

## AValiação ONLINE PARAMETRIZADA NO ENSINO SUPERIOR DURANTE A PANDEmia DE COVID-19

RUI PAIVA<sup>1,2,3</sup>, MILTON FERREIRA<sup>1, 4</sup>, e MIGUEL FRADE<sup>3,5</sup>

<sup>1</sup> DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA DA ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO DO POLITÉCNICO DE LEIRIA

<sup>2</sup> CENTRO DE MATEMÁTICA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

<sup>3</sup> CENTRO DE INVESTIGAÇÃO EM INFORMÁTICA E COMUNICAÇÕES

<sup>4</sup> CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO EM MATEMÁTICA E APLICAÇÕES DA UNIVERSIDADE DE AVEIRO

<sup>5</sup> DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DA ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO DO POLITÉCNICO DE LEIRIA

rui.paiva@ipleiria.pt, milton.ferreira@ipleiria.pt, miguel.ferreira@ipleiria.pt

A adaptação do Ensino Superior às restrições impostas devido à pandemia de Covid-19 implicou a utilização de elementos de avaliação de conhecimentos realizados em regime online. Os testes convencionais de plataformas de ensino e aprendizagem são muito limitados no tipo de perguntas e pouco práticos na criação de diferentes versões das mesmas. Neste artigo descrevemos a experiência de implementação de testes e exames parametrizados na matemática do Ensino Superior durante o período de confinamento.

## 1. INTRODUÇÃO

O período de confinamento devido à pandemia de Covid-19 teve início oficial em Portugal durante o mês de março de 2020. Os professores viram-se obrigados a, num curto espaço de tempo, familiarizarem-se com as tecnologias do ensino para lecionar, avaliar, entre outras tarefas, em regime à distância. No Ensino Superior, os habituais testes e exames realizados presencialmente tiveram de ser adaptados para a modalidade online em muitas instituições. Câmaras ligadas, exames com várias versões, browsers bloqueados e avaliações orais por videoconferência são algumas das soluções adotadas para mitigar a fraude nas avaliações.

A generalidade das plataformas de ensino e aprendizagem permite a criação de testes online com diversos tipos de perguntas. Na avaliação em matemática as mais apropriadas são as perguntas de escolha múltipla, verdadeiro e falso, listas pendentes com várias alternativas, campos de entrada para introdução de expressões algébricas elementares e perguntas com possibilidade de anexar foto/digitalização da resolução. Em plataformas como o Moodle, a criação de várias versões dos testes e exames

pode ser feita através do trabalhoso processo de cópia e alteração manual das perguntas. A principal dificuldade apontada pelos professores é a implementação de determinados tipos de perguntas de forma adequada nas plataformas de ensino e aprendizagem convencionais.

Neste artigo apresentamos a experiência de implementação de exames de matemática parametrizados numa plataforma associada a um sistema de álgebra computacional (CAS). A proporção de questões que é possível transcrever de exames de matemática em papel para formato eletrónico é próxima de 100%.

## 2. MÓDULOS INTERATIVOS DE TREINO ONLINE

O MITO – “Módulos Interativos de Treino Online” (<https://mito.ipleiria.pt>) é um projeto de investigação e desenvolvimento do Instituto Politécnico de Leiria (IPL). Foi iniciado em 2010 com o principal objetivo de apoiar as unidades curriculares de matemática lecionadas no ensino presencial e no ensino à distância dos diferentes ciclos de oferta formativa do Ensino Superior através da construção de conteúdos didáticos interativos (Paiva [4]; Paiva, Ferreira, Eusébio e Mendes [6]; Paiva, Ferreira e Frade [5]). Um módulo interativo do MITO é constituído por apontamentos teóricos apoiados por aplicações dinâmicas, vídeos tutoriais e testes do STACK ([https://moodle.org/plugins/qttype\\\_stack](https://moodle.org/plugins/qttype\_stack)), um software de avaliação assistida por computador para matemática que possibilita a criação de testes aleatórios com correção e avaliação automáticas (Sangwin [11, 13, 12]).

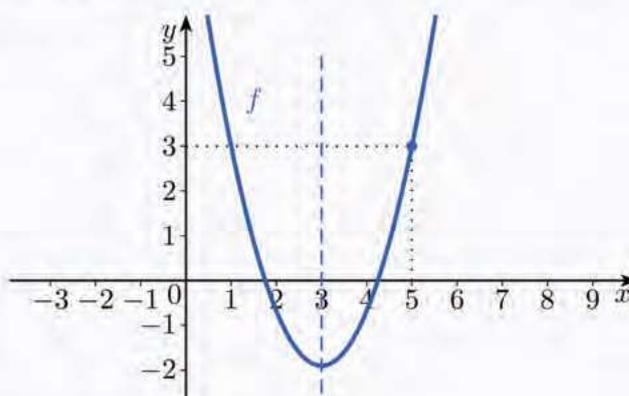
Os utilizadores principais dos conteúdos alojados no MITO são os alunos e professores do Departamento de Matemática (DMAT) da Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTG) do IPL. Os vídeos tutoriais e os apontamentos teóricos apoiados por aplicações dinâmicas são os conteúdos mais acedidos. Os testes formativos do STACK são acedidos principalmente pelos alunos que realizam avaliação sumativa no MITO.

Para dar uma ideia das vantagens dos testes do STACK relativamente aos testes convencionais de plataformas de ensino e aprendizagem como o Moodle, apresentamos algumas das suas características. No STACK é possível criar questões dependentes de parâmetros definidos pelo autor. Por exemplo, podemos gerar um conjunto de perguntas envolvendo a função  $f(x) = a(x - h)^2 + k$  onde  $a \in \{-3, -2, -1, 1, 2, 3\}$ ,  $h \in \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$  e  $k \in \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$ . Existem, portanto, 294 versões semelhantes, mas não idênticas desta questão. Quando um aluno abre um teste com

cinco perguntas desse tipo, cada pergunta é escolhida entre as versões disponíveis na base de dados. Como resultado, é possível disponibilizar ao aluno, com relativa facilidade, uma quantidade razoável de testes de treino e de avaliação online. No STACK, os alunos podem enviar as suas respostas na forma de uma expressão matemática. Por exemplo, o aluno pode responder a uma pergunta introduzindo um polinómio, uma raiz quadrada, um logaritmo, etc.. Essencialmente, as expressões matemáticas recebidas são avaliadas usando o software livre Maxima (*www.maxima.sourceforge.net*). Este sistema de álgebra computacional manipula expressões simbólicas e numéricas e permite estabelecer as propriedades matemáticas das respostas dos alunos. Esse recurso é particularmen-

te útil quando a pergunta tem várias respostas corretas. O STACK inclui vários testes de resposta para comparar expressões, um verificador de sintaxe e fornece um feedback relacionado com a resposta do aluno. Este último recurso ajuda a manter a motivação dos alunos e pode facilitar o processo de raciocínio (Harjula, 2008). Na figura 1, apresentamos uma questão do STACK envolvendo a função descrita acima. Esta questão tem infinitas respostas corretas, inclui um gráfico aleatório e exemplifica o feedback formativo que acompanha a resposta. O gráfico aleatório tem 294 versões diferentes correspondentes às variações de  $a$ ,  $h$  e  $k$ . Esta característica resulta de uma adaptação do código fonte para Moodle e STACK desenvolvido no âmbito do MITO (Paiva *et al.* [6]).

Na figura seguinte está parte do gráfico de uma função quadrática  $f$  que tem a reta de equação  $x = 3$  como eixo de simetria e contém o ponto  $(5, 3)$ .



Dê um exemplo de uma possível expressão algébrica de  $f$ .

$$f(x) = \boxed{(x-3)^2 - 2}$$

A sua resposta foi interpretada da seguinte forma:

$$(x - 3)^2 - 2$$

A sua resposta está parcialmente correta.

O gráfico da função definida por  $f(x) = (x - 3)^2 - 2$  tem a reta de equação  $x = 3$  como eixo de simetria.

Contudo, o seu gráfico não contém o ponto  $(5, 3)$ .

A sua classificação nesta tentativa é 0.6. Pode melhorá-la se corrigir a expressão.

🚫 Com penalizações e tentativas anteriores, tem 0.6 em 1.

Figura 1. Pergunta aleatória do STACK

### 3. UTILIZAÇÃO DO MITO EM AVALIAÇÕES ONLINE

A maioria dos estudos defende que as avaliações online com feedback formativo contribuem para a aprendizagem do aluno e melhoram o seu desempenho no exame final do curso (Varsavsky [14]; Roth, Ivanchenko & Record [9]; Ruokokoski [10]; Rasila, Havola, Majander & Malinen [7]; Angus e Watson [1]; Huisman e Reedijk [2]; Rivera, Ochoa & Perez [8]; Pacheco-Venegas, López & Andrade-Aréchiga [3]). A plataforma do MITO é utilizada para a realização de testes formativos e sumativos e trabalhos de

casa online no DMAT da ESTG do IPL desde 2011 (Paiva [4]; Paiva *et al.* [6]; Paiva *et al.* [5]). A articulação de testes online realizados presencialmente, em laboratórios de informática, com testes presenciais proporciona uma melhoria considerável no envolvimento e no desempenho do aluno (Paiva *et al.* [5]).

Estudos recentes indicam que a transcrição de exames de matemática em papel para formato eletrónico é viável para uma proporção significativa das questões (Sangwin [12]). No 2.º semestre do ano letivo 2019-20 e no 1.º se-

Tabela 1. Dados de algumas avaliações online realizadas no MITO.

Unidade curricular	Curso	Denominação da prova	Peso na nota final	N.º de alunos	Correção automática	Correção manual
Estatística II	Licenciatura em Gestão	Trabalho 2	15%	186	100%	0%
Estatística II	Licenciatura em Gestão	Exame normal	100%	177	44%	56%
Estatística II	Licenciatura em Gestão	Exame de recurso	100%	76	42%	58%
Estatística II	Licenciatura em Gestão	Exame especial	100%	21	44%	56%
Álgebra linear	Licenciatura em Engenharia Informática	Prova escrita 1	35%	353	100%	0%
Fundamentos de Matemática	4 cursos CTeSP	Prova escrita 1	20%	141	80%	20%
Fundamentos de Matemática	4 cursos CTeSP	Prova escrita 2	20%	134	85%	15%
Análise Matemática	Licenciatura em Engenharia Informática	Trabalho escrito	5%	268	100%	0%
Análise Matemática	Licenciatura em Engenharia Informática	Prova 2	10%	250	100%	0%
Análise Matemática	Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	Prova escrita 1	30%	91	60%	40%
Análise Matemática	Licenciatura em Engenharia e Gestão Industrial	Prova escrita 1	30%	53	60%	40%

mestre de 2020-21, como consequência da pandemia de Covid-19, a utilização do MITO para avaliações sumativas intensificou-se. Foram implementados no MITO testes e exames finais com até 100% de peso na nota final. A totalidade dos alunos de diferentes cursos de licenciatura de engenharia, gestão e cursos TeSP teve enunciados diferentes. Foi possível implementar integralmente as questões dos exames no MITO utilizando perguntas do STACK e itens com *upload* de fotos das resoluções ou campos de entrada de texto.

O processo de implementação de um exame online no MITO envolve as etapas de elaboração de um enunciado de exame convencional, escolha dos parâmetros aleatórios e programação das perguntas. A elaboração do enunciado é feita pelos docentes da disciplina e este é escrito preferencialmente em código LaTeX. As restantes etapas são realizadas pelos docentes membros do projeto MITO e envolvem programação em código Maxima interligado com LaTeX. A tabela 1 apresenta alguns dados relativos a algumas avaliações online realizadas no MITO nos dois últimos semestres. As perguntas com correção automática correspondem às perguntas do STACK, maioritariamente com campo de entrada de respostas na forma algébrica. As perguntas com correção manual incluem campos de escrita de texto ou possibilidade de anexar foto/digitalização da resolução da pergunta. Para facilitar a correção manual deste tipo de perguntas, o professor dispõe da resolução das versões disponibilizadas aos alunos.

#### 4. CUSTOS E BENEFÍCIOS DA CONSTRUÇÃO DE TESTES ONLINE

A programação de perguntas do STACK dependentes de parâmetros é uma tarefa trabalhosa e complexa. Muitas vezes envolve resultados matemáticos mais avançados do que o assunto que se está a avaliar. Por outro lado, requer o domínio dos códigos LaTeX, Maxima, entre outros. Mesmo dispondo de questões modelo, a autonomia necessária para criar perguntas de raiz requer conhecimentos de programação e um investimento considerável de tempo da parte do professor de matemática. Entendemos que estes factos representam o principal obstáculo à utilização do STACK numa instituição. Para mitigar este problema, a Aalto University, na Finlândia, dispõe de dois funcionários com formação em matemática e programação que trabalham exclusivamente na transcrição dos exames em papel para formato eletrónico com perguntas do STACK.

A transcrição de um exame de matemática de 2h30 em

papel para formato eletrónico por um professor experiente no STACK demora, no mínimo, 4h. Como a totalidade ou uma boa parte do exame é corrigida automaticamente, a tarefa compensa quando o exame é realizado por algumas dezenas de alunos. Por outro lado, a aleatoriedade das perguntas permite que sejam reutilizadas em diferentes anos letivos, nomeadamente em minitestes online.

#### 5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Desde o início do confinamento em Portugal, os professores familiarizaram-se de forma considerável com as tecnologias do ensino. Quando a pandemia passar, estamos certos de que muitos dos conhecimentos adquiridos e recursos didáticos elaborados continuarão a ser utilizados nos ensinos Secundário e Superior. Relativamente aos testes sumativos online, poderão também ser realizados presencialmente em laboratórios de informática. A sua articulação com testes escritos convencionais pode melhorar o envolvimento e o desempenho do aluno. O investimento inicial na programação das perguntas com correção automática terá o seu retorno ao fim de dois anos letivos.

O trabalho futuro do projeto MITO inclui o desenvolvimento das parcerias que tem com diversas instituições de Ensino Superior nacionais e estrangeiras e a criação de novas parcerias. Relativamente ao ensino não superior, o ensino da matemática terá, em breve, um novo programa. A eventual aposta nos recursos tecnológicos a que todos os alunos podem aceder livremente não deverá ficar alheia aos testes de treino e de avaliação online.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Angus, S.D.; Watson, J. "Does regular online testing enhance student learning in the numerical sciences? Robust evidence from a large dataset". *British Journal of Educational Technology*, 40(2) (2009), 255-272.
- [2] Huisman, R.; Reedijk, H. E. The impact of individual online tests in addition to group assignments on student learning. *Proceedings of the International Conference on Information Communication Technologies in Education*, 1 (2012), 654-667.
- [3] Pacheco-Venegas, N.D., López, G.; Andrade-Aréchiga, M. "Conceptualization, development and implementation of a web-based system for automatic evaluation of mathematical expressions." *Computers & Education*, 88 (2015), 15-28.

[4] Paiva, Rui C. "Conteúdos didáticos multimédia, testes e exercícios de treino de Matemática online". *Boletim especial da Sociedade Portuguesa de Matemática* 1 (2011): 119-123.

[5] Paiva, R.C.; Ferreira, M. S.; Frade, M. M. "Intelligent tutorial system based on personalized system of instruction to teach or remind mathematical concepts". *Journal of Computer Assisted Learning*, 33 4 (2017): 370-381.

[6] Paiva, R.C.; Ferreira, M. S., Mendes, A. G.,; Eusébio, A. M. J. "Interactive and multimedia contents associated with a system for computer-aided assessment". *Journal of Educational Computing Research*, 52(2) (2015).

[7] Rasila, A.; Havola, L.; Majander, H.; Malinen, J. "Automatic assessment in engineering mathematics: evaluation of the impact". In *Reflektori 2010: Symposium of engineering education. Teaching and Learning Development Unit.* (2010)

[8] Rivera, Z.; Ochoa, R.; Perez, B.. Improving Student Results in a Statics Course using a Computer-based Training and Assessment System. Paper presented at IEEE: Frontiers in Education Conference (2013, October 23-26) doi: 10.1109/FIE.2013.6685165.

[9] Roth, V.; Ivanchenko, V.; Record, N. "Evaluating student response to WebWork, a web-based homework delivery and grading system." *Computers & Education*, 50 (2008), 1462-1482.

[10] Ruokokoski, J. *Automatic assessment in university-level mathematics* (MSc). Finland: Helsinki University of Technology (2009).

[11] Sangwin, C. "Assessing elementary algebra with STACK". *International Journal for Mathematical Education in Science and Technology*, 38(8) (2007), 987-1002.

[12] Sangwin, C. "Automation of mathematics examinations". *Computers & Education*, 94 (2016), 215-227.

[13] Sangwin, C. *Computer Aided Assessment of Mathematics*. Oxford University Press (2013).

[14] Varsavsky, C. "Can online weekly quizzes contribute to learning in mathematics?" IN S. C., Chu, W.C., Yang, T.D., Alwis, & K.C., Ang (Ed.), *Proceedings of the 9th Asian Technology Conference in Mathematics* (pp. 161-168) (2004). Singapore: ATCM Inc.

#### SOBRE OS AUTORES

**Rui Paiva** é professor adjunto no Departamento de Matemática da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria. Estudou na Universidade de Coimbra e fez doutoramento na Universidade do Porto. É o coordenador do projeto MITO - Módulos Interativos de Treino Online e os seus interesses de investigação são sistemas dinâmicos e tecnologias no ensino da matemática.

**Milton Ferreira** é professor adjunto no Departamento de Matemática da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria. Fez a licenciatura e doutoramento na Universidade de Aveiro. É membro do projeto MITO e os seus interesses de investigação são Análise de Clifford, cálculo fracionário e teoria dos girogrupos.

**Miguel Frade** é professor adjunto no Departamento de Eng. Informática da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria. Estudou na Universidade de Coimbra e fez doutoramento na Universidade da Extremadura, Espanha. Colabora no projeto MITO e os seus interesses de investigação são cibersegurança e informática forense.