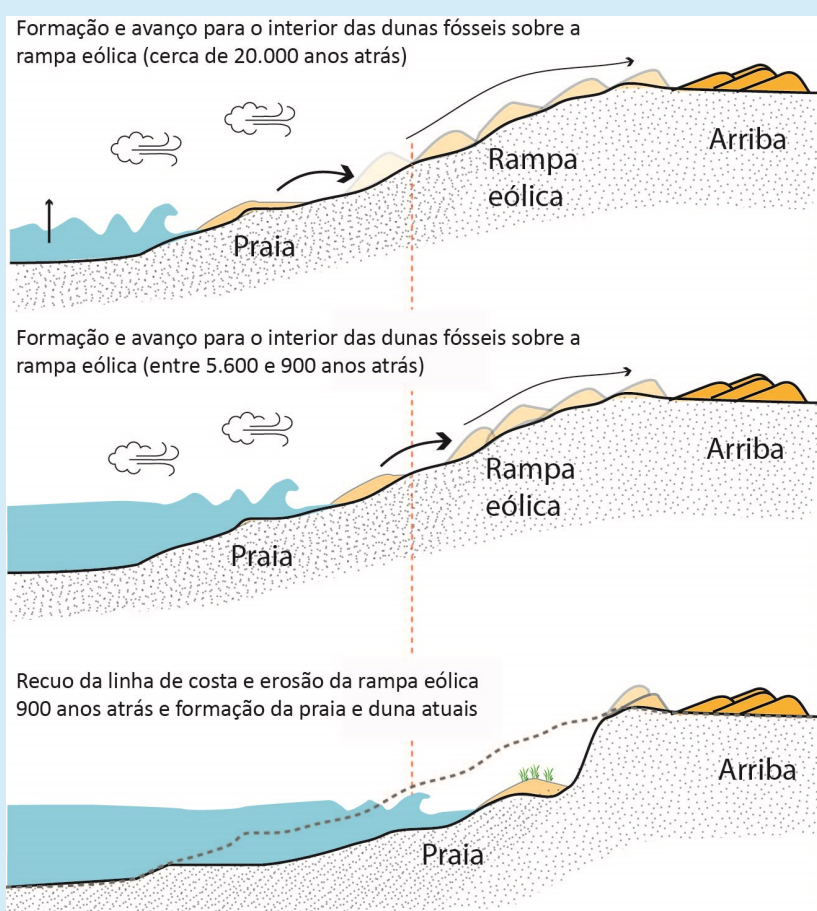


Figura 2. Modelo conceptual da evolução da costa nos últimos 20.000 anos que explica a formação e evolução das dunas móveis no passado, pela existência de maior disponibilidade de sedimento, de ventos mais fortes e de acordo com a posição da linha de costa.

A existência de sedimento tão grosseiro nas dunas fósseis sugere que terão ocorrido ventos muito fortes e frequentes, distintos dos atuais, capazes de movimentar tais tamanhos de grão. De facto, quando comparado o potencial de transporte eólico associado aos ventos atuais com a respetiva taxa de transporte de algum dos pacotes eólicos contidos nas dunas fósseis, concluímos que o regime de ventos atuais não conseguiria formar, nem movimentar por tão largas extensões, dunas com sedimentos tão grosseiros como os que encontramos nas dunas fósseis. Esta

comparação permitiu concluir que durante os cinco pulsos de movimentação ativa dunar existiram ventos fortes e frequentes, sugerindo um clima passado na costa de Portugal Continental caracterizado pela prevalência de fortes tempestades. Quando sobrepomos o nosso registo com outros de natureza similar, mas localizados em outras zonas da costa Atlântica do Norte de Europa, verifica-se que estes episódios eólicos associados a movimentações de dunas a grande escala, se estenderam às latitudes superiores, nomeadamente à região do Nordeste Atlântico (Noruega e até Islândia). Estes episódios eólicos particulares foram associados na literatura, por diversos autores, à ocorrência de eventos climáticos frios. A análise do registo dunar sugere que as condições meteorológicas (i.e., fortes ventos e tempestades frequentes), que estiveram no passado na base da formação das dunas fósseis na zona costeira de Portugal, são comuns às condições meteorológicas observadas na Noruega ou Islândia. Ou seja, as duas latitudes, terão, no passado, experienciado o mesmo padrão de circulação atmosférico. Esta situação já não se mantém no presente. Na atualidade, o regime de circulação atmosférica na região do Atlântico Norte, é principalmente controlado pelo padrão de distribuição de pressão na superfície do mar conhecido como Oscilação do Atlântico Norte (NAO). A NAO caracteriza-se por exibir dois centros de pressão (dipolo), com direções de circulação opostas, um na região da Islândia, e o outro na região dos Açores. A distribuição destes dois centros de pressão faz com que as condições meteorológicas na região Norte e Sul do Atlântico sejam opostas.

O estudo efetuado com as dunas fósseis da Costa da Caparica ajudou a definir o limite sul da influência de períodos climáticos frios na costa Oeste da Europa e a verificar o respetivo impacte sobre a linha de costa; de Norte a Sul, toda a costa terá sido impactada por tempestades e fortes ventos que resultaram na movimentação de robustos campos dunares. Esta análise confirma a utilidade da análise do registo de dunas fósseis, tanto na reconstituição de condições ambientais prevalentes no passado, como na indicação de mudanças na posição da linha de costa, ou de alterações no regime de ventos (clima).

Artigo original

Costas S, Naughton F, Goble R, Renssen H. *Windiness spells in SW Europe since the last glacial maximum*. *Earth Planet. Sci. Lett.* (2016) 436, 82–92. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2015.12.023>

Biografia dos Autores

Susana Costas é doutorada em Ciências do Mar pela Universidade de Vigo e Investigadora Auxiliar no CIMA, UAlg. Os seus interesses de investigação passam pela geomorfologia costeira e pela análise da evolução e adaptação das costas de areia (praias e dunas) a mudanças ambientais, a distintas escalas temporais e espaciais. O seu percurso científico tem sido desenvolvido em vários centros de investigação e universidades, começando na Universidade Vigo (Espanha), Florida International University and Boston University (EUA), e Laboratório Nacional de Energia e Geologia e Universidade do Algarve (Portugal).

Ana Rita Carrasco é doutorada em Ciências do Mar e Ambiente pela Universidade de Algarve e Investigadora Auxiliar no CIMA, UAlg. Os seus interesses de investigação passam pela geomorfologia costeira, pelos impactos da subida do nível do mar em ambientes lagunares, a longas escalas temporais e espaciais, e pelo conhecimento acerca da adaptação das zonas costeiras ao impacto das alterações climáticas. O seu percurso científico tem sido desenvolvido essencialmente no CIMA, UAlg.

Ligações internet relacionadas com o grupo de investigação

<https://www.cima.ualg.pt/cimaualg/index.php/en/>

<https://www.cima.ualg.pt/ENLACE/>

<http://evrest.cvtavira.pt/>

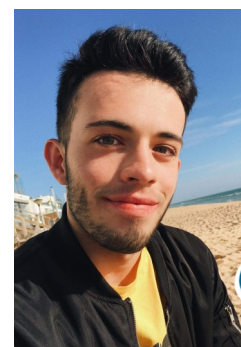
Ligações internet relacionadas com os cursos lecionados pelos autores

Mestrado em Sistemas Marinhos e Costeiros (MaCS – SIMCO): <https://fct.ualg.pt/pt/curso/1740>

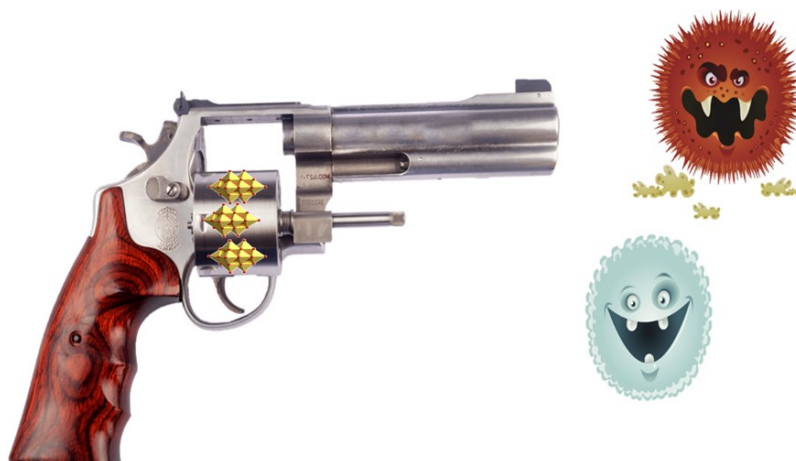
Licenciatura em Gestão Marinha e Costeira: <https://fct.ualg.pt/pt/curso/1827>

Os nossos revisores

Os nossos revisores são da **Escola Secundária Pinheiro e Rosa**, em Faro, e foram orientados pela **Professora Ana Margarida Silva**. São eles: **Leandro Viegas**, 12º ano B de Ciências e Tecnologias, interessado em biologia, desporto e história, para além de tudo que melhorar a vida das pessoas; **Maximilian Kaiser**, 12º ano B de Ciências e Tecnologias, apaixonado por Geologia e Física de Partículas, e ávido fã de História e Mitologia, Literatura e design de jogos narrativos/de mesa nos seus tempos livres; **Rúben Gonçalves**, 12º ano C de Línguas e Humanidades, amante da Filosofia, da Literatura e de História; **Catalina Botnaru**, 12º ano C ano de Línguas e Humanidades, interessa-se por História e áreas que envolvam comunicação; **Sofia Ramalho**, 12º ano A de Ciências e Tecnologias, com paixão pela Biologia; **Janine Ferro**, 12º ano A aluna de Ciências e Tecnologias, interessada em Matemática e Química; **Rodrigo Fernandes**, 12º ano A de Ciências e Tecnologias, interessado em Matemática e Desporto.



Polioxometalatos: Antibacterianos do Futuro?



Autores

João Martins^{1,2}, Ana Serrano^{1,2}, Gil Fraqueza^{2,3}, Custódia Fonseca^{1,2} e Manuel Aureliano^{1,2}

Afiliações

1 - FCT - Universidade do Algarve

2 - CCMar - Universidade do Algarve

3 - ISE - Universidade do Algarve

Revisão

Escola: ES José Belchior Viegas, São Brás de Alportel

Alunos: Bárbara Saraiva, Beatriz Modesto, Eduardo Palmeira, Guilherme Brito, Isabel Vieira, Joana Monteiro; João Oliveira e Márcio Thomas

SUMÁRIO – Os polioxometalatos (POMs) são aglomerados de oxometalatos (metais ligados a oxigénio) que têm sido apontados como possíveis fármacos do futuro contra a resistência bacteriana. Neste artigo, estudou-se o efeito de inibição de quatro POMs (V_{10} , MnV_{11} , MnV_{13} e Nb_{10}) e um oxovanadato (V_1) no crescimento da bactéria *E. coli* e correlacionaram-se estes resultados com a capacidade de inibição para a Ca^{2+} -ATPase. **ABSTRACT** – *Polyoxometalates (POMs) are clusters of oxometalates that have been mentioned as potential pharmaceuticals of the future against bacterial resistance. In this paper, the inhibition effect of 4 POMs (V_{10} , MnV_{11} , MnV_{13} e Nb_{10}) and 1 oxovanadate (V_1) was studied against the growth of the bacteria *E. coli* and the results were correlated with the inhibitory capacity for the Ca^{2+} -ATPase.*

Glossário

Polioxometalatos
aglomerados de metais
de transição e oxigénio

Todos nós já ouvimos falar da resistência bacteriana ao tratamento com antibióticos. Na verdade, tem sido muitas vezes referido que, no século XXI, este representa um problema mundial para a saúde humana. Foi realizado um estudo que demonstra que, em cada 11 segundos, uma pessoa é contaminada com uma infeção resistente a antibióticos e, a cada 15 minutos, uma pessoa morre devido a estas infeções, sendo por isso fundamental que se procurem novos compostos com atividade antibacteriana. De entre muitos novos compostos foram apontados os **polioxometalatos (POMs)** como possíveis fármacos do futuro, uma vez que mostraram possuir atividade antibacteriana.

Estes POMs apresentam uma grande variedade de estruturas e tamanhos. Estes compostos têm distintas áreas de aplicação sendo uma delas as ciências biomédicas. De facto, vários POMs têm revelado interesse pela sua atividade anticancerígena e antibacteriana^{1,2}. O efeito antibacteriano dos POMs foi inicialmente identificado por Tajima et al. em 1993, demonstrando sinergia com antibióticos β -lactâmicos no combate a uma infeção bacteriana resistente. Os autores do presente artigo realizaram então uma pesquisa bibliográfica, em outubro de 2018, utilizando as seguintes palavras-chave; 1) polioxometalatos e 2) bactérias, para pesquisarem todos os artigos que tinham sido publicados entre 1994 e 2018. Foram encontrados 34 artigos, sendo que 77% foram publicados nos últimos 6 anos (Fig. 1).

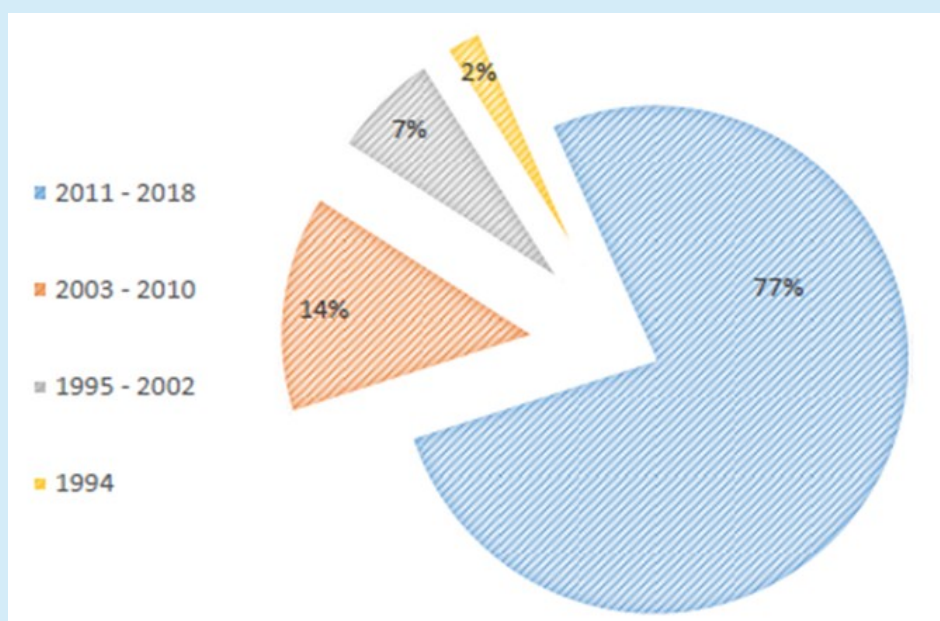


Figura 1. Análise dos estudos realizados sobre POMs com ação antibacteriana através da base de dados *Web of Science* (consulta realizada em 16/10/2018).

Assim, os POMs têm sido observados por muitos investigadores como alternativas antibacterianas devido aos seus resultados promissores¹. Como se verifica graficamente, em 8 anos, entre 2011 e 2018, foram publicados 77 % dos artigos na área (Fig. 1). O nosso grupo de investigação começou há mais de 30 anos a estudar a química e a bioquímica de um polioxovanadato especial, o decavanadato, V_{10} (ver Fig. 2). Recentemente, o nosso grupo tem realizado colaborações com investigadores de vários países (USA, Índia, Áustria, Espanha e Portugal) com o objetivo de estudar as aplicações de POMs para que, para além de poderem possuir atividade antibacteriana, possam reverter a resistência das bactérias ao tratamento com antibióticos que, como foi acima referido, é atualmente um problema urgente para a saúde pública mundial.

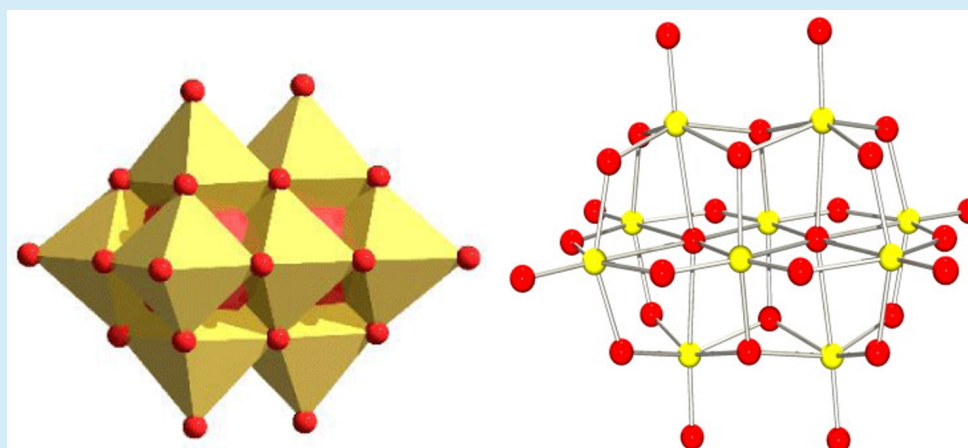


Figura 2. Estrutura do decavanadato (V_{10}) representado na forma de poliedro (lado esquerdo) e na forma de bola e bastão (lado direito). Código de cores: Poliedro alaranjado (VO_6), vermelho (oxigénio), amarelo (vanádio).

Ca^{2+} -ATPase

enzima que utiliza a energia da hidrólise de ATP para transportar o cálcio contra o seu gradiente de concentração para fora do citoplasma ou para dentro do retículo sarco/endoplasmático

Cinase

enzima que transfere grupos fosfatos de moléculas dadoras de alta energia (como o ATP) para moléculas-alvo específicas (substratos)

O cálcio é um elemento essencial para o funcionamento de diversos processos celulares. A Ca^{2+} -ATPase é uma enzima que regula a concentração de cálcio no citoplasma, onde o catião Ca^{2+} se liga a uma proteína designada por calmodulina (isto é, é modulada pelo cálcio), sendo assim responsável pela ativação de **cinases** que iniciam vários processos intracelulares. O cálcio é também conhecido por estar associado ao processo da regulação da contração muscular. No nosso laboratório de Bioquímica/Bioenergética da FCT, preparam-se vesículas de retículo sarcoplasmático de músculo-esquelético de coelho que contêm, em grande quantidade, a enzima Ca^{2+} -ATPase. Estas proteínas membranares uma vez isoladas e purificadas, representam um excelente modelo para o estudo dos efeitos de compostos que possam afetar, inibindo ou estimulando, esta enzima e assim poderem ser usadas na investigação científica³.

Recentemente, no artigo de Gumerova et al. (2018) foi referido que o polioxometalato contendo tungsténio Se_2W_{29} é o inibidor mais potente da Ca^{2+} -ATPase, com um valor de IC_{50} de $0,3 \mu\text{M}$ (concentração que inibe 50% da atividade enzimática)³. Quando se comparou esse valor de IC_{50} com o obtido para a cisplatina ($1,3 \mu\text{M}$), que é desde sempre o fármaco contendo um grupo metálico mais utilizado na quimioterapia, verifica-se que esse POM inibe a Ca^{2+} -ATPase a uma concentração quase quatro vezes inferior. Isto quer dizer que este POM é mais eficiente, pois com concentrações mais baixas obtém-se o mesmo efeito na enzima.

No artigo publicado na revista *New Journal of Chemistry*, da Royal Society of Chemistry, que é agora apresentado⁴ para divulgação, analisou-se o efeito de quatro POMs (V_{10} , MnV_{11} , MnV_{13} e Nb_{10}) e um oxovanadato (V_1) no crescimento da bactéria *E. coli* e estudou-se a relação entre a inibição bacteriana e a capacidade de inibição da Ca^{2+} -ATPase.

Inibição do crescimento bacteriano por polioxometalatos

Foi determinada a concentração para 50% da inibição do crescimento (IC_{50}) da *E. coli*, para os compostos MnV_{11} , MnV_{13} , V_{10} , V_1 e Nb_{10} tendo-se obtido os seguintes valores: $0,21$; $0,27$; $0,58$; $1,1 \text{ mM}$ e $> 10 \text{ mM}$, respetivamente. Os resultados mostram que os polioxovanadatos (POMs com o elemento vanádio) contendo Mn, conseguem inibir o crescimento da bactéria a concentrações mais baixas do que o V_1 e que o V_{10} .

Inibição da atividade da Ca^{2+} -ATPase por polioxovanadatos

Os valores de IC_{50} para a inibição da Ca^{2+} -ATPase pelo V_{10} e pelo Nb_{10} já tinham sido calculadas noutro estudo⁵ (15 e $35 \mu\text{M}$, respetivamente). Neste artigo obtiveram-se então os valores de IC_{50} de $31 \mu\text{M}$ para o MnV_{13} e de $58 \mu\text{M}$ para o MnV_{11} .

Correlação inversa entre a inibição do crescimento de *Escherichia coli* e a inibição da Ca^{2+} -ATPase pelos polioxovanadatos estudados

Comparando-se então os valores de IC_{50} em *E. coli* e os valores de IC_{50} na Ca^{2+} -ATPase, obteve-se uma correlação inversa entres estes dois efeitos (Fig. 3). Sugeriu-se por isso com este estudo que aparentemente pode não existir uma associação direta entre a inibição da Ca^{2+} -ATPase e a inibição do crescimento da *E. coli* por estes POMs. Resumindo, embora a ATPase possa ser um alvo de ação destes POMs, a inibição do

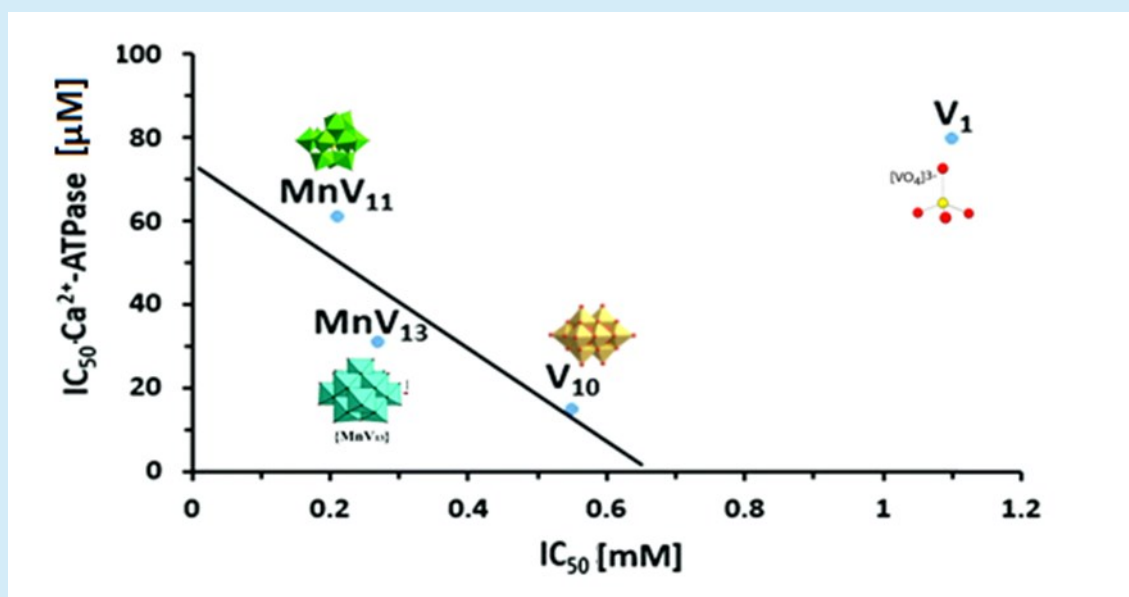


Figura 3. Correlação inversa entre os valores de IC₅₀ do crescimento da *E. coli* e os valores de IC₅₀ na Ca²⁺-ATPase observada para polioxovanadatos.

crescimento da bactéria *E. coli* pode estar associado com outros alvos celulares como, por exemplo, processos de replicação ou processos de respiração celular.

Conclusões

A investigação realizada permitiu observar, pela primeira vez, uma correlação inversa entre os valores de IC₅₀ da Ca²⁺-ATPase e os valores de IC₅₀ da *Escherichia coli*. Sugere-se que o alvo celular Ca²⁺-ATPase para o V₁₀ e para os outros POVs (MnV₁₁ e MnV₁₃) pode não estar associado diretamente com a inibição do crescimento da *E. coli*. A investigação realizada neste estudo pode ser a base de estudo para futuras investigações nesta área e é do interesse geral, uma vez que os POMs apresentam várias vantagens como fármacos do futuro, por exemplo, sendo que a sua estrutura pode ser modificada para ser mais ou menos ativa contra a *E. coli* e/ou menos ou mais eficiente para com um determinado alvo celular como a Ca²⁺-ATPase.

Referências Bibliográficas

- 1 – Bijelic A, Aureliano M, Rompel A – Chem. Commun. (2018) 54, 1153–1169
- 2 – Bijelic A, Aureliano M, Rompel A – Angew. Chem., Int. Ed. (2019) 58, 2980–2999
- 3 – Gumerova NI, Krivosudsky L, Fraqueza G, Breibeck J, Al-Sayed E, Tanuhadi E, Bijelic A, Fuentes J, Aureliano M, Rompel A – Metallomics (2018) 10, 287–295
- 4 – Marques-da-Silva D, Fraqueza G, Lagoa R, Vannathan AA, Mal SS, Aureliano M – New J. Chem. (2019) 43, 17577–17587
- 5 – Fraqueza G, Ohlin CA, Casey WH, Aureliano M – J. Inorg. Biochem. (2012) 107, 82–89

Artigo original

Marques-da-Silva D, Fraqueza G, Lagoa R, Vannathan AA, Mal SS, Aureliano M. *Polyoxovanadate inhibition of Escherichia coli growth shows a reverse correlation with Ca²⁺-ATPase inhibition*. *New J. Chem.* (2019) 43, 17577–17587. doi.org/10.1039/C9NJ01208G

Biografia dos Autores

Ana Serrano, Licenciatura e Mestrado em Biotecnologia

João Martins, Licenciatura em Enfermagem e Mestrado em Biotecnologia

Gil Fraqueza é Licenciado em Ciências Farmacêuticas pela Universidade Clássica de Lisboa, Mestre em Tecnologia Alimentar/Qualidade pela Universidade Nova de Lisboa, e Doutoramento em Ciências Biológicas/Bioquímica Inorgânica pela Universidade do Algarve. Tem desenvolvido estudos sobre a cinética da coagulação do leite e nos últimos anos tem estudado efeitos de oxometalatos e polioxometalatos, com diversas atividades biológicas, em especial na Ca²⁺-ATPase.

Custódia Fonseca é Licenciada em Ciências Farmacêuticas pela Universidade de Lisboa, Doutorada em Química Orgânica pela Universidade de Liverpool. Atualmente é Professora Auxiliar em Química Orgânica/Química Farmacêutica na Universidade do Algarve. Interessa-se por perceber os mecanismos de ação de fármacos ou possíveis fármacos nos seus alvos terapêuticos.

Manuel Aureliano é Licenciado em Bioquímica, Mestre em Biologia Celular e Doutoramento em Bioenergética pela Universidade de Coimbra. Atualmente é Professor Associado, com Agregação em Bioquímica Inorgânica, pela Universidade do Algarve. Nos últimos anos, tem promovido estudos sobre os efeitos antibacterianos e anticancerígenos de polioxometalatos bem como procurado entender quais são os seus mecanismos de ação.

Ligações internet relacionadas com o grupo de investigação

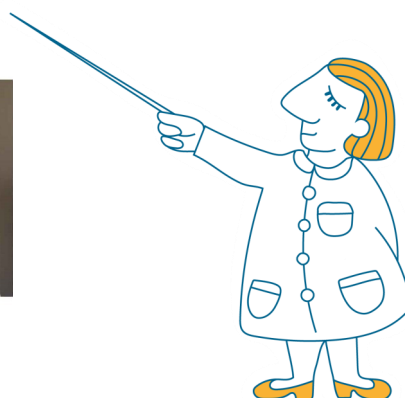
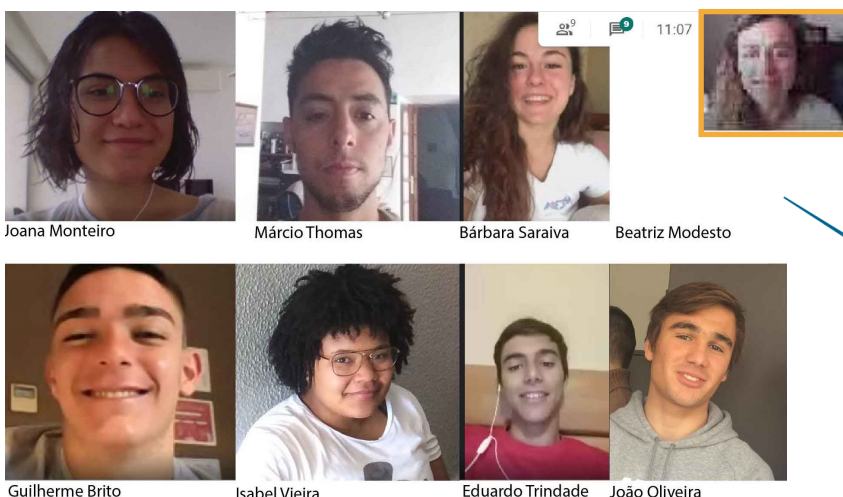
Manuel Aureliano: <https://www.ccmr.ualg.pt/users/maalves>

Ligações internet relacionadas com cursos onde os autores lecionam

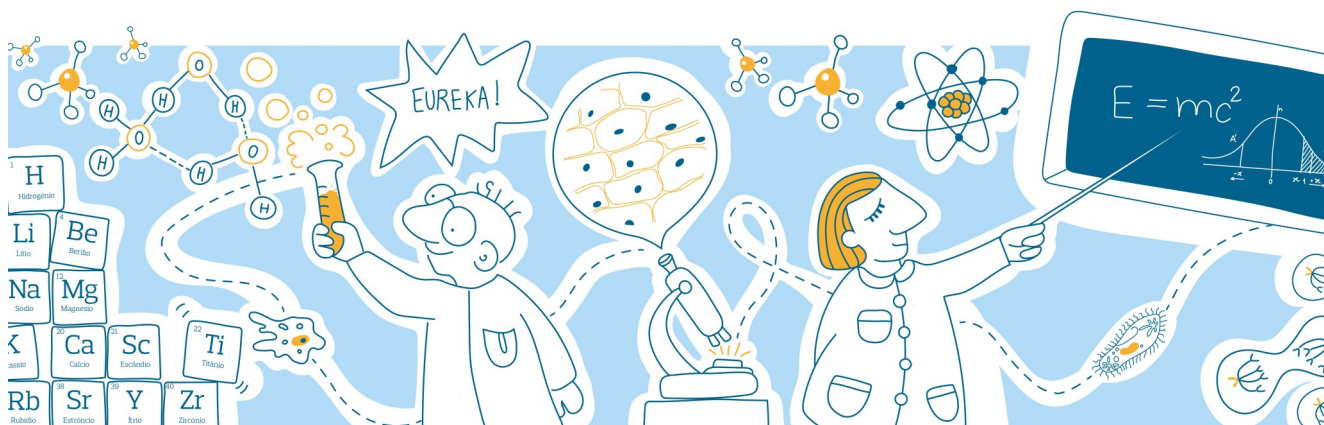
<https://fct.ualg.pt/pt>

Os nossos revisores

Os nossos jovens revisores/cientistas frequentam a **Escola Secundária José Belchior Viegas**, em São Brás de Alportel. Fazem parte do 12º ano, turma B do Curso de Ciências e Tecnologia e foram orientados pela **Professora Sónia Figueiredo** (Professora de **Química**, no quadro laranja nas fotografias). São um grupo de alunos muito heterogéneo mas muito bem disposto, interessado, dinâmico, inovador e de gostos muito diversificados: desde teatro a ginástica acrobática, de leitura a relaxar na praia, de música às saídas com os amigos, de televisão aos jogos de computador. São eles: **Joana Monteiro**, **Márcio Thomas**, **Bárbara Saraiva**, **Beatriz Modesto**, **Guilherme Brito**, **Isabel Vieira**, **Eduardo Palmeira** e **João Oliveira**.



Método computacional de avaliação do risco sísmico de escolas



Autor

João M. C. Estêvão

Afiliações

Departamento de Engenharia Civil, ISE-UAlg
CIMA – Centro de Investigação Marinha e Ambiental, UAlg

Revisão

Escola: ES Tomás Cabreira, Faro

Alunos: Catarina Catalão e Luís Sousa

SUMÁRIO — A avaliação sísmica de um conjunto elevado de escolas é uma tarefa muito complexa. Para facilitar esse trabalho, foi desenvolvido um novo programa informático no contexto do projeto de investigação PERSISTAH. O programa é constituído por um conjunto de módulos independentes (objetos computacionais), mas totalmente interligáveis entre si, como num brinquedo da “LEGO®”. Assim, é possível criar facilmente outros programas, bastando para isso ligar de outra maneira os objetos computacionais já criados. Os diversos módulos estão diretamente associados ao conceito de risco sísmico e o resultado do programa é uma lista ordenada de escolas em função do respetivo nível de segurança sísmica, que pode depois ser exportada automaticamente para o Google Earth®. **ABSTRACT** — *The seismic assessment of high number of schools is a very complex task. A new software was developed in the context of the PERSISTAH project, in order to make easier this task. The software is composed by a set of independent modules (computer objects), which are totally interconnectable like in a “LEGO®” toy. In this way, it is possible to create new software, just by a new assembly of the already developed computer objects. The different modules are closely related to the concept of seismic risk and the result is an ordered list of schools based on the corresponding seismic safety level, which can be automatically exported to the Google Earth®.*

Glossário

Risco sísmico

simplificadamente, o risco sísmico pode ser definido como sendo o produto da perigosidade pela vulnerabilidade e pela exposição (num deserto não existe risco, pois não existem elementos expostos à perigosidade, qualquer que seja a vulnerabilidade)

Perigosidade sísmica

simplificadamente, podemos dizer que a perigosidade sísmica (“*seismic hazard*” em inglês) mede a tendência para se sentirem sismos (ação sísmica), que pode ser expressa através da probabilidade de se exceder determinado valor dessa ação num determinado intervalo de tempo. A perigosidade de um local depende da Natureza e normalmente não pode ser alterada pela ação humana

É muito importante conhecer a segurança sísmica das escolas, pois o colapso de um edifício escolar pode resultar num grande número de perdas de vidas humanas, por existir uma grande concentração de pessoas, que são essencialmente crianças. Um exemplo deste problema foi o que aconteceu em Itália, como consequência do sismo de Molise de 2002, onde um grande número de alunos perdeu a vida em resultado do colapso de uma escola.

Foi neste contexto que surgiu o projeto PERSISTAH (Projetos de Escolas Resilientes aos SISmos no Território do Algarve e de Huelva), coordenado pela Universidade do Algarve, onde foi desenvolvido um programa informático destinado à avaliação do **risco sísmico** das escolas do primeiro ciclo existentes nas regiões do Algarve (Portugal) e Huelva (Espanha), de modo a ser criada uma lista ordenada de escolas em função das necessidades de reforço sísmico.

Avaliação do risco sísmico

No programa desenvolvido no projeto PERSISTAH foi adotada a estratégia de tentar aproveitar algum trabalho realizado anteriormente, desmembrando um conjunto de programas de modo a que fosse possível a sua divisão em módulos independentes (objetos computacionais). Cada objeto possui uma interface totalmente autónoma que permite interagir com o utilizador, contudo garantindo a capacidade de interligação dos vários módulos, como num brinquedo da “LEGO®” (Fig. 1). Assim, no futuro, será possível criar novos programas com muita facilidade,

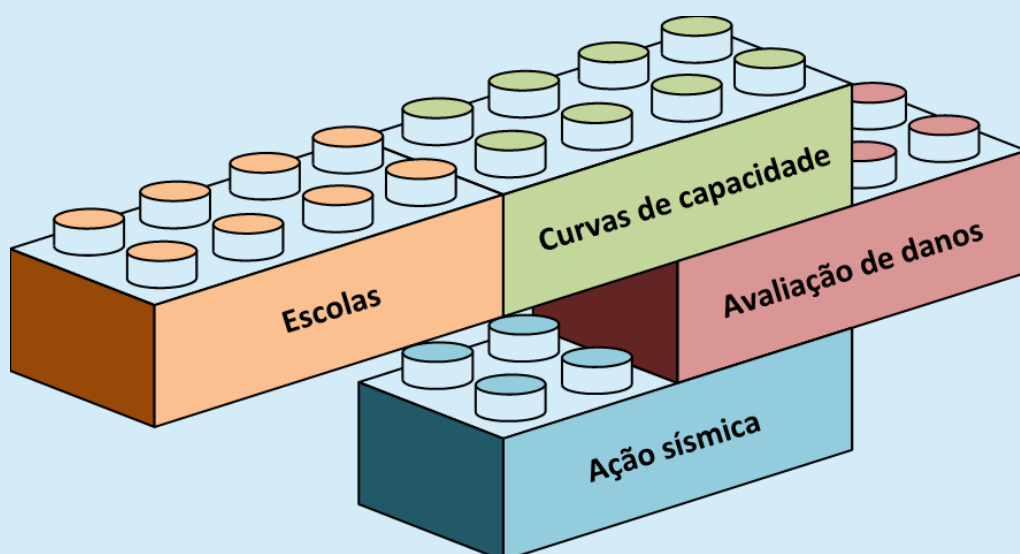


Figura 1. Representação da interligação entre os diversos objetos computacionais desenvolvidos (tipo brinquedo de “LEGO®”).

Vulnerabilidade sísmica pode ser definida como a medida da suscetibilidade de um elemento poder ser afetado pela ação de um sismo. Este é o fator que pode ser alterado por intervenção humana de modo a reduzir o risco sísmico. Quanto menor for a vulnerabilidade, menor será o risco (edifícios mais seguros)

Norma NP EN 1998-3:2017

nesta norma, atualmente em vigor, estão estabelecidos três níveis de dano para as escolas, que não podem ser ultrapassados quando ocorre um determinado sismo. Para sismos de pequena magnitude, mais frequentes (T_R de pouco mais de 100 anos), os danos devem ser limitados. Para sismos de maiores magnitudes, com períodos de retorno de cerca de 500 anos, teremos danos severos (poderá ser economicamente inviável reparar a escola), mas o edifício escolar tem de garantir a salvaguarda da vida humana. Para sismos de muito grande magnitude, com períodos de retorno de cerca de 1700 anos, os edifícios escolares ficarão próximos do colapso, e já não é totalmente garantida a salvaguarda da vida humana

bastando para isso ligar as “peças” de outra maneira. O programa possui três módulos principais: 1) uma base de dados com os edifícios das escolas e as suas características de **vulnerabilidade sísmica** (curvas de capacidade); 2) um módulo de definição da ação sísmica a considerar; 3) um módulo de resultados, onde é determinada uma estimativa de danos e um indicador de risco sísmico (um “school-score”).

Avaliação da vulnerabilidade sísmica

No programa desenvolvido, a vulnerabilidade dos edifícios é quantificada através da determinação de curvas de capacidade que permitem determinar o grau de dano de um edifício para um determinado valor de ação sísmica, de modo a ser possível a verificação dos níveis de segurança definidos na Norma NP EN 1998-3:2017 (Fig. 2). Para tal, são aplicadas forças horizontais ao nível dos pisos do edifício, que vão aumentando de intensidade até que seja atingido o colapso. A relação entre a soma das forças aplicadas (F_b) e o deslocamento no topo do edifício (d_n) é designada por curva de capacidade.

Módulo da ação sísmica

A ação sísmica selecionada pode ser: 1) o valor estabelecido numa norma regulamentar (no Algarve, agora está em vigor o Eurocódigo 8 que estipula o nível de vibração que um edifício deve resistir quando localizado num determinado local, não correspondendo a um evento sísmico em particular), essencialmente destinado a verificar

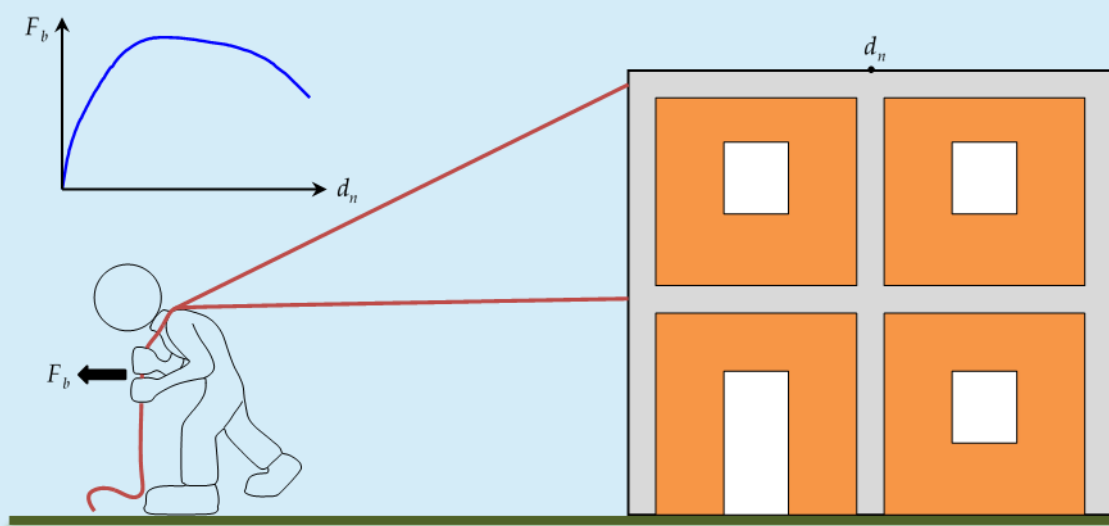


Figura 2. Esquema da obtenção de uma curva de capacidade de um edifício.

Período de retorno (T_R) corresponde ao número de anos estimado entre ocorrências de igual magnitude de um sismo

as necessidades legais de reforço sísmico; 2) um cenário de ocorrência de um sismo (com uma determinada magnitude, num determinado local, e num determinado tipo de falha, à escolha do utilizador), mais importante para as atividades da proteção civil.

Módulo dos resultados

Os resultados obtidos para cada edifício podem ser consultados em detalhe numa interface do programa ou podem ser exportados automaticamente para o Google Earth® (Fig. 3) para se obter uma melhor visão global dos resultados.

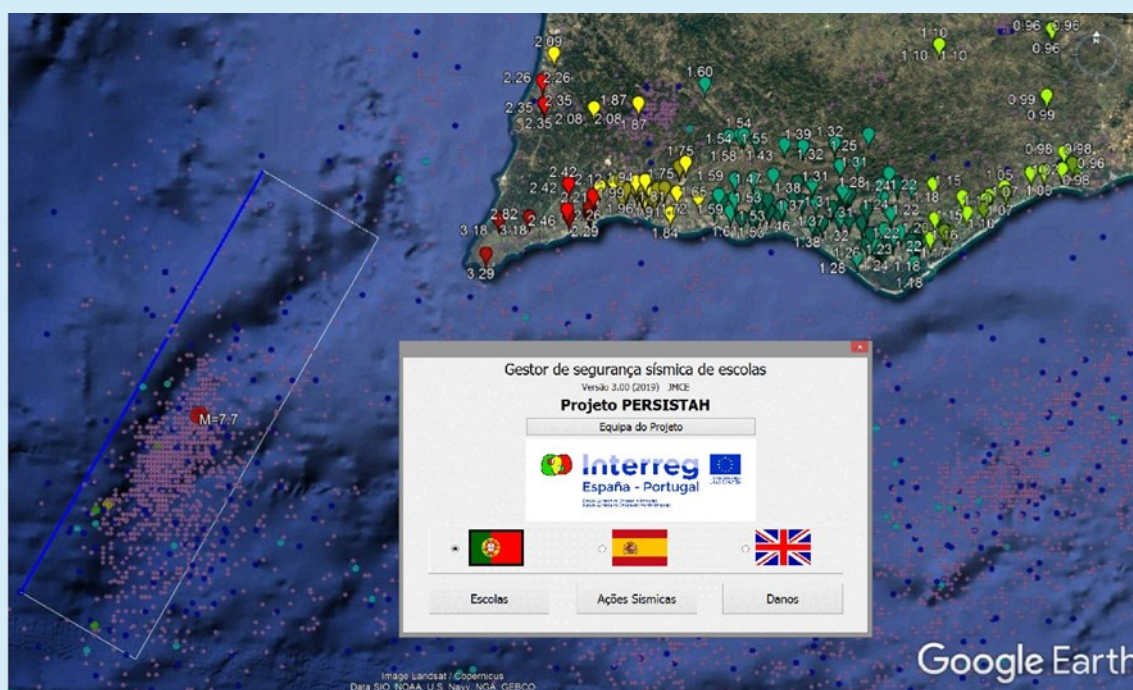


Figura 3. Exemplo da exportação de resultados para o Google Earth®, correspondentes a um determinado cenário de ocorrência de um sismo.

Conclusões

O programa desenvolvido possibilita a avaliação da segurança sísmica das escolas, muito rapidamente e com elevado rigor, quer para efeitos da verificação das necessidades de reforço sísmico, quer para o apoio às atividades da proteção civil.

Artigo original

Estêvão JMC *An Integrated Computational Approach for Seismic Risk Assessment of Individual Buildings*. *Applied Sciences* (2019) 9, 5088.

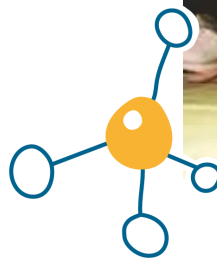
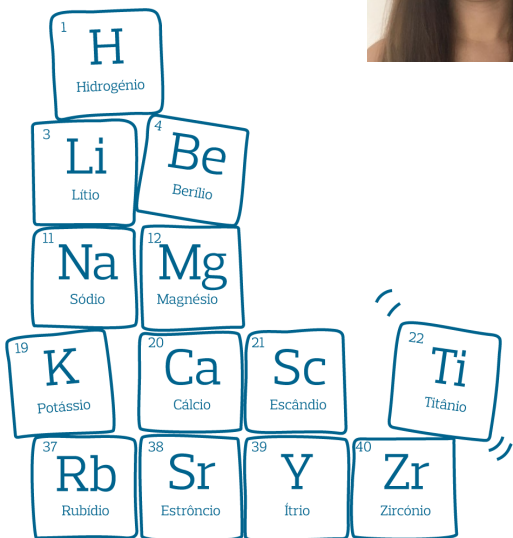
<https://doi.org/10.3390/app9235088>

Biografia do Autor

João M. C. Estêvão é professor na Universidade do Algarve (DEC-ISE-UAIG), e possui um doutoramento em Engenharia Civil. Tem desenvolvido trabalho de investigação no domínio da Engenharia Sísmica em geral, designadamente envolvendo estudos de perigosidade sísmica, dinâmica de solos, e de vulnerabilidade sísmica de edifícios (de betão armado e alvenaria tradicional). Neste contexto, tem criado diversos programas informáticos, nomeadamente com recurso a métodos de outras áreas científicas como a Investigação Operacional e a Inteligência Artificial.

Os nossos revisores

Os nossos revisores vêm da **Escola Secundária Tomás Cabreira**, em Faro. São eles: **Catarina Catalão** do Curso Profissional de Artes do Espetáculo, interessada em : teatro, teatro musical, música, ler, viajar pelo mundo, estilo de vida dos anos 50, cinema, línguas estrangeiras, coisas relacionadas com o mundo da fantasia (D&D, senhor dos anéis, Harry Potter...), e **Luís Sousa** do Curso Profissional de Dança Contemporânea, interessado em música e línguas estrangeiras. A revisão foi orientada pela **Professora Filomena Conceição**.



Como identificar a qualidade interna de frutos apenas com a luz



Autores

Dário Passos¹, Daniela Rodrigues¹, Ana M. Cavaco¹, Mária D. Antunes³ e Rui Guerra^{1,2}

Afiliações

1 – CEOT – Centro de Electrónica, Optoelectrónica e Telecomunicações, UAlg

2 – Departamento de Física da FCT, UAlg

3 – MED–Instituto Mediterrânico de Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento, DCBB–FCT, UAlg

Revisão

Escola: ES Doutor Jorge Augusto Correia, Tavira

Alunos: Gonçalo Matos, João Ramada, Pedro Cunha, Ana Romero, Joana Monteiro, Rita Silva, Ana Afonso, Bernardo Domingos e Manuel Neto

SUMÁRIO – A qualidade interna de frutos é normalmente determinada por métodos destrutivos nas cooperativas agrícolas e usada para classificar os lotes de fruta e determinar o seu preço de mercado. Neste trabalho, mostramos como se podem determinar alguns dos atributos de qualidade interna de frutos através da utilização de luz e consequente modelação computacional dos dados. Usando como fruto a pera 'Rocha' e aplicando técnicas de espectroscopia visível e de infravermelho próximo (VIS–NIR) e métodos de análise de dados (análise multivariada), conseguimos prever parâmetros relacionados com a doçura do fruto sem o destruir. Este método pode ser implementado em cooperativas agrícolas para medição da qualidade interna de frutos de casca fina, aumentando a eficiência e rapidez do processo e diminuindo os desperdícios. **ABSTRACT** – *Fruit internal quality is usually determined by laboratory destructive methods in packinghouses and is used to classify fruit batches and set their market value. In this work we demonstrate how some of these internal quality attributes can be determined non-destructively using just light and computational data analysis. Using 'Rocha' pear as a case study, we show how to determinate internal treats related with the sweetness of pears by using Visible–Near Infrared (VIS–NIR) spectroscopic techniques and machine learning methods to analyze the data. This method can be promptly implemented in farms and fruit packinghouses for the measurement of thin peel fruits internal quality properties, with an increased efficiency and less by-products (waste) compared to current methods.*

Glossário

Refratometria

técnica de determinação do índice de refração de uma substância

VIS-NIR

técnicas de análise que utilizam luz visível (a luz captada pelos nossos olhos) e infravermelha próximo (como a que permite o funcionamento, por exemplo, de comandos à distância)

Fotões

partículas elementares da luz

Grande parte dos frutos que nos são apresentados nas prateleiras dos supermercados passou previamente por um processo de seleção que os separa em termos de tamanho, cor, etc. No entanto sabemos que uma maçã grande, vermelha e lustrosa nem sempre é a mais saborosa! Torna-se, então, necessário e útil classificar a qualidade da fruta com base em atributos relacionados com o seu sabor, como, por exemplo, a doçura. Em muitos frutos, a doçura está relacionada diretamente com o **Teor de Sólidos Solúveis (TSS)**, uma vez que grande parte destes TSS (~80%) são açúcares. A maioria dos produtores agrícolas usa tradicionalmente um método destrutivo, a **refratometria**, que envolve extrair sumo do fruto, para fazer uma classificação da sua qualidade, podendo depois vender os melhores lotes a preços mais elevados. No entanto, este método tem algumas desvantagens óbvias. Muitos frutos têm que ser destruídos em laboratório para que a sua polpa e sumo possam ser analisados (quantificar o TSS). Para além de demorados e do desperdício que estes métodos originam, o número de amostras analisadas (geralmente algumas dezenas apenas) poderá ser pouco representativo de um lote de milhares de frutos. Precisamos, por isso, de desenvolver métodos que consigam prever o TSS de forma não destrutiva, rápida e de preferência para cada fruto que vai ser comercializado individualmente. Para isso, recorreremos à luz!

Interação da luz com a matéria

A área da Espectroscopia estuda a interação entre a luz e a matéria (Fig. 1). O processo de medição do TSS por meios espectroscópicos passa, então, por iluminar o fruto, por exemplo com luz na gama do **visível** ou do **infravermelho próximo (VIS-NIR)** e, de seguida, analisar a luz que este reflete. Alguma da radiação que incide no fruto irá entrar no seu interior, espalhar-se pela sua polpa e interagir com os compostos químicos que a compõe, isto é, alguns **fotões** com determinados comprimentos de onda (**diferentes cores**) irão ser absorvidos por moléculas específicas, como por exemplo as moléculas de glucose ou frutose (**açúcares**). Depois de interagir com o fruto, parte da luz é refletida em várias direções e pode ser detetada por um espectrómetro. Este aparelho tem a capacidade de contar o número de fotões de cores diferentes formando um espectro. O espectro é por sua vez representado como um gráfico.

É a partir desse gráfico que podemos comparar o número de fótons que incidem no fruto com o número de fótons de luz refletida e, posteriormente, concluir quais os que foram absorvidos pelo fruto. Uma vez que cada composto químico absorve fótons específicos, é possível identificar e quantificar as biomoléculas existentes na amostra.

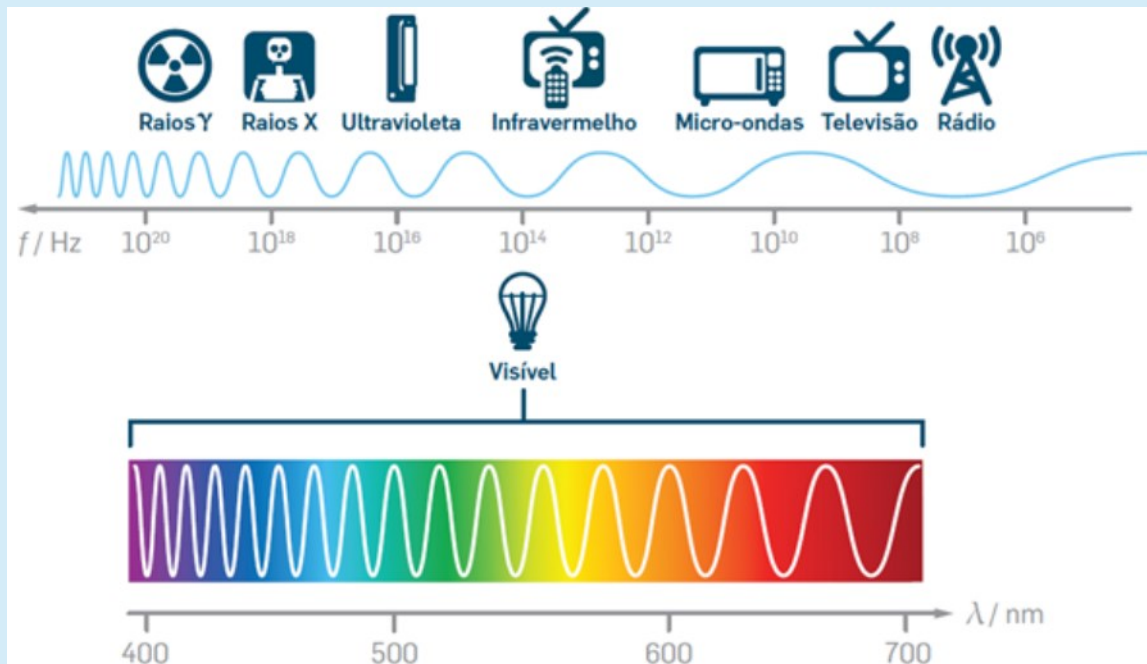


Figura 1. Representação do espectro electromagnético. O comprimento de onda é pequeno nos raios-x (elevada energia) e vai aumentando até chegar às ondas rádio (baixa energia).

Esta técnica só é mais eficaz na quantificação do nível de açúcares existentes em frutos de casca fina, uma vez que em frutos de casca grossa (ex. laranjas ou bananas) a elevada absorção da casca impede que a luz interaja com a polpa do fruto, tornando mais difícil a previsão do TSS. No entanto, a casca e a polpa da fruta partilham uma constituição química semelhante, o que, ainda assim, permite o uso desta técnica.

Medição não destrutiva do TSS em pera Rocha

Decidimos utilizar esta técnica para caracterizar um dos frutos mais comercializados e típicos de Portugal, e com denominação de origem protegida, a pera "Rocha" do Oeste (Fig. 2). Um dos maiores desafios neste tipo de técnica é a distinção dos diversos compostos químicos que existem nas amostras, pois muitos deles absorvem fótons das mesmas cores (picos de absorção que se sobrepõem).

Machine learning

é um ramo da inteligência artificial que se baseia na ideia de que sistemas podem aprender com dados, identificar padrões e tomar decisões com o mínimo de intervenção humana

Para podermos analisar os espectros e retirar alguma informação útil, temos de recorrer, por vezes, a métodos de análise de dados que incluem técnicas de análise multivariada e *machine learning* (aprendizagem automática).

Começámos por analisar cerca de 3600 espectros VIS-NIR de pera 'Rocha'. Após adquirirmos os espectros no nosso laboratório de Ótica, foi extraído individualmente o sumo das mesmas peras e o seu nível de TSS foi medido através de refratometria.

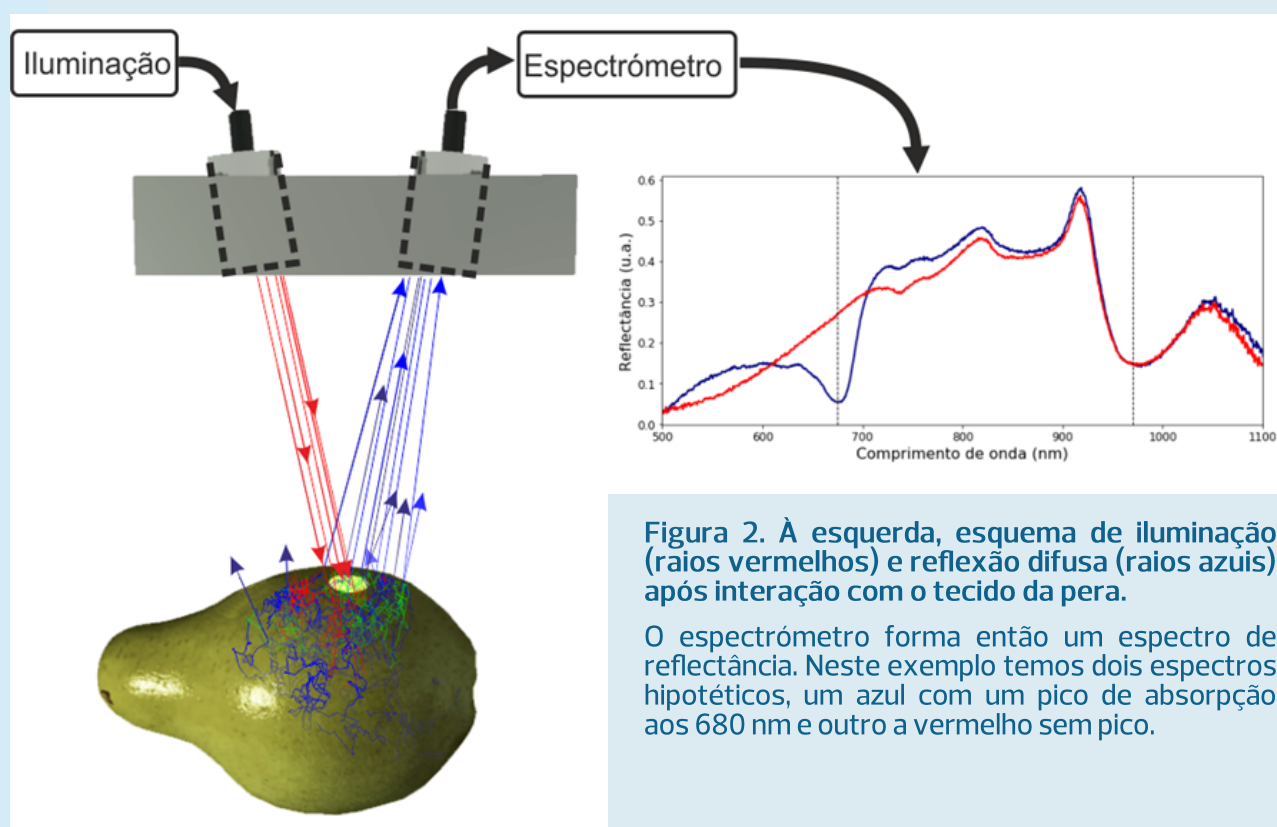


Figura 2. À esquerda, esquema de iluminação (raios vermelhos) e reflexão difusa (raios azuis) após interação com o tecido da pera.

O espectrómetro forma então um espectro de reflectância. Neste exemplo temos dois espectros hipotéticos, um azul com um pico de absorção aos 680 nm e outro a vermelho sem pico.

Esses mesmos dados foram utilizados para criar um modelo de previsão de TSS que nos permite determinar com um bom grau de precisão. Com a ajuda deste modelo podemos prever o **nível de TSS (doçura)** de qualquer nova pera sem ter que a destruir. Apenas temos que medir o seu espectro.

A montagem experimental que usámos e o procedimento de análise podem ser aplicados a linhas de classificação de fruta já existentes, tornando o processo da medição do TSS muito mais rápido, eficaz e sem desperdícios. Estamos neste momento a implementar esta tecnologia num calibrador de fruta comercial em colaboração com algumas empresas.

Artigo original

Passos D, Rodrigues D, Cavaco AM, Antunes M, Guerra R. *Non-Destructive Soluble Solids Content Determination for 'Rocha' Pear Based on VIS-SWNIR Spectroscopy under 'Real World' Sorting Facility Conditions. Sensors* (2019) 19, 5165. DOI 10.3390/s19235165

Biografia dos Autores

Dário Passos é bolseiro de investigação em Física pelo projecto OTICALFRUT no grupo de Sensores e Biologia do CEOT-UAIG

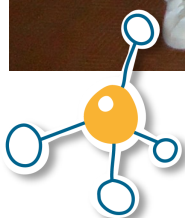
Rui Guerra é Professor do Departamento de Física na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve e presidente do CEOT-UAIG

Ligações internet relacionadas com o grupo de investigação

<https://www.ceot.ualg.pt/pt>

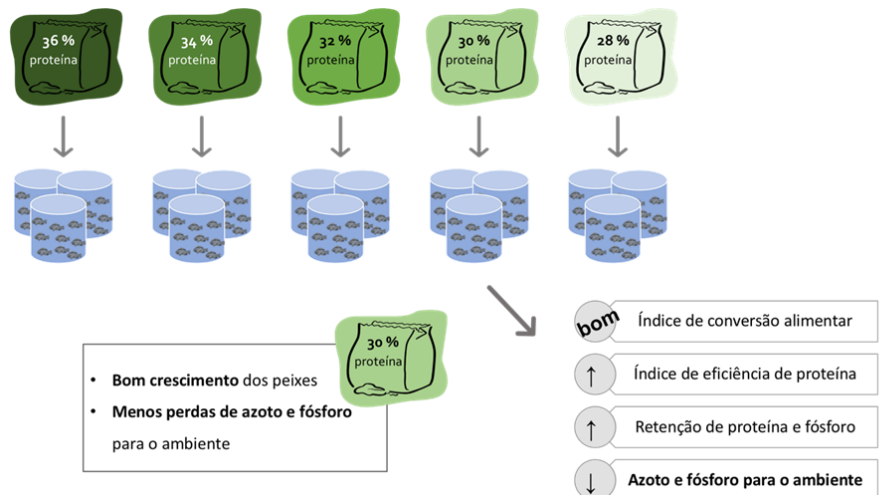
Os nossos revisores

Os nossos revisores vêm da **Escola Secundária Doutor Jorge Augusto Correia**, Tavira. São alunos do Curso de Ciências e Tecnologias, 11º ano, turma A1. Na foto, da esquerda para a direita, **Gonçalo Matos**, aluno brilhante interessado por Física, **João Ramada**, fanático pela modalidade de exercício físico calistenia e pela música pop, **Pedro Cunha**, interessado em cinema dramático e basquetebol, **Ana Romero**, apreciadora de séries televisivas espanholas, **Joana Monteiro**, uma artista que escreve e pinta esplendidamente, **Rita Silva**, amante de teatro e de desporto, com preferência para o ténis, as **Professoras Helena Bartolomeu** (Física e Química) e **Ana Cristina Matias** (Professora bibliotecária) que orientaram a revisão, e ainda **Ana Afonso**, apreciadora de arte e dos desenhos produzidos pela criatividade da mente humana, **Bernardo Domingos**, entusiasta do xadrez e da fotografia, e **Manuel Neto**, apreciador de hip-hop e de tocar guitarra.





Otimização de rações para juvenis de tilápia de modo a aumentar a sustentabilidade do setor aquícola



Autores

Rita Teodósio^{1,2}, Sofia Engrola¹, Rita Colen¹ e Cláudia Aragão^{1,2}

Afiliações

1 – Centro de Ciências do Mar (CCMAR), Aquagroup (Portugal)

2 – Universidade do Algarve (Portugal)

Revisão

Escola: ES Tomás Cabreira, Faro

Alunos: Catarina Catalão e Luís Sousa

SUMÁRIO – A aquacultura é o setor de produção animal em maior crescimento e o cultivo de tilápias representa 8% da produção global de pescado. No entanto, o desenvolvimento sustentável desta indústria depende da otimização de rações, nomeadamente através da redução da quantidade de proteína incluída, tendo em vista a diminuição do impacto ambiental do setor. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a possibilidade de redução dos níveis de proteína incluídos nas rações para tilápias. Foi realizado um ensaio de crescimento utilizando cinco rações com diferentes quantidades de proteína: 36, 34, 32, 30 e 28%. Todos os grupos de peixes cresceram de forma semelhante, mas os peixes alimentados com a ração com 30% de proteína apresentaram melhores índices de eficiência alimentar e menores perdas de azoto e fósforo para o ambiente. Assim sendo, foi demonstrado que é possível reduzir a quantidade de proteína das rações para 30%, sem comprometer o crescimento e a eficiência alimentar de juvenis de tilápia, assim como reduzir a perda de nutrientes para o ambiente. **ABSTRACT** – Aquaculture is one of the most thriving animal production sectors, and tilapia farming represents 8% of total finfish culture worldwide. However, the industry sustainability depends on the optimization of feeds, especially through the reduction of dietary protein content, in order to minimize nutrient losses to the environment. This study aimed to reduce protein levels in diets for tilapia. A growth trial was performed using five feeds with decreasing levels of protein: 36, 34, 32, 30 and 28%. All fish groups showed similar growth performance, however, fish fed the 30% protein diet presented better feed efficiency indicators. This study demonstrates that dietary protein levels can be reduced to 30% without hindering tilapia growth and feed efficiency, while reducing the release of nutrients to the environment.

Glossário

Formulação de rações tem como objetivo a obtenção de um alimento nutricionalmente equilibrado, de forma a promover o crescimento do animal. Este processo implica a integração de conhecimentos das exigências nutricionais do animal e da composição (nutrientes e respetivas proporções) dos ingredientes utilizados na ração

Índice de conversão alimentar

é a relação entre o total de alimento ingerido e o aumento de peso dos peixes. Este índice diz-nos quanto alimento é necessário que os peixes ingiram para crescer 1 kg. Por isso, este índice é melhor quanto mais baixo for, pois indica que os peixes necessitam de menos alimento (ração) para crescerem

Índice de eficiência de proteína

é a relação entre o aumento de peso dos peixes e o total de proteína ingerida. Quanto maior for este índice, mais eficiente é o peixe na utilização da proteína fornecida no alimento

A aquacultura é um dos setores de produção animal em maior desenvolvimento e crescimento. A produção de peixes de aquacultura tem vindo a aumentar, representando cerca de 47% da produção mundial de pescado. A tilápia é um peixe de água doce robusto, que se adapta a vários tipos de sistemas de cultivo e apresenta taxas de crescimento elevadas. Por estes motivos, o seu cultivo é bastante popular e representa 8% da produção global de pescado.

Com o crescimento do setor da aquacultura é necessário minimizar as perdas de nutrientes como o fósforo e o azoto para o meio natural. O crescimento dos peixes é essencialmente deposição de proteína no músculo. No entanto, quando a quantidade de proteína no alimento está em excesso, esta não é utilizada para crescimento mas sim como fonte de energia, o que resulta na excreção de compostos azotados para o ambiente. Tendo isto em conta, é essencial que os peixes utilizem o alimento ingerido de forma eficiente, ou seja, que os nutrientes fornecidos nas rações sejam utilizados para o seu crescimento e que a sua excreção para o ambiente seja minimizada.

Assim, de forma a garantir a sustentabilidade ambiental da aquacultura, é essencial otimizar a **formulação das rações**, de forma a minimizar o impacto ambiental deste setor.

Com o intuito de diminuir a percentagem de inclusão de proteína nas rações, sem comprometer o crescimento dos peixes e de modo a reduzir a excreção de fósforo e azoto para o ambiente, realizou-se um ensaio de crescimento em juvenis de tilápia. Este ensaio durou 8 semanas e consistiu na alimentação de tilápia com cinco rações com diferentes quantidades de proteína (36, 34, 32, 30 ou 28%).

Crescimento e utilização de alimento

Após 8 semanas de alimentação com as diferentes rações, os peixes foram pesados, não se registando diferenças significativas de crescimento entre eles, indicando que todas as rações eram adequadas para a aquacultura de tilápias.

No entanto, o **índice de conversão alimentar** dos peixes alimentados com a ração que continha 28% de proteína foi pior do que o dos peixes alimentados com as restantes rações (**Fig. 1**). Este resultado, em conjunto com os resultados de crescimento, indica que a quantidade de proteína nas rações pode ser reduzida até 30% (mas não até 28%) sem prejudicar o crescimento e o índice de conversão alimentar das tilápias. Além disso, os peixes alimentados com a ração contendo 30% de proteína também apresentaram um **índice de eficiência de proteína** mais

elevado, indicando que este grupo foi mais eficiente que os restantes na utilização da proteína do alimento.

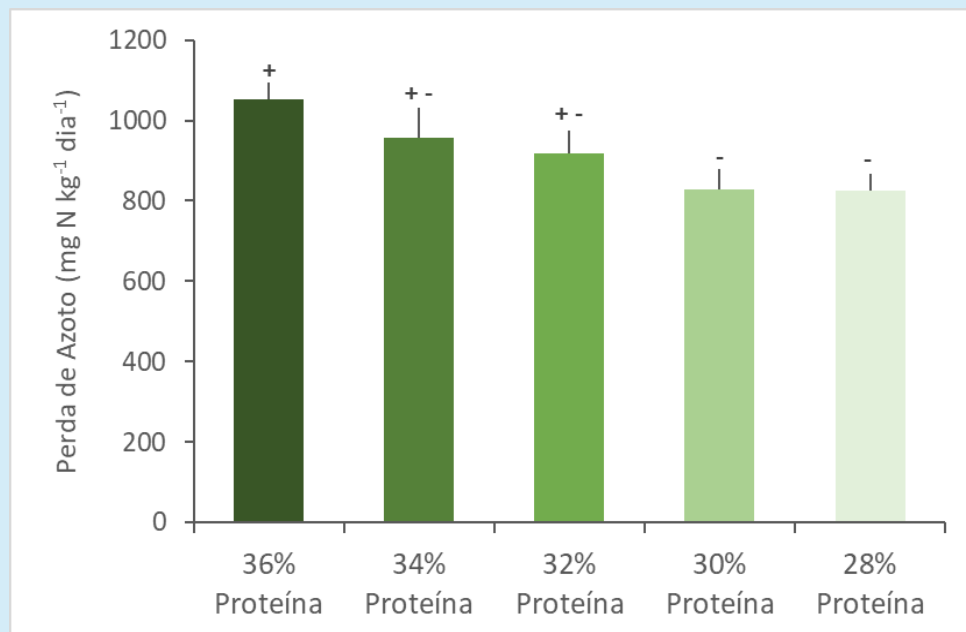


Figura 1. Perdas de azoto (N) para o ambiente em tilápias alimentadas com rações experimentais durante oito semanas.

Composição corporal e retenção de nutrientes

No final do ensaio de crescimento, os peixes alimentados com a ração que continha 30% de proteína apresentaram maiores teores de proteína, gordura e energia no corpo do que os restantes peixes. Além disso, nestes peixes foi maior a retenção de proteína e de fósforo do alimento no corpo. Este é um aspeto muito positivo, já que uma maior retenção de nutrientes significa uma menor excreção dos mesmos e consequentemente uma minimização do impacto ambiental.

De facto, em relação às perdas de nutrientes para o ambiente, verificou-se uma menor perda de azoto nos peixes alimentados com as rações contendo menores níveis de proteína (28% e 30%). Nos peixes alimentados com a ração que continha 36% de proteína, verificou-se uma perda de 64% do total de azoto ingerido, enquanto que os peixes alimentados com a ração contendo 30% de proteína perderam apenas 60%. Além disso, os peixes que foram alimentados com a ração que continha 30% de proteína apresentaram também uma menor perda de fósforo para o ambiente. As diferenças nas perdas de azoto e fósforo podem não parecer muito expressivas, no entanto, quando falamos de aquacultura intensiva, estes resultados representam uma diferença muito significativa

em valores absolutos de azoto e fósforo libertados para o ambiente, traduzindo-se num decréscimo significativo do impacto ambiental.

Conclusão

Este estudo demonstrou que é possível reduzir até 30% o nível de proteína nas rações utilizadas na aquacultura de tilápias. Estas novas rações garantem o crescimento e eficiência alimentar destes peixes e conduzem a uma redução nas perdas de azoto e de fósforo para o ambiente, tornando a produção de tilápia mais sustentável.

Artigo original

Teodósio R, Engrola S, Colen R, Masagounder K, Aragão C. Optimizing diets to decrease environmental impact of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) production. *Aquacult. Nutr.* (2020) 26, 422–431. <https://doi.org/10.1111/anu.13004>

Biografia dos Autores

Rita Teodósio é licenciada em Biotecnologia pela Universidade de Glamorgan no Reino Unido e encontra-se a fazer um Doutoramento em Nutrição de peixes de aquacultura no Centro de Ciências do Mar e na Universidade do Algarve.

Sofia Engrola é doutorada pela Universidade do Algarve em Aquacultura, especialidade Nutrição e é a Coordenadora do Grupo de Investigação em Aquacultura do Centro de Ciências do Mar.

Rita Colen é Mestre pela Universidade do Algarve em Aquacultura e Pescas, especialidade Aquacultura e é assistente de investigação no Grupo de Investigação em Aquacultura do Centro de Ciências do Mar.

Cláudia Aragão é doutorada pela Universidade do Algarve em Aquacultura, especialidade Nutrição e é investigadora no Grupo de Investigação em Aquacultura do Centro de Ciências do Mar, Universidade do Algarve.

Ligações internet relacionadas com o grupo de investigação

<https://www.ccmар.ualg.pt/>

<https://www.ccmар.ualg.pt/group/aquaculture-research-group>

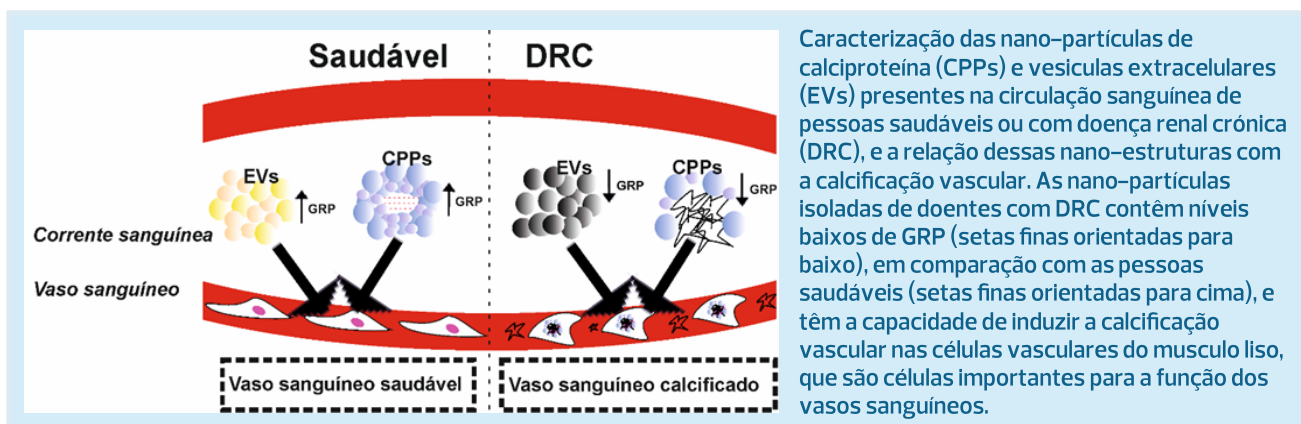
<https://www.facebook.com/Aquagroup/>

Os nossos revisores

Os nossos revisores vêm da **Escola Secundária Tomás Cabreira**, em Faro. São eles: **Catarina Catalão** do Curso Profissional de Artes do Espetáculo, interessada em : teatro, teatro musical, música, ler, viajar pelo mundo, estilo de vida dos anos 50, cinema, línguas estrangeiras, coisas relacionadas com o mundo da fantasia (D&D, senhor dos anéis, Harry Potter...), e **Luís Sousa** do Curso Profissional de Dança Contemporânea, interessado em música e línguas estrangeiras. A revisão foi orientada pela **Professora Filomena Conceição**.



A relação entre a doença renal crónica e complicações cardiovasculares – será a proteína GRP a solução?



Autores

Carla Viegas, Catarina Marreiros e Dina Simes

Afiliações

Centro de Ciências do Mar, Grupo de Bioquímica e Proteómica Funcional

Revisão

Escola: Colégio Internacional de Vilamoura

Alunos: João Palma, Laura Oliveira e Maria Papa

SUMÁRIO — Os doentes com doença renal crónica são o grupo populacional mais atingido pela doença cardiovascular, sendo esta a sua principal causa de morte. Apesar de ser reconhecido o papel da calcificação vascular como um dos fatores determinantes das complicações cardiovasculares nestes doentes, muitas questões relacionadas com o conhecimento dos mecanismos da doença e com a melhor forma de intervenção na prevenção e tratamento, continuam por esclarecer. Neste estudo foi possível confirmar que a composição sanguínea dos doentes renais crónicos tem uma grande influencia na calcificação ao nível vascular. Os resultados demonstraram que a proteína “Gla Rich Protein” (GRP) tem um papel fundamental para impedir esta calcificação, estando presente no nosso sistema cardiovascular (coração e vasos sanguíneos) e funcionando como um elo de comunicação entre o sangue e os tecidos vasculares. **ABSTRACT** — *Chronic kidney disease (CKD) patients are the population group with the highest incidence of cardiovascular diseases, which are the main death cause in these patients. Although it is currently accepted that vascular calcification is one of the crucial factors contributing to the high cardiovascular mortality in CKD patients, many questions regarding the disease mechanisms and possible intervention strategies both at prevention and treatment levels, are still to uncover. We have showed that the blood composition of CKD patients can influence calcification at tissue level, and that GRP protein has a major role as inhibitory factor to prevent this calcification, acting as a mediator factor between the blood and the vasculature.*

Glossário

Calcificação vascular (CV)

processo altamente regulado e caracterizado pela acumulação de mineral insolúvel de fosfato de cálcio, maioritariamente na forma de hidroxapatite, nas paredes vasculares

Aterosclerose

deposição de placas de gordura e cálcio no interior dos vasos sanguíneos podendo levar ao seu entupimento

Arteriosclerose

processo de endurecimento, perda de elasticidade e espessamento progressivo das paredes das artérias, dificultando o fluxo sanguíneo

Biomarcador

substância que pode ser medida e usada como um indicador de um estado fisiológico ou de uma doença particular, assim como de respostas farmacológicas a intervenções terapêuticas

Gla-Rich Protein (GRP)

proteína da família das proteínas dependentes da vitamina K, caracterizada, no ser humano, pela presença de 15 resíduos do aminoácido ácido γ -carboxiglutâmico (Gla), o que confere a esta proteína uma extraordinária afinidade para ligação ao cálcio quer na forma iónica ou de mineral de cálcio e fosfato

A doença renal crónica (DRC), caracterizada pela diminuição progressiva da função renal, e normalmente acompanhada por um aumento dos níveis de cálcio e o fosfato no sangue, é uma das principais causas de doença cardiovascular (cardio = coração; vasculares = vasos sanguíneos), principalmente porque os doentes com DRC apresentam maior probabilidade de virem a desenvolver **calcificação vascular (CV)**. A CV é responsável pelo espessamento, endurecimento e entupimento dos vasos sanguíneos (artérias, veias e vasos capilares), contribuindo para o aparecimento de **arteriosclerose** e/ou **aterosclerose**. Quando a aterosclerose afeta as artérias coronárias ou as artérias do cérebro pode provocar graves complicações cardiovasculares como a angina de peito, o enfarte do miocárdio ou o acidente vascular cerebral (AVC). Estas doenças são uma das principais causas de morte em Portugal e um dos maiores problemas de saúde pública no mundo inteiro.

Vários mecanismos anti-calcificantes funcionam de uma forma coordenada e sincronizada de modo a impedir que os vasos sanguíneos calcifiquem. Um dos mecanismos responsáveis por impedir esta calcificação é a existência de biomoléculas com capacidade anti-calcificante, que atuam tanto nas células constituintes dos vasos sanguíneos, como no sangue. Na verdade, existem cada vez mais evidências que a comunicação entre o sangue e os vasos sanguíneos é determinante para a saúde vascular. Um dos maiores desafios nesta área é perceber quais os fatores e respetivos mecanismos moleculares que promovem a CV e que fazem com que os doentes com DRC sejam mais propensos a problemas cardiovasculares. Este conhecimento irá com certeza levar à descoberta de melhores abordagens terapêuticas e de novos **biomarcadores** com capacidade de diagnóstico nas fases iniciais da doença.

A presença de baixos níveis de GRP na circulação sanguínea está associada com a calcificação vascular em doentes com DRC. Poderá a GRP ser um novo biomarcador e agente terapêutico para a DRC?

Trabalhos anteriores do nosso grupo demonstraram que a proteína **GRP (Gla-rich protein)** funciona como um inibidor da calcificação vascular e como anti-inflamatório. A forte associação desta proteína a várias formas de mineral de cálcio e fosfato e a vários mecanismos envolvidos na CV, sugerem uma função fundamental na regulação da CV, quer na circulação sanguínea quer ao nível dos tecidos vasculares.

Partículas de Calciproteína (CPPs)

complexos de mineral de cálcio e fosfato e proteínas presentes na corrente sanguínea. Estas nano-estruturas têm sido identificadas em várias situações patológicas, nomeadamente em doentes renais crónicos, e correlacionadas com a calcificação vascular, progressão da doença renal crónica e eventos cardiovasculares

Vesículas Extracelulares (EVs)

termo genérico para caracterizar um grupo de nano-estruturas vesiculares constituídas por uma bicamada lipídica e que podem ser libertadas por todos os tipos de células do organismo. Vários subtipos de vesículas extracelulares têm sido caracterizados, dependendo da via de biogénese, tamanho, composição, célula de origem, entre outros. São normalmente caracterizadas pela capacidade de conter e transportar no seu interior proteínas, ácidos nucleicos, lípidos e metabolitos, que conseguem transferir para outras células. Algumas destas EVs têm sido sugeridas como uma fonte valiosa de biomarcadores para várias patologias

Patogénico

com capacidade de provocar ou dar origem a doenças

A investigação científica e médica tem vindo a demonstrar que o sangue de pacientes com DRC possui propriedades únicas e promotoras de CV.

O objetivo principal do nosso trabalho foi estudar o papel da GRP associada a nano-estruturas que circulam no sangue, as **partículas de calciproteína** (CPPs) e **vesículas extracelulares** (EVs), e estabelecer a sua relação com a calcificação vascular. Estes dois tipos de nano-estruturas, apesar de serem bioquimicamente distintas, têm a capacidade de promover a formação de cristais de mineral de cálcio e fosfato, e têm sido sugeridas como eventuais promotoras de calcificação tecidual. No entanto, a caracterização destas partículas em circulação, quer ao nível da sua composição, formação e função, assim como o conhecimento detalhado sobre o seu papel na indução da calcificação vascular, ainda se encontra numa fase inicial.

Neste trabalho foi feito o isolamento destas nano-estruturas (CPPs e EVs) do sangue de pessoas saudáveis e doentes em vários estadios de DRC. Os resultados de caracterização estrutural e bioquímica mostraram que os níveis de GRP associados a ambas as nano-estruturas circulantes, CPPs e EVs, são menores em doentes com DRC, em comparação com pessoas saudáveis. Ensaio funcionais mostraram que estas nano-estruturas isoladas dos doentes com DRC com défice de GRP, têm a capacidade de promover a calcificação de células vasculares do musculo liso humanas. Um resultado muito interessante neste estudo foi o facto de, quando adicionámos GRP às nano-estruturas (CPP) isoladas do sangue dos doentes com DRC e promotoras de calcificação vascular, estas deixaram de ter a capacidade de promover a calcificação vascular.

Conclusão

Os resultados deste estudo sugerem que as nano-estruturas CPPs e EVs, presentes na circulação sanguínea, são fatores determinantes para a calcificação vascular em doentes com DRC. Neste processo, a capacidade anti-calcificante destas nano-estruturas depende da presença de inibidores da calcificação tais como a GRP. Quando estes inibidores sofrem alteração, quer por uma diminuição dos seus níveis ou perda de funcionalidade, estas nano-estruturas tornam-se "**patogénicas**" com capacidade de promover a calcificação ao nível dos vasos sanguíneos.

Neste sentido, estamos agora a investigar a utilização da GRP como biomarcador da CV associada à DRC, assim como a sua possível aplicação terapêutica.

Artigo original

Viegas CS, Santos L, Macedo AL, Matos AA, Silva AP, Neves PL, Staes A, Gevaert K, Morais R, Vermeer C, Schurgers L, Simes DC. *Chronic kidney disease circulating calciprotein particles and extracellular vesicles promote vascular calcification: a role for GRP (Gla-rich protein)*. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* (2018) 38, 575–587.
doi: 10.1161/ATVBAHA.117.310578

Biografia dos Autores

Dina Simes é Licenciada em Química Tecnológica pela Universidade de Lisboa, Mestre em Química Celular pela Universidade do Algarve (UAlg) e Doutorada em Bioquímica pela Universidade do Algarve (UAlg). Professora auxiliar de Bioquímica na Faculdade de Ciências e Tecnologias da UAlg desde 2003, é também líder e investigadora principal do grupo de Bioquímica Funcional e Proteómica (FBP) no Centro de Ciências do Mar (CCMAR). CEO e co-Fundadora na empresa GenoGla Diagnostics.

Carla Viegas é Doutorada em Bioquímica, especialidade em Biologia Molecular e Celular (Universidade do Algarve-UAlg), e atualmente investigadora auxiliar da UAlg no grupo de Bioquímica Funcional e Proteómica (FBP) no Centro de Ciências do Mar (CCMAR). COO e co-Fundadora na empresa GenoGla Diagnostics.

Catarina Marreiros é Farmacêutica pela Universidade do Algarve, é atualmente bolsista de investigação no Grupo de Bioquímica e Proteómica Funcional no Centro de Ciências do Mar da Universidade do Algarve.

Ligações internet relacionadas com o grupo de investigação

Centro de Ciências do Mar (CCMAR), Universidade do Algarve: <https://www.ccmар.ualg.pt/>

Site pessoal do grupo de investigação: <https://www.ccmар.ualg.pt/group/functional-biochemistry-and-proteomics>

Ligações internet relacionadas com os cursos lecionados pelos autores

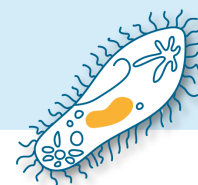
Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade do Algarve: <https://fct.ualg.pt/>

Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade do Algarve, Licenciaturas (1º e 2º Ciclo):

<https://fct.ualg.pt/pt/cursos/licenciatura>

<https://fct.ualg.pt/pt/content/mestrados-integrados-0>

<https://fct.ualg.pt/pt/content/mestrados-12>



Os nossos revisores

Os nossos jovens revisores são do Curso de Ciências e Tecnologias do 12º ano do **Colégio Internacional de Vilamoura**. Na fotografia estão com o **Professor Hugo Oliveira**, Professor de Biologia e Geologia que coordenou a revisão.



A última palavra é deles: "Nós, João Palma, Maria Papa e Laura Oliveira, somos alunos do 12º ano no Colégio Internacional de Vilamoura. O que nos une é o interesse e a curiosidade que sentimos pela ciência, nomeadamente a Biologia. Somos três alunos empenhados de 17 anos, que adoramos aprender e estar a par de todas as inovações. Aproveitamos para agradecer à Universidade do Algarve e ao nosso professor Hugo Oliveira, por nos terem proporcionado esta interessante experiência!"





Das árvores do Algarve para os pulmões do mundo



Autores

Filipa Guerreiro, Noelia Flórez Fernández e Ana Grenha

Afiliações

Centro de Ciências do Mar, *Drug Delivery Lab*, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, Faro, 8005-139, Portugal

Revisão

Escola: ES de Loulé

Alunos: *Participantes do 10ºE* – Alexandru Pîrlog, Amália Diana Cuc, Ariana Gomes, Beatriz Baptista, Carolina Felício, Carolina Morgado, Carolina Carrusca, Cristina Moroz, Daniel Reis, Daniela Farrajota, Dinis Antypenko, Diogo Oliveira, Francisco Guerreiro, Inês Santos, Íris Sousa, Íris Fonseca, Iúri Borisov, Jenny Jensen, Leonor Afonso, Lia Teixeira, Lucas Custódio, Lucas Farias, Manuel Borges, Matilde Guerreiro, Raquel Saraiva, Rui Henriques e Valeria Shevchuk.

Participantes do 10ºK – Ana Mendonça, Camila Rodrigues, Diana Venâncio, Iara Botequilha, Inês Guerreiro, Inês Madeira, Júlia Ceia, Júlia Estevam, Lara Pinto, Luana Vidal, Marco Sequeira, Marta Crato, Miguel Alves, Miguel Henriques, Rodrigo Correia e Tatiana Reis.

SUMÁRIO – A tuberculose é uma doença que afeta milhões de pessoas e o número crescente de casos de resistência aos antibióticos utilizados no seu tratamento tem motivado a procura de novas soluções. O nosso grupo de investigação faz parte do grupo alargado de cientistas que têm vindo a trabalhar nestas soluções. Neste âmbito, foi desenvolvida uma terapia inalatória (tratamento relacionado com a inalação de medicamentos) direcionada especificamente para o local da infeção, o pulmão, a qual consiste na utilização de micropartículas à base de goma de alfarroba que transportam os antibióticos. Estas foram produzidas e caracterizadas (morfologia e tamanho), tendo-se observado que têm as propriedades adequadas para alcançarem os alvéolos, local da infeção. Além disso, verificou-se que a exposição de macrófagos (células específicas do sistema imunitário), que são hospedeiros da bactéria causadora da doença, às micropartículas de goma de alfarroba, durante duas horas, culmina com a sua internalização (entrada para o interior da célula), as quais se localizarão assim no mesmo local que as bactérias.

ABSTRACT – Tuberculosis is a disease that affects millions of persons. The high number of resistance cases due to the drugs used in tuberculosis treatment has instigated the search for new solutions. Our research group is part of those trying to find these solutions. So, an inhalable therapy targeted to the infection site, the lung, was developed to treat tuberculosis. Locust bean gum microparticles were produced and characterised (morphology and size). These microparticles have shown to have the suitable properties to reach the alveoli, the infection area. Moreover, the exposure of the macrophages, host cells of the bacteria causing the disease, to locust bean gum microparticles for two hours led to the internalisation of the microparticles, which will thus be in the same place of the bacteria.

Glossário

Macrófagos

células cuja principal função é eliminar elementos estranhos ao organismo através de um processo de nome fagocitose (processo pelo qual os fagócitos – células – absorvem e digerem no organismo, os microrganismos ou substâncias que vêm do exterior)

Micropartículas

partículas com tamanhos entre 1 e 1000 μm (1×10^{-6} e 1000×10^{-6} metros). Algumas vezes são usadas como veículos transportadores de fármacos, incorporando esses fármacos e transportando os mesmos até um local específico

Polímero natural

macromolécula de origem natural formada a partir de unidades estruturais de pequenas dimensões designadas por monómeros

Solução

mistura homogênea de duas ou mais substâncias

Atomização

produção de micropartículas a partir de uma solução, que é transformada num *spray* num local com temperatura elevada que permite evaporação do líquido e recolha das micropartículas (pós) resultantes

A tuberculose é uma doença infecciosa que afeta milhões de pessoas em todo o mundo, ocorrendo após inalação da bactéria *Mycobacterium tuberculosis*, que se aloja na zona mais profunda do pulmão. O tratamento que se impõe é longo e está associado a efeitos secundários de alguma gravidade, bem como ao desenvolvimento de resistência aos antibióticos e conseqüente aparecimento da tuberculose multirresistente (que é resistente a vários antibióticos), a qual diminui consideravelmente o sucesso do tratamento.

De forma a melhorar a abordagem terapêutica e a evitar estas limitações, o nosso grupo de investigação tem vindo a desenvolver uma terapia alternativa ao tratamento que é geralmente realizado, baseada na entrega direcionada dos antibióticos nas células infetadas pela micobactéria, os **macrófagos** alveolares. Desta forma, foram desenvolvidas **micropartículas** à base de goma de alfarroba, um **polímero natural** abundante no Algarve. A ideia de base da estratégia é beneficiar da composição do polímero, que tem unidades de manose e galactose (glicídios mais simples), que poderão ser reconhecidas por recetores presentes na superfície dos macrófagos, favorecendo a internalização das micropartículas por estas células. Às micropartículas foram associados dois fármacos tuberculostáticos, a isoniazida e a rifabutina, ambos atualmente utilizados na prática clínica.

Da produção e caracterização das micropartículas de goma de alfarroba...

Após elaboração duma **solução** de goma de alfarroba, isoniazida e rifabutina, produziram-se micropartículas por **atomização**, uma técnica bastante utilizada na indústria farmacêutica, inclusive para obtenção de produtos inaláveis. A análise morfológica das micropartículas revelou formas irregulares com concavidades e convexidades (**Fig. 1**), o que melhora a capacidade de dispersão no pulmão após a inalação, ao diminuir as forças de coesão entre as partículas. Determinou-se um tamanho de $1,14 \pm 0,51 \mu\text{m}$, o qual se descreve na literatura como adequado para que as

micropartículas sejam internalizadas pelos macrófagos alveolares infetados. Desta forma, as micropartículas à base de goma de alfarroba serão potencialmente internalizadas pelas células após a sua deposição nos alvéolos, devido à sua composição e tamanho.

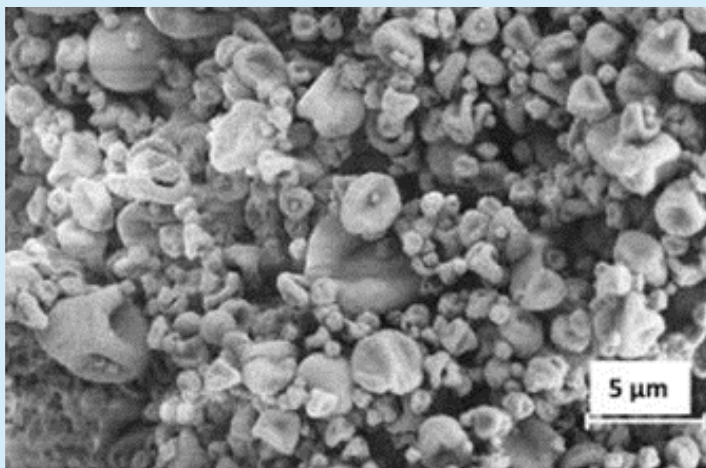


Figura 1. Microfotografia das micropartículas de goma de alfarroba contendo isoniazida e rifabutin.

... à sua entrada nas células

Para que esta terapêutica, desenhada especificamente para alcançar os macrófagos alveolares que contêm as bactérias infecciosas, tenha sucesso, é importante que estas células consigam internalizar as micropartículas. Assim, os macrófagos estiveram duas horas em contacto com as micropartículas de goma de alfarroba. De seguida, a população de células foi analisada e verificou-se que quase 100% destas capturaram micropartículas.

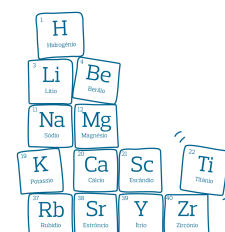
Conclusões e implicações práticas do trabalho apresentado

As micropartículas de goma de alfarroba demonstraram ter as propriedades adequadas para alcançar a região alveolar e proporcionar internalização pelas células infetadas com a micobactéria. Estes (e outros) resultados sugerem que a terapia inalatória que tem vindo a ser desenvolvida pelo nosso grupo de investigação poderá ser uma potencial alternativa ao tratamento convencional da tuberculose.

Artigo original

Rodrigues S, Alves AD, Cavaco JS, Pontes JF, Guerreiro F. da Costa AMR, Buttini F, Grenha A. (2017). *Dual antibiotherapy of tuberculosis mediated by inhalable locust bean gum microparticles*. *Int. J. Pharm.* (2017) 529, 433–441.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2017.06.088>



Biografia dos Autores

Filipa Guerreiro concluiu o mestrado em Ciências Biomédicas no ano de 2015 na Universidade do Algarve. Em março de 2017 iniciou o doutoramento também em Ciências Biomédicas sob a orientação da professora Ana Grenha, no *Drug Delivery Lab*. Atualmente encontra-se no terceiro ano de doutoramento sendo a sua linha de investigação orientada para o desenvolvimento de novas estratégias no tratamento da tuberculose.

Noelia Flórez Fernández é Engenheira industrial especializada em química industrial pela Universidade de Santiago de Compostela (Espanha), e doutorada em Ciência e Tecnologia Agroalimentar pela Universidade de Vigo (Espanha) no ano de 2018. Atualmente, encontra-se a desenvolver um pós-doutoramento no *Drug Delivery Lab*, na Universidade do Algarve. A sua especialidade baseia-se na extração de compostos bioativos a partir de macroalgas marinhas empregando tecnologias "amigas do ambiente".

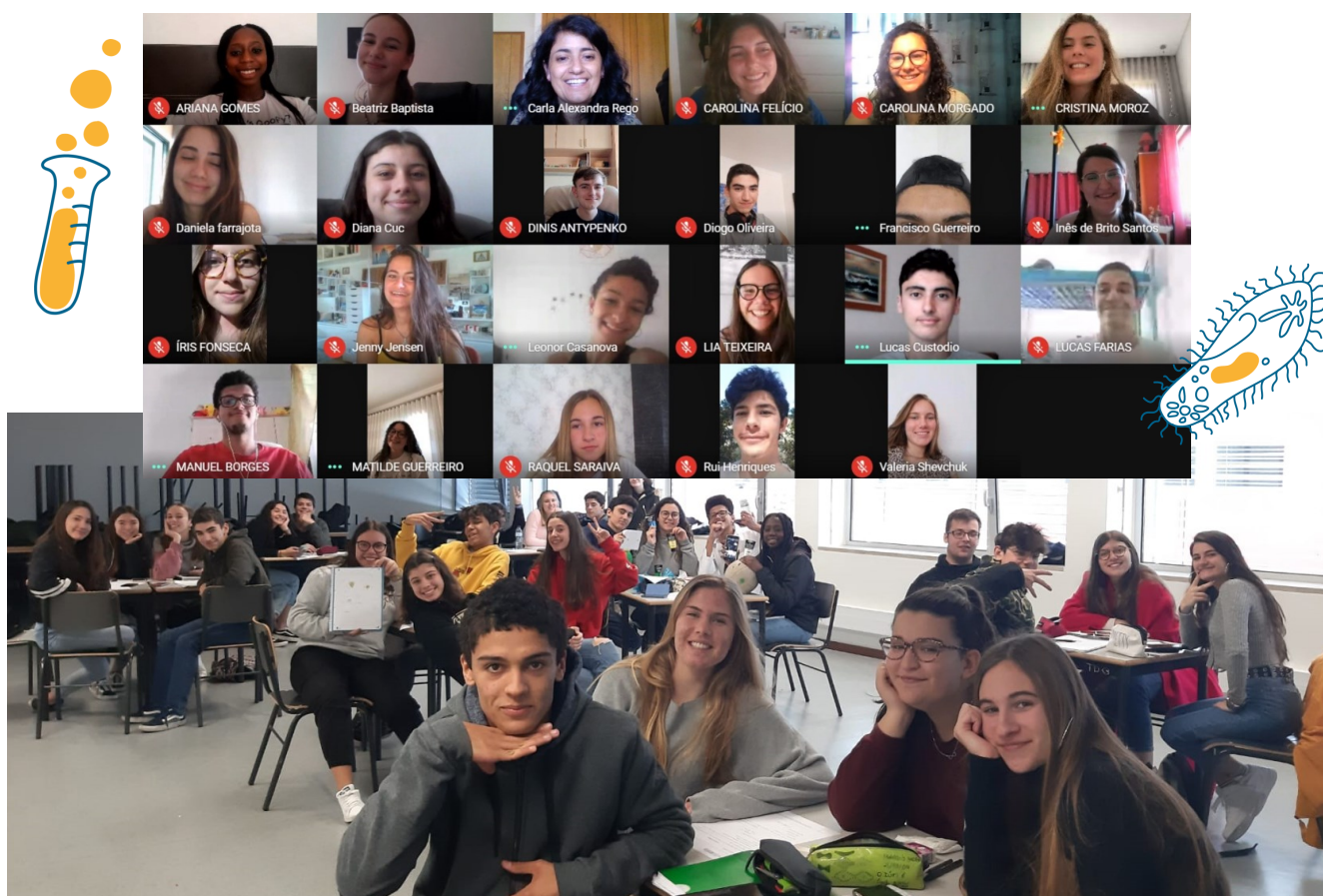
Ana Grenha é Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve, na área de Tecnologia Farmacêutica, desde 2007, e investigadora no Centro de Ciências do Mar. Doutorada em Farmácia, área de Tecnologia Farmacêutica pela Universidade de Santiago de Compostela (Espanha) no ano de 2007, fundou na UAlg o *Drug Delivery Lab*. Este, centra a sua atividade na administração pulmonar de fármacos, a que alia a exploração de potenciais novas aplicações de materiais de origem natural, nomeadamente polissacáridos (glicídicos ou hidratos de carbono complexos).

Ligações internet relacionadas com o grupo de investigação

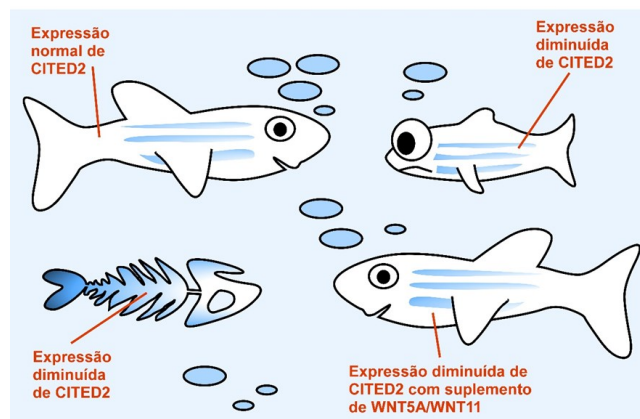
<https://www.ccmr.ualg.pt/users/amgrenha>

Os nossos revisores

Os nossos jovens revisores são da **Escola Secundária de Loulé**. Nas fotografias estão **Alexandru Pîrlog, Amália Diana Cuc, Ariana Gomes, Beatriz Baptista, Carolina Felício, Carolina Morgado, Carolina Carrusca, Cristina Moroz, Daniel Reis, Daniela Farrajota, Dinis Antypenko, Diogo Oliveira, Francisco Guerreiro, Inês Santos, Íris Sousa, Íris Fonseca, Iúri Borisov, Jenny Jensen, Leonor Afonso, Lia Teixeira, Lucas Custódio, Lucas Farias, Manuel Borges, Matilde Guerreiro, Raquel Saraiva, Rui Henriques e Valeria Shevchuk**, alunos da turma 10[°]E sob a coordenação da **Professora Carla Rêgo**. Participaram também na revisão, **Ana Mendonça, Camila Rodrigues, Diana Venâncio, Lara Botequilha, Inês Guerreiro, Inês Madeira, Júlia Ceia, Júlia Estevam, Lara Pinto, Luana Vidal, Marco Sequeira, Marta Crato, Miguel Alves, Miguel Henriques, Rodrigo Correia e Tatiana Reis**, alunos da turma 10[°]K sob a coordenação da **Professora Renata Afonso**.



Os poderes secretos das células estaminais para limitar as malformações do coração



Autores

José Bragança e Leonardo Mendes-Silva

Afiliações

Departamento de Ciências Biomédicas e Medicina,
Centro de Investigação em BioMedicina-CBMR, Universidade do Algarve
ABC-Algarve Biomedical Centre, Faro, Portugal

Revisão

Escola: ES José Belchior Viegas, São Brás de Alportel

Alunos: 11º ano do curso de Ciências e Tecnologias

SUMÁRIO – Este estudo mostra que nas células estaminais embrionárias, as proteínas WNT5A e WNT11 recuperam os defeitos da diferenciação cardíaca causados pela deficiência na expressão da proteína CITED2. Evidencia pela primeira vez que, tal como acontece em ratinhos, a expressão diminuída deste gene nos embriões de peixe-zebra provoca malformações cardiovasculares comprovando a necessidade da proteína CITED2 para o seu desenvolvimento e a sua sobrevivência. No entanto, o suplemento de WNT5A e WNT11 no início do desenvolvimento limita os defeitos cardíacos devidos à falta de CITED2 reduzindo, assim, a mortalidade dos embriões do peixe-zebra. Estes resultados indicam também que a função de CITED2 é conservada nos vertebrados, do peixe ao Homem, e sugerem que possam ser desenvolvidas futuras abordagens clínicas simples, que permitam prevenir ou limitar algumas malformações cardíacas em crianças. **ABSTRACT** – We showed that WNT5A and WNT11 proteins secreted by embryonic stem cells expressing high levels of CITED2 rescue the cardiac differentiation defects caused by CITED2 deficiency. Moreover, we have established that like in mouse, CITED2 is required for zebrafish embryonic development and survival, including for proper cardiac development. Interestingly, the supplementation of recombinant WNT5A and WNT11 at the onset of development rescued zebrafish embryonic viability and limited the heart defects of CITED2-deficient embryos. These results argued that CITED2 function is conserved in vertebrates, from fish to human, and suggest that future simple clinical approaches may be developed to limit or prevent some cardiac malformations in children.

Glossário

Fatores de transcrição
proteínas que estimulam ou reprimem a transcrição de um gene

Sinalização celular
sistema de comunicação entre as células que permite coordenar as atividades e as funções das células por diversos mecanismos, incluindo a secreção de proteínas que podem ligar a receptores específicos nas células vizinhas

Cardiogénese
desenvolvimento do coração

Doenças cardíacas congénitas
doenças do coração já presentes ao nascimento

Cardiopatas
doenças do coração

Células estaminais embrionárias
células indiferenciadas das quais originam todas as células do futuro organismo. Estas células estão presentes de forma transitória numa estrutura embrionária precoce, chamada o botão embrionário do blastocisto. As células estaminais embrionárias podem ser isoladas e mantidas indiferenciadas em laboratório. As células estaminais embrionárias podem também ser estimuladas em laboratório para diferenciar em todos os tipos de células do organismo adulto

O desenvolvimento normal do embrião depende da expressão ordenada no tempo e no espaço de genes específicos. Esta orquestração da expressão é controlada por proteínas chamadas **fatores de transcrição** e por vias de **sinalização celular** que promovem ou impedem a expressão dos genes importantes a cada passo do desenvolvimento. Pequenos desvios na estrita expressão dos genes envolvidos podem resultar num desenvolvimento defeituoso, e levar a atrasos do desenvolvimento, malformações de órgãos ou tecidos, e em casos mais extremos à morte do embrião durante a gestação. Em trabalhos anteriores, vários grupos de investigação, incluindo o nosso, mostraram que o fator modulador da transcrição CITED2 é crítico para a sobrevivência e o desenvolvimento dos embriões de ratinho. CITED2 é uma proteína com uma função conservada em todos os vertebrados e, em particular, tem um papel importante no processo de desenvolvimento do coração, chamado **cardiogénese**. O papel de CITED2 na cardiogénese do ser humano também é primordial, já que mutações ou a expressão inadequada de CITED2 foram associadas a malformações do coração presentes ao nascimento em crianças. Estas malformações são chamadas **doenças cardíacas congénitas** ou **cardiopatas congénitas**, e podem levar a variadas complicações na saúde dos pacientes (por mau funcionamento do coração), e até à morte em alguns casos. Devido ao progresso clínico, os médicos são agora capazes de detetar anomalias cardíacas congénitas mais facilmente e mais cedo, e assim tratar os pacientes mais adequadamente. No entanto, estas cardiopatas, adquiridas durante a gestação, continuam a ser as mais prevalentes na população mundial, e cerca de um bebé em 100 nasce com malformações do coração. Receia-se que este número venha ainda a aumentar substancialmente nos próximos anos.

A melhor compreensão da função de proteínas envolvidas na cardiogénese, tal como CITED2, poderá no futuro ajudar no diagnóstico, prognóstico e tratamento das cardiopatas congénitas.

CITED2 é importante para obter células cardíacas contráteis a partir de células estaminais embrionárias

As **células estaminais embrionárias** estão presentes de forma transitória numa estrutura embrionária precoce, chamada o botão embrionário do blastocisto, da qual são

Cardiomiócitos

células musculares do coração com capacidade de contração e que permitem ao coração de bater para bombear o sangue

Secreção de proteínas

exportação das proteínas produzidas dentro das células para o ambiente extracelular (fora das células)

originadas todas as células que vão constituir o futuro organismo. Estas células podem também ser cultivadas em laboratório, preservando a sua capacidade de gerar todos os tipos de células, incluindo **cardiomiócitos** que são as células musculares cardíacas com capacidade de contração, que permitem ao coração de bater. Assim as células estaminais embrionárias são frequentemente usadas como modelo para caracterizar os genes e as proteínas importantes para as várias etapas da cardiogénese. Usando este sistema, já demonstrámos em estudos anteriores que CITED2 é essencial para iniciar o processo de diferenciação das células estaminais embrionárias em células cardíacas.

Agora, mostrámos que a expressão de CITED2 nas células estaminais embrionárias está correlacionada com a expressão e **secreção das proteínas** de sinalização celular chamadas WNT5A e WNT11. Ademais, as proteínas WNT5A e WNT11 já foram identificadas como sendo proteínas essenciais para o desenvolvimento embrionário, incluindo para o processo de formação do coração.

O suplemento de proteínas WNT5A e WNT11A restaura a sobrevivência e o desenvolvimento correto do coração em embriões de peixe-zebra com expressão de CITED2 deficiente

O suplemento das proteínas WNT5a e WNT11 no meio de cultura das células estaminais embrionárias no início da diferenciação permite corrigir os defeitos da cardiogénese que são provocados pela deficiência na expressão de CITED2 (**Fig. 1A**). Conseguimos também verificar que no peixe-zebra, a proteína CITED2 desempenha um papel similar ao que foi avançado para o ratinho e para o Homem no desenvolvimento do coração, confirmando que a função da proteína CITED2 está verdadeiramente conservada nos vertebrados. O peixe-zebra tem sido utilizado de forma extensiva por muitos laboratórios de investigação nacionais e internacionais para desvendar os mecanismos moleculares importantes e conservados na cardiogénese dos vertebrados. Um dos resultados mais interessantes do nosso estudo, foi que o suplemento das proteínas WNT5A e WNT11 também se revelou ser capaz de restaurar a sobrevivência e o desenvolvimento do coração nos embriões de peixe-zebra com expressão de CITED2 deficiente (**Fig. 1B**).

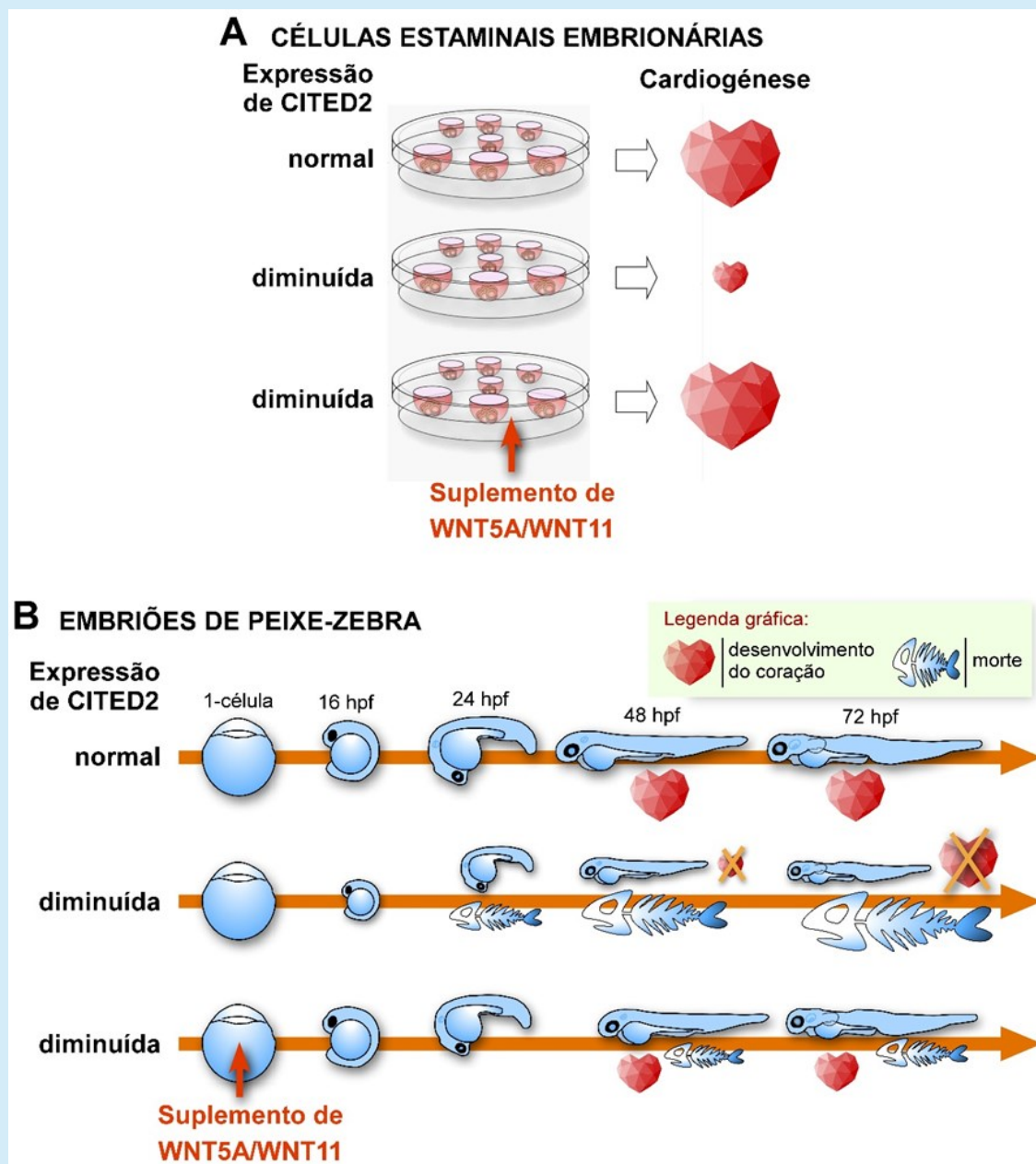


Figura 1. Resgate dos defeitos na cardiogênese causados por diminuição da expressão de CITED2, pelas proteínas WNT5A e WNT11. (A) As células estaminais embrionárias sem alteração dos níveis de expressão de CITED2 (normal) diferenciam de maneira eficiente em células cardíacas com propriedades contráteis. Ao contrário, as células com expressão reduzida de CITED2 (diminuída) têm pouca capacidade para diferenciar em células cardíacas, mas a capacidade de cardiogênese destas células é restaurada por suplemento das proteínas WNT5A e WNT11 no início da diferenciação das células estaminais embrionárias. (B) Os embriões de peixe-zebra sem alteração dos níveis de expressão de CITED2 (normal) desenvolvem-se normalmente, enquanto os embriões com uma expressão reduzida de CITED2 (diminuída) apresentam atrasos logo nas primeiras fases do desenvolvimento. Esses embriões apresentam também uma taxa de mortalidade elevada e defeitos de desenvolvimento do coração. A suplementação de WNT5A e WNT11 reduz de forma clara a mortalidade dos embriões e os defeitos cardíacos dos embriões de peixe-zebra com expressão de CITED2 diminuída.

Conclusão

Demonstrámos que a falha na expressão de CITED2, que afeta a cardiogênese tanto em células estaminais embrionárias como nos embriões de peixe-zebra, pode ser ultrapassada por suplemento de WNT5A e WNT11.

Artigo original

Santos JMA, Mendes-Silva L, Afonso V, Martins G, Machado RSR, Lopes JA, Cancela L, Futschik ME, Sachinidis A, Gavaia P, Bragança J. *Exogenous Wnt5a and Wnt11 proteins rescue Cited2 dysfunction in mouse embryonic stem cells and zebrafish morphants*. *Cell Death & Disease* (2019) 10, 582.

<https://www.nature.com/articles/s41419-019-1816-6>

Biografia dos Autores

José Bragança é doutorado em Bioquímica e Biologia Molecular (Université Paris XI, France) e Professor Auxiliar, membro do Conselho Científico do Departamento de Ciências Biomédicas e Medicina (DCBM) da Universidade do Algarve (UAlg). É membro da direção do Mestrado em Ciências Biomédicas do DCBM e do Programa Doutoral em Medicina Regenerativa e Mecanismos de Doenças (ProRegeM) conjunto à Universidade do Algarve e Universidade Nova de Lisboa, e é tutor de casos clínicos no Mestrado Integrado em Medicina. É Investigador Principal, membro da direção do Centro de Investigação Biomédica/Centre for BioMedical Research (CBMR) da UAlg, e dirige o Laboratório de Biologia de Células Estaminais inserido no Programa de Investigação em Medicina Regenerativa do DCBM. É também Vice-Presidente do Centro Académico Algarve ABC (Algarve Biomedical Centre), e Vice-Presidente da Sociedade Portuguesa de Células Estaminais e Terapia Celular.

Leonardo Mendes-Silva é atualmente aluno de doutoramento em Mecanismos de Doença e Medicina Regenerativa na Universidade do Algarve e na Universidade do Nova de Lisboa, programa ProRegeM. A sua formação de base é engenharia biológica, mestrado integrado da Universidade do Algarve. A sua dissertação de mestrado feita na Universidade de Groningen na Holanda através do programa de Erasmus. Antes de iniciar o projeto de doutoramento fez parte do grupo de investigação CEOT da Universidade do Algarve e trabalhou como consultor/investigador júnior na empresa 2Siglas em Faro.

Ligações internet relacionadas com o grupo de investigação

Centro de investigação em BioMedicina-CBMR, Universidade do Algarve: <http://cbmr.UAlg.pt/research/stemcelldevelop/>

Portal do grupo de investigação: <http://jembibet.wixsite.com/labcelestamjbraganc>

Ligações internet relacionadas com os cursos lecionados pelos autores

Mestrado em Ciências Biomédicas, Universidade do Algarve: <https://dcbm.ualg.pt/pt/curso/1434>

Mestrado Integrado em Medicina da Universidade do Algarve (MIM-UAlg):

<https://www.ualg.pt/pt/curso/1537#undefined>

Os nossos revisores

O grupo de revisores mascarados é constituído por **13 alunos do 11º ano do curso de Ciências e Tecnologias da Escola Secundária José Belchior Viegas, São Brás de Alportel**. A revisão foi coordenada pelo **Professor Rui Carlos da Rosa Chaves**.



A última palavra é deles: “Apesar de interesses atuais distribuídos pela Biologia e Geologia, é sempre muito interessante contribuir para a divulgação de trabalhos científicos desenvolvidos na Universidade do Algarve. O artigo em questão, teve a particularidade de abordar conteúdos da disciplina de Biologia do 11º ano. Agradecemos a oportunidade :)”.

SABER É O SEU PODER

Universidade
do Algarve



CURSOS LECIONADOS EM PORTUGUÊS

MESTRADO INTEGRADO

- › Medicina
- › Ciências Farmacêuticas

MESTRADOS

- › Arqueologia
- › Arquitetura Paisagista
- › Ciências Biomédicas – Mecanismo de Doenças
- › Ciências da Educação
- › Ciências da Linguagem
- › Contabilidade
- › Design de Comunicação para o Turismo e Cultura
- › Desporto de Recreação
- › Direção e Gestão Hoteleira
- › Educação Pré-escolar
- › Engenharia Civil
- › Ensino de Inglês no 1º Ciclo do Ensino Básico
- › Ensino de Português e Inglês no 2º Ciclo do Ensino Básico
- › Ensino do 1º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais no 2º Ciclo do Ensino Básico
- › Ensino do 1º Ciclo do Ensino Básico e de Português e História e Geografia de Portugal no 2º Ciclo do Ensino Básico
- › Finanças Empresariais
- › Fiscalidade

MESTRADOS

- › Geomática
- › Gestão, Empreendedorismo e Inovação
- › Gerontologia Social
- › Gestão de Marketing
- › Gestão de Recursos Humanos
- › Gestão de Unidades de Saúde
- › Gestão Empresarial
- › Gestão Sustentável dos Espaços Rurais
- › História e Patrimónios
- › Hortofruticultura
- › Neurociências Cognitivas e Neuropsicologia
- › Oncobiologia – Mecanismos Moleculares do Cancro
- › Psicologia Clínica e da Saúde
- › Psicologia da Educação
- › Psicologia Social, do Trabalho e das Organizações
- › Segurança e Saúde no Trabalho
- › Sociologia
- › Turismo

DOCTORAMENTOS

- › Arqueologia
- › Ciências Biomédicas
- › Ciências da Linguagem
- › Estudos de Património
- › Literatura
- › Psicologia

CURSOS LECIONADOS EM INGLÊS

MESTRADOS

- › Aquaculture and Fisheries
- › Biotechnology *
- › Food Technology *
- › Electrical and Electronics Engineering *
- › Informatics Engineering *
- › Management
- › Marine and Coastal Systems
- › Mechanical Engineering–Energy, Air Conditioning and Refrigeration
- › Marine Biology
- › Molecular and Microbial Biology *
- › Urban Water Cycle *

MESTRADOS ERASMUS MUNDUS

- › Marine Biological Resources
- › Quality in Analytical Laboratories
- › Tourism Economics and Regional Development
- › Tourism Organisations Management
- › Water and Coastal Management

DOCTORAMENTOS

- › Agricultural and Environmental Sciences *
- › Biological Sciences *
- › Biotechnological Sciences *
- › Chemistry *
- › Economics and Management Sciences
- › Electronics and Telecommunications Engineering *
- › Informatics Engineering *
- › Marine, Earth and Environmental Sciences *
- › Marine Sciences*
- › Mathematics *
- › Quantitative Methods Applied to Economics and Management
- › Tourism

