

## Capítulo 3

Dina Seabra, João Pedro Cruz, Luís Descalço, Paulo Carvalho e Paula Oliveira

### **Computadores no apoio ao estudo autónomo e avaliação em Matemática**

O paradigma de ensino e aprendizagem está a mudar de um modelo tradicional em que os professores são a fonte da informação e conhecimento para um modelo em que estes funcionam como conselheiros que observam cuidadosamente os estudantes, ajudam na seleção da informação identificando as suas necessidades de aprendizagem e apoiam os estudantes no seu estudo autónomo.

Neste novo paradigma, os computadores e tecnologias de informação e comunicação podem ser efetivos, não apenas como meios para a transmissão do conhecimento, mas também como ferramentas capazes de fornecer automaticamente feedback e diagnóstico, no processo de aprendizagem e avaliação.

O computador no ensino da Matemática, para além de ser uma ferramenta de trabalho que possibilita o acesso a uma grande quantidade de informação, facilita a diversificação de estratégias e de materiais pedagógicos que estimulam o interesse dos estudantes e os motivam. Além disso, permite aos estudantes envolverem-se em atividades que identificam as suas dificuldades de modo a melhorar as suas aprendizagens. Por outro lado, os estudantes esperam a inserção do uso do computador, tecnologia que lhes é familiar e com a qual contactam todos os dias, quer na sala de aula quer no apoio

ao estudo autónomo e autoavaliação.

Na área da matemática, já existe material pedagógico baseado em ambientes Web, produzido, por exemplo, nos projetos Passarola da Universidade do Minho (Almeida, Araújo, Brito, Carvalho, Machado, Pereira, & Smirnov, 2013) e MITO “Módulos Interativos de Treino Online”, do Instituto Politécnico de Leiria, em que o utilizador gera exercícios e tem acesso à solução (MITO, 2019) .

Neste trabalho apresentam-se três sistemas informáticos desenvolvidos para a criação e utilização de exercícios com resoluções detalhadas gerados automaticamente a partir de modelos parametrizados. Estes exercícios são usados quer para apoio ao estudo autónomo quer para avaliação, em ambientes que ajudam na orientação do estudante, com interação e feedback. Desta forma, o estudante, ao alcance de um clique, tem possibilidade de resolver um ou mais exercícios sobre o mesmo assunto e, caso pretenda, pode comparar a sua resolução com a resolução proposta, a qual poderá ser mais ou menos detalhada consoante o assunto e o nível em que se enquadra. O facto de os exercícios estarem acessíveis permite ao estudante refletir sobre eles e esclarecer algumas dúvidas. Recorrendo a este tipo de material didático o estudante tem possibilidades de recuperar pré-requisitos de algumas unidades curriculares, ajudando-o, assim, a ultrapassar a falta de conhecimentos de base que são, frequentemente, as dificuldades na resolução de um exercício.

Há uma longa tradição no desenvolvimento e utilização de sistemas informáticos e conteúdos digitais parametrizados para apoio ao estudo e avaliação na Universidade de Aveiro. O Projeto Matemática Ensino (PmatE) desenvolve, desde 1989, software destinado a aumentar o gosto pela Matemática, nomeadamente pela Matemática escolar, sendo igualmente instrumento de avaliação e aprendizagem (Vieira, Carvalho, & Anjo, 2001). O público-alvo estende-se presentemente do Ensino Básico ao Ensino Superior, embora com diferentes níveis de envolvimento.

Apresenta-se uma abordagem utilizada em unidades curriculares da área da Matemática do 1º e 2º ano dos cursos de Ciências e Engenharia, que resulta da ligação entre três projetos de utilização de tecnologias no ensino, MEGUA, SIACUA e PmatE, da Universidade

de Aveiro, e interligação das suas respetivas plataformas informáticas com o mesmo nome. O projeto MEGUA (Mathematics Exercise Generator, University of Aveiro) tem por principal objetivo a criação e partilha de conteúdos parametrizados entre autores, fazendo uso do software de cálculo simbólico Sage Mathematics (Cruz, Oliveira, & Seabra, 2012; Cruz, Oliveira, & Seabra, 2018). O projeto SIACUA (Sistema Interativo de Aprendizagem por Computador da Universidade de Aveiro) visa a criação de sistemas informáticos com interação e feedback de apoio ao estudo autónomo (Descalço & Carvalho, 2015; Descalço et al., 2015a; Descalço et al., 2015b) e que, além de outros recursos, faz uso de uma grande quantidade de conteúdos criados no âmbito do projeto MEGUA. E, finalmente, o projeto PmatE, já referido, que é usado como uma plataforma de avaliação, com os conteúdos criados quer na plataforma MEGUA quer no próprio PmatE (modelos geradores de questões).

Do estudo de caso apresentado conclui-se que os estudantes consideram que o material resultante destes projetos é útil para a sua aprendizagem.

### **Modelos geradores de questões: sistemas PmatE e MEGUA**

Um Modelo Gerador de Questões (MGQ) pode ser definido como um texto de autor, que, como o nome indica, gera um conjunto de exercícios por concretização de parâmetros. Estes parâmetros podem assumir, através do recurso a uma linguagem de programação, valores em diferentes domínios que podem ser, conjuntos numéricos, conjuntos de funções (escalares ou vetoriais de uma ou várias variáveis reais), conjuntos de imagens (incluindo gráficos de funções). Para além destes objetos matemáticos, os parâmetros podem ser obtidos de conjuntos de frases ou palavras dum conjunto pré-definido. Quando os parâmetros são aleatoriamente concretizados, gera-se uma questão concreta. Em suma, um modelo gerador de questões é um exercício parametrizado, ou ainda, uma família de exercícios, com os mesmos objetivos pedagógicos para um dado conceito ou conjunto de conceitos (Vieira, Carvalho, & Oliveira, 2004; Cruz, Oliveira, & Seabra, 2016; Cruz, Oliveira, & Seabra, 2018).

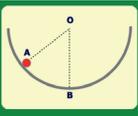
## O sistema PmatE

Desde 1989 que o Projeto Matemática Ensino usa modelos geradores de questões como peça fundamental da sua atividade. A designação dada a estas entidades, Modelo Gerador de Questões, tem origem em Vieira (1992): um modelo é um gerador de questões sobre um certo tema escolhido à partida, obedecendo a uma determinada classificação - classificação por objetivos científicos e didáticos (de ensino e aprendizagem) e por níveis de dificuldade.

No sistema PmatE, as questões são geradas aleatoriamente por expressões parametrizadas onde os domínios dos parâmetros dependem do nível etário e escolar a que se destinam. A estas expressões com  $k$  opções de resposta ( $k \geq 4$ ) chamamos modelo gerador dos enunciados das questões ou simplesmente modelo gerador de questões. Os quatro itens de resposta de cada questão gerada podem resultar dos  $k$  possíveis, por saída totalmente aleatória ou com uma aleatoriedade condicionada à prescrição de certos objetivos (como citado em Vieira, Carvalho & Oliveira, 2004). Cada um dos quatro itens é uma proposição que pode ser verdadeira ou falsa.

As Figuras 1 e 2 representam duas concretizações de um mesmo modelo (neste caso sobre séries numéricas) formalmente equivalentes, mas distintas.

Uma esfera é largada no ponto  $A$  de uma taça semiesférica, oscilando no plano vertical representado na figura. Quando passa pelo ponto  $B$  varre  $\hat{\alpha}$  da amplitude do ângulo anterior, continuando a oscilar indefinidamente do mesmo modo (supondo que tal é possível).



Se o ângulo  $\hat{AOB}$  mede 40 graus, não se pode afirmar que a soma da amplitude dos ângulos varridos pela esfera é  $40 \times 6$  graus.  V  F

---

Se o ângulo  $\hat{AOB}$  mede 50 graus, pode-se afirmar que a soma das amplitudes dos ângulos varridos pela esfera é dada por  $50 \times \left[ 1 + 2 \sum_{n=1}^{+\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^n \right]$ .  V  F

---

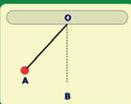
Se o ângulo  $\hat{AOB}$  mede  $\frac{5}{4}$  radianos e se a altura da taça é 30 cm, pode-se afirmar que a soma dos arcos de circunferência descritos pela esfera é igual a  $\frac{105}{4}$  e cm.  V  F

---

Se o ângulo  $\hat{AOB}$  mede 50 graus, pode-se afirmar que a soma das amplitudes dos ângulos varridos pela esfera no sentido horário é igual a  $55 \times \frac{1}{2}$  graus.  V  F

Figura 1. Uma concretização de um modelo gerador de questões

Uma esfera ligada a um fio é abandonada na posição I e posta a oscilar. Após atingir o ponto mais baixo na sua trajectória (B) varre  $\frac{\pi}{2}$  da amplitude do ângulo anterior, continuando a oscilar indefinidamente do mesmo modo (supondo que tal é possível).



Se o ângulo  $\hat{AOB}$  mede 40 graus, pode-se afirmar que a soma das amplitudes dos ângulos varridos pela esfera é dada por  $40 \times \left[ 1 + 2 \sum_{n=1}^{+\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^n \right]$ .  V  F

---

Se o ângulo  $\hat{AOB}$  mede 30 graus, não se pode afirmar que a soma da amplitude dos ângulos varridos pela esfera é 210 graus.  V  F

---

Se a soma da amplitude dos ângulos varridos pela esfera é 70 graus, pode-se afirmar que a esfera é largada a  $70 \times \frac{\pi}{2}$  graus em relação à vertical.  V  F

---

Se o ângulo  $\hat{AOB}$  mede  $\frac{\pi}{2}$  radianos e se o comprimento do fio é 20 cm, pode-se afirmar que a soma dos arcos de circunferência descritos pela esfera é igual a 70z cm.  V  F

Figura 2. Uma outra concretização do mesmo modelo gerador de questões.

Em 2015, no âmbito do PmatE, foi desenvolvida uma ferramenta de criação de MGQ, designada ModelMaker (Camejo, Silva, Descalço, & Oliveira, 2016), permitindo a programação pelo próprio autor do modelo, sem recurso a programadores, como ocorria anteriormente. Assim, a elaboração de um MGQ é mais eficiente, quer em tempo de produção, quer em recursos humanos.

Estes modelos geradores de questões podem ser organizados em provas, quer de diagnóstico quer de avaliação, que estão disponíveis numa plataforma de ensino assistido por computador, também desenvolvida no âmbito do PmatE e que visa apoiar o ensino e a aprendizagem, permitindo: a gestão de turmas, a elaboração de provas por temas, a consulta do desempenho dos estudantes, a análise de resultados e, em função disso, regular o processo de ensino e de aprendizagem.

Em Pais, Cabrita, & Anjo (2011), está descrita uma experiência de utilização da plataforma do PmatE numa unidade curricular do ensino superior para avaliação e autodiagnóstico.

### O sistema MEGUA

O acrónimo MEGUA surge de “Mathematics Exercises Generator” (MEG) e designa uma biblioteca informática desenvolvida na Universidade de Aveiro (UA) proposta por Cruz, Oliveira, & Seabra (2013). Esta biblioteca pode ser usada no sistema de computação

colaborativa CoCalc (CoCalc, 2016) que permite a gestão de utilizadores, projetos, partilhas, histórico de modificações, bem como outras funcionalidades. Na biblioteca MEGUA os modelos são designados por exercícios parametrizados e podem ser exercícios de escolha múltipla para uso em papel ou em rede, ou exercícios de resposta aberta em papel. Em qualquer dos casos, os exercícios incluem a resolução detalhada e parametrizada em função do enunciado. A escolha de concretizações para os parâmetros é feita pelo autor, habitualmente professor, usando a linguagem de programação Python e tendo como apoio o sistema de cálculo simbólico em código aberto SageMath (William A. Stein, 2017). O facto de a linguagem Python ser uma linguagem de fácil aprendizagem, associado às potencialidades de um sistema de computação algébrica como o SageMath, facilitam o processo criativo de um modelo de exercício de escolha múltipla ou de resposta aberta. A biblioteca MEGUA contempla algumas especificidades que surgiram para responder às necessidades sentidas pelos autores de exercícios parametrizados, em particular: (i) a necessidade de apresentar ao estudante o processo de resolução de um dado exercício, (ii) a utilização online e em papel de um mesmo exercício, (iii) a necessidade de adaptar o texto matemático à utilização da linguagem LaTeX, (iv) a liberdade de expressão criativa gráfica com a linguagem HTML, (v) a capacidade de transformar por razões didáticas ou adaptar expressões usadas pelo sistema, por exemplo, usar “ln” em vez de “log” e “ $\cos^2 x$ ” em vez de “ $\cos x^2$ ”.

Dadas as funcionalidades do sistema CoCalc relativamente à gestão de projetos, a sua utilização tem sido muito proveitosa na partilha entre docentes de diferentes unidades curriculares, quer numa reutilização direta, sem qualquer alteração do exercício em si, quer adaptando-o ao perfil dos estudantes de outra unidade curricular em que o mesmo tópico é lecionado embora, eventualmente, de uma forma diferente.

Atualmente, as concretizações de exercícios parametrizados são disponibilizadas em papel (via PDF ou LaTeX para posterior modificação) ou são enviadas para as plataformas SIACUA e PmatE onde são usadas pelos estudantes através de um computador, tablet ou smartphone.

Neste sistema, os exercícios parametrizados criados requerem do seu autor uma particular competência científica e pedagógica sobre os conceitos envolvidos, já que as questões concretizadas são complementadas com uma resolução detalhada e assente em resultados teóricos que a fundamentam.

Na Figura 3 apresentam-se duas concretizações de um mesmo exercício parametrizado e na Figura 4 as respetivas resoluções.

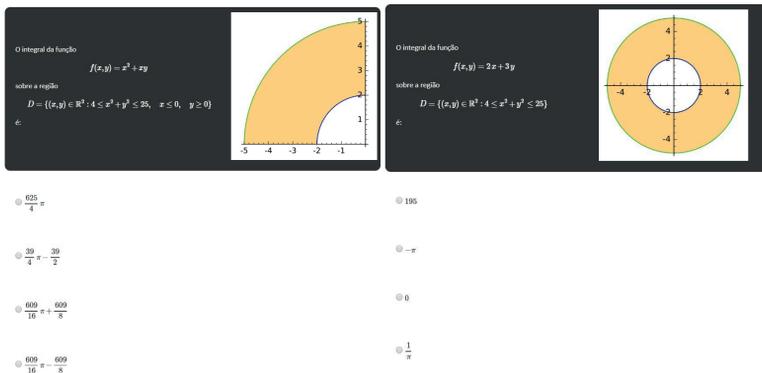


Figura 3. Duas questões geradas por um mesmo exercício parametrizado

RESOLUÇÃO	RESOLUÇÃO
Fazendo a mudança de coordenadas (coordenadas polares)	Fazendo a mudança de coordenadas (coordenadas polares)
$\begin{cases} x = r \cos \theta \\ y = r \sin \theta \end{cases}$	$\begin{cases} x = r \cos \theta \\ y = r \sin \theta \end{cases}$
vem	vem
$4 \leq r^2 \leq 25,$	$4 \leq r^2 \leq 25,$
logo	logo
$2 \leq r \leq 5.$	$2 \leq r \leq 5.$
Como $x \leq 0, y \geq 0$ , tem-se que $\cos \theta \leq 0, \sin \theta \geq 0$ , portanto,	Não há qualquer restrição relativamente a $\theta$ , portanto,
$\frac{1}{2} \pi \leq \theta \leq \pi.$	$0 \leq \theta \leq 2\pi.$
Assim, como o Jacobiano desta mudança de coordenadas é $r$ ,	Assim, como o Jacobiano desta mudança de coordenadas é $r$ ,
$\iint_D x^2 + xy \, dx \, dy = \int_{\frac{1}{2}\pi}^{\pi} \int_2^5 (r^2 \cos^2(\theta) + r^3 \cos(\theta) \sin(\theta)) r \, dr \, d\theta.$	$\iint_D 2x + 3y \, dx \, dy = \int_0^{2\pi} \int_2^5 (2r \cos(\theta) + 3r \sin(\theta)) r \, dr \, d\theta.$
O valor deste integral é $\frac{609}{16} \pi - \frac{609}{8}$ .	O valor deste integral é 0.

Figura 4. Resoluções das questões apresentadas na Figura 3

### Apoio ao estudo autónomo

O recente desenvolvimento tecnológico faz com que o papel do professor tenha vindo a mudar nos últimos tempos. Este já não é

apenas quem fornece a informação, tornando-se mais um orientador na seleção da grande quantidade de informação a que o estudante pode aceder facilmente. Os computadores podem ser utilizados para apoiar o professor nesta sua nova missão como referido em Pacheco-Venegas & López. & Andrade-Aréchiga (2015).

Existem muitos sistemas que servem como repositórios para colocar informação, sendo o mais utilizado nas instituições de ensino o Moodle. Contudo, um sistema que indique de forma clara e simples qual é a informação mais relevante, que o estudante perceba que é da autoria do seu professor, e que forneça algum feedback, pode ajudar a evitar que fique perdido no estudo autónomo que é suposto fazer no processo de aprendizagem que se pretende que seja ativa.

No sentido de apoiar os estudantes no seu estudo autónomo têm sido desenvolvidas, ao longo dos anos, diversas aplicações Web. Neste processo seguem-se linhas orientadoras muito claras, procurando caminhar na direção de um sistema o mais simples possível, que permita aos estudantes um primeiro contacto com os conteúdos programáticos e que lhes forneça feedback útil bem como indicações e referências para um estudo completo. Além do grande número de exercícios com resoluções detalhadas já referido, disponibilizaram-se pequenos vídeos nas plataformas, criados pelos próprios professores, de modo a que este primeiro contacto seja mais pessoal, tornando as ferramentas particularmente úteis para utilização numa metodologia em flipped learning.

No que se segue apresenta-se a última aplicação Web desenvolvida, a plataforma SIACUA, e a sua utilização no estudo autónomo.

### **SIACUA**

A plataforma SIACUA contém questões que resultam da concretização dos parâmetros dos exercícios parametrizados; é um sistema aberto no sentido em que os estudantes podem, ao seu ritmo e disponibilidade, ver o seu desenvolvimento espelhado nas barras de progresso associadas a cada conceito (ver Figura 5).

A interação do estudante com o sistema é muito simples: consiste apenas na seleção de um tema e, clicando sobre a correspondente barra, tem acesso a uma questão de escolha múltipla que aparece de

modo automático e aleatório de entre as questões que existem no sistema sobre esse conceito. Cada questão é identificada com um número que o estudante pode ver no momento que está a responder. Mediante este número pode mais tarde voltar a responder à mesma questão depois de estudar de novo o assunto ou, caso tenha alguma dúvida na resolução solicitar a intervenção do professor.

Esta plataforma também contém, no menu lateral antes de cada barra de progresso, elementos que apoiam a aprendizagem autónoma fora das aulas: os botões 1, 2 e 3 (cf. Figura 5). Nos botões 1 e 2, são fornecidos, de maneira muito simples e resumida, alguns pré-requisitos para compreensão do conceito e uma breve introdução que, por vezes, inclui pequenos vídeos explicativos. No botão 3 são sugeridas algumas referências, em particular, livros, por vezes com a indicação precisa do assunto abordado e sugestão de resolução de exercícios complementares.

O sistema infere qual o estado cognitivo de cada estudante pela análise do seu desempenho resultante da sua utilização. Uma das suas características importantes consiste na forma simples de apresentar as questões e dar feedback. O estudante pode saber de imediato se a sua resposta está correta ou não, e pode obter uma resolução completa e detalhada que funciona como um elemento de estudo.

Além disso o SIACUA fornece informação ao estudante sobre o seu progresso geral na sua aprendizagem, na forma de um índice com barras de progresso associadas a cada tópico. O progresso é calculado fazendo uso de um modelo Bayesiano de utilizador (Millán et al., 2013). Assim, acertar ou errar numa questão que envolve um dado conceito vai fazer alterar o progresso não apenas nesse conceito, mas também nos seus ascendentes na árvore de conceitos (Descalço & Carvalho, 2015).

O SIACUA está a ser usado, entre outras, na unidade curricular de Cálculo. Parte do índice programático desta UC é apresentada na Figura 5. Para ilustrar o funcionamento do sistema, pode-se dizer que, por exemplo, se um estudante acerta numa questão sobre “Limites de funções escalares”, a estimativa do seu conhecimento calculado pela rede Bayesiana vai subir neste conceito, mas também no nó em que este conceito está pendurado “Limites, continuidade

e diferenciabilidade” e ainda no nó “Funções de várias variáveis” que é também um seu ascendente nesta árvore. Mais, o “conhecimento” é propagado até ao primeiro tópico do índice, que representa todo o curso dando um indicador do desenvolvimento global do estudante neste curso. Este cálculo é feito a partir de um pequeno conjunto de parâmetros fornecidos ao sistema pelos autores das questões parametrizadas que são usados para definir as probabilidades na rede Bayesiana (Descalço et al., 2015b).



Figura 5. Árvore de conteúdos

### Combinação dos sistemas informáticos

Cada um destes sistemas pode funcionar de forma independente, mas é a sua combinação que tem grandes vantagens. Nesta secção aborda-se a sua utilização pelos principais intervenientes: professor e estudantes.

O professor cria e/ou utiliza recursos da plataforma MEGUA para os disponibilizar nas plataformas online SIACUA e PmatE, ou para serem usados em fichas de exercícios ou provas de avaliação no formato tradicional (em papel).

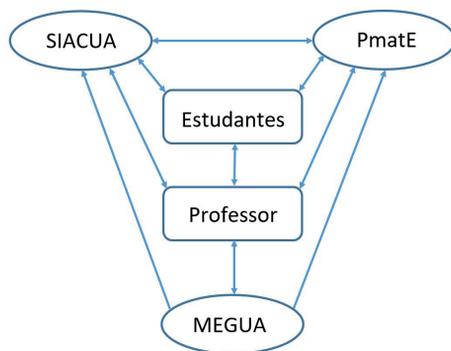


Figura 6. Combinação dos sistemas informáticos

Como já foi referido, os estudantes podem responder a questões nos dois sistemas, PmatE e SIACUA, obtendo um feedback imediato sobre o seu desempenho: no SIACUA visualizam as suas barras de progresso e no PmatE consultam as provas submetidas e a respetiva classificação em percentagem. Além disso, o professor pode consultar o desempenho das suas turmas, ou de um estudante em particular, em ambas as plataformas.

Estas ferramentas informáticas permitem a adoção de uma metodologia que tem como principal objetivo incentivar o trabalho contínuo dos estudantes ao longo do semestre, sem que isso implique um esforço excessivo por parte dos professores. As questões parametrizadas, por um lado estão disponíveis para aprender e por outro lado são apropriadas para a avaliação pois permitem criar automaticamente provas diferentes para cada estudante que avaliam os mesmos conteúdos e com o mesmo grau de dificuldade. Fazendo uso da grande quantidade de questões que têm sido criadas ao longo dos anos, a elaboração de uma prova de avaliação no PmatE demora apenas uns minutos e os resultados podem ser recolhidos de imediato num ficheiro Excel.

Embora a avaliação por questões de escolha múltipla tenha as suas limitações, serve aqui o propósito pretendido que é o de fornecer uma grande variedade e quantidade de elementos de avaliação que podem ser feitos ao longo do semestre, de forma a que o estudante trabalhe regularmente sem deixar acumular conteúdos para os testes

de avaliação principais (tipicamente a meio e no fim do semestre) ou para exame final.

### **Um estudo de caso**

A unidade curricular de Cálculo em que se faz uso desta metodologia neste ano letivo (2018/2019) envolve cerca de 400 estudantes de Engenharias e Ciências. Nesta unidade curricular aplica-se uma metodologia que usa os sistemas referidos. As aulas são, em geral, teórico-práticas embora em alguns tópicos seja ensaiada uma metodologia de aprendizagem autónoma apoiada pelas referidas plataformas. Ao longo do semestre são dados, semanalmente, trabalhos para realizar fora de aula que podem ser de dois tipos.

O primeiro consiste numa lista de problemas desafiantes que é disponibilizada aos estudantes para resolverem fora de aula, sobre os quais são depois avaliados nas aulas. O segundo consiste na realização de um pequeno teste sobre o assunto que está a ser estudado no momento e que se realiza na plataforma PmatE; neste caso, os estudantes podem estudar e fazer uma autoavaliação prévia no SIACUA, tendo acesso imediato ao feedback sobre o seu desempenho, incluindo as respostas detalhadas às questões a que não responderam acertadamente.

Esta metodologia tem como principal objetivo o desenvolvimento de competências ao longo do semestre evitando os resultados insatisfatórios que se verificam nesta unidade curricular quando os estudantes deixam todo o trabalho para próximo dos momentos principais de avaliação. A utilização de computadores, neste contexto, permite efetuar um maior número de pequenas avaliações formativas, que apoiam um estudo autónomo continuado.

Para avaliar esta metodologia, realizou-se um questionário ao qual responderam 104 estudantes de todos os cursos envolvidos. O objetivo principal deste questionário era recolher a opinião dos estudantes sobre a utilidade dos sistemas informáticos utilizados.

O questionário consiste em apenas seis questões, mais uma de resposta aberta, onde é pedido aos estudantes que atribuam um valor de 1 a 10 a cada uma delas:

1. Utilidade da lista de problemas desafiantes na aprendizagem
2. Utilidade das questões de escolha múltipla com resolução detalhada do SIACUA no seu estudo
3. Utilidade das barras de progresso no seu estudo
4. Utilidade dos itens 1, 2 e 3 do SIACUA na aprendizagem
5. Utilidade dos vídeos do SIACUA
6. Utilidade das provas do PmatE

A segunda questão é aquela que tem para nós mais importância pois dá-nos informação sobre a perceção dos estudantes relativamente à utilidade de uma parte fundamental do nosso trabalho: a criação e utilização de questões de escolha múltipla com resolução detalhada na aprendizagem. A Figura 7, mostra a média das respostas a cada questão. Embora a avaliação dos estudantes seja claramente positiva em todas as questões, é esta que se destaca pelo seu valor mais elevado. É também interessante notar que os vídeos têm especial interesse dentro dos botões laterais que são denotados por 1, 2 e 3, fornecendo informação de forma rápida e simples. Estes vídeos são muito curtos, com duração entre dois e três minutos apenas, e muito direcionados para conceitos específicos. São produzidos para um primeiro contacto com os conceitos e a linguagem utilizada é o menos formal possível, sem que com isso se perca precisão e rigor.

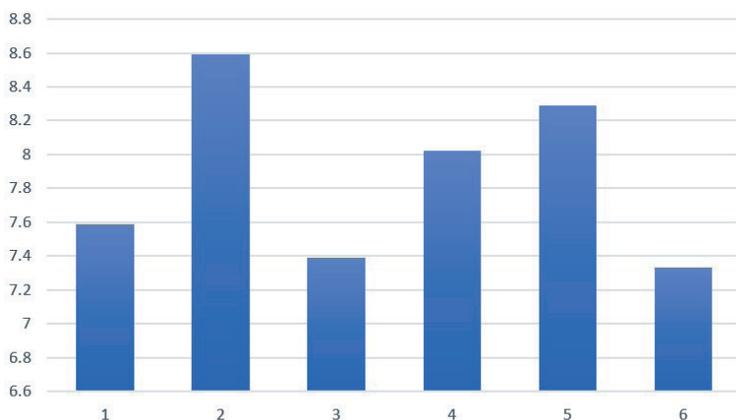


Figura 7. Resultados do questionário

Também na questão de resposta aberta foi recolhida informação essencialmente motivadora para os professores continuarem o seu trabalho, com diversos estudantes a elogiar vários aspetos da

plataforma e o trabalho dos professores.

## **Conclusão**

A criação de modelos geradores de questões (como designados no projeto PmatE), ou de exercícios parametrizados (como designados no projeto MEGUA), é um desafio para o autor que, apesar de ser um processo demorado, traz os seus benefícios a longo prazo:

- os estudantes passam a dispor de um vasto leque de exercícios distintos sobre um dado tema, usando as plataformas SIACUA e PmatE;
- os exercícios podem ser usados em vários contextos e em vários anos letivos;
- o próprio desenvolvimento de um exercício (ou modelo) é uma atividade científico-pedagógica em si, pois requer profundos conhecimentos do assunto em trabalho.

Esta metodologia contribui de forma ativa para a aprendizagem, autoavaliação e motivação dos diferentes intervenientes no processo ensino-aprendizagem. A atividade de autoria de conteúdos parametrizados deste género, também por parte dos estudantes de áreas pedagógicas ou outras, é uma excelente ferramenta de aprendizagem (Cruz, Oliveira, & Seabra (2018)).

No ano letivo 2017/18 foi utilizada a plataforma SIACUA, para motivar os estudantes no estudo autónomo em flipped learning, com resultados bastante promissores (Descalço, Carvalho, & Oliveira, 2018). Como referido na secção anterior, os estudantes valorizam cada um dos diversos elementos disponibilizados pela plataforma e, no corrente ano letivo, está a ser usada com novas funcionalidades, quer a nível de pesquisa de informação sobre conteúdos e utilização, para os professores, quer a nível de enriquecimento a nível de conteúdos e novas funcionalidade disponibilizados para os estudantes.

Foi criada a possibilidade de participar num ranking definido pelo diagnóstico Bayesiano, por curso, de modo a que os estudantes possam comparar a sua prestação com a dos seus colegas. De forma

a incentivar a interação e colaboração, os estudantes têm agora a possibilidade de adicionar a este ranking um link para a sua página de Facebook, ou outra, bastando clicar sobre o nome para seguir o link.

Todo o material disponibilizado na plataforma SIACUA é facilmente reutilizável em novos contextos pois é simples criar cursos, utilizando partes (subárvores de conceitos) de cursos existentes.

As plataformas SIACUA, MEGUA e PmatE estão em constante atualização e tem havido uma preocupação de as tornar de utilização cada vez mais fácil, de modo a que os professores as considerem como uma mais-valia e não algo que requer um esforço adicional.

Os autores pretendem continuar este trabalho de criação e disponibilização de diversos conteúdos para o estudo autónomo e avaliação, motivados pelo excelente retorno por parte dos estudantes. Pretendem também tornar cada vez mais simples a autoria e disponibilização de conteúdos pelos professores, adequando este esforço às reais necessidades dos estudantes, sendo estas identificadas através de questionários, semelhantes ao referido anteriormente.

## Referências

- Almeida, J. J., Araújo, I., Brito, I., Carvalho, N., Machado, G. J., Pereira, R. M., & Smirnov, G. (2013). *PASSAROLA: High-order exercise generation system*. Proceedings of 8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) (pp. 1-5). IEEE. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/26999>.
- Camejo, J., Silva, A., Descalço, L., & Oliveira, P. (2016). *ModelMaker, a Multidisciplinary Web Application to Build Question Generator Models from Basic to Higher Education*. Proceedings of EDULEARN16 Conference, Academy of Technology, Education and Development (IATED), 5095-5103, Barcelona, Spain. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10773/21326>.
- CoCalc (2016), *Collaborative Calculation in the Cloud*. Retrieved from <https://cocalc.com/>.
- Cruz, J.P., Oliveira, P., & Seabra, D. (2012). *Exercise templates with*

- Sage*. Tbilisi Mathematical Journal, 5(2), 37-44.
- Cruz, J.P., Oliveira, P., & Seabra, D. (2016). *Parameterized exercises in SMC*. Proceedings of the 9th International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI2016), Seville, Spain. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10773/16483>.
- Cruz, J.P., Oliveira, P., & Seabra, D. (2018). *Motivation behind parameterized exercises*. Proceedings of the 12th annual International Technology, Education and Development Conference, (INTED), Valencia, Spain. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10773/24548>.
- Cruz, J.P., Oliveira, P., & Seabra, D. (2013). *Megua Package for parameterized exercises*. Proceedings of the 6th International Conference of Education, Research and Innovation, (ICERI2013), Seville, Spain. <https://library.iated.org/view/CRUZ2013MEG>.
- Descalço, L., & Carvalho, P. (2015). *Using parameterized calculus questions for learning and assessment*. Atas da 10ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, 710-714, Águeda. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10773/14969>.
- Descalço, L., Carvalho, P., Cruz, J.P., Oliveira, P., & Seabra, D. (2015a). *Computer-assisted independent study in multivariate calculus*. Proceedings of EDULEARN15 Conference, International Academy of Technology, Education and Development (IATED), 3352-3360, Barcelona, Spain. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10773/14533>.
- Descalço, L., Carvalho, P., Cruz, J.P., Oliveira, P., & Seabra, D. (2015b). *Using Bayesian Networks and parametrized questions in independent study*. Proceedings of EDULEARN15 Conference, International Academy of Technology, Education and Development (IATED), 3361-3368, Barcelona, Spain. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10773/14464>.
- Descalço, L., Carvalho, P., & Oliveira, P. (2018). *Motivating study before classes on Flipped Learning*. Proceedings of EDULEARN18 Conference, International Academy of Technology, Education and Development (IATED), 6295-6300, Palma, Spain. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10773/23905>.

- MEGUA: package for parameterized exercises in Sage Mathematics, retrieved from <https://megua.ua.pt/>.
- Millán, E., Descalço, L., Castillo, G., Oliveira, P., & Diogo, S. (2013). *Using Bayesian networks to improve knowledge assessment*. Computers and Education, 60(1), 436-447.
- MITO “Módulos Interativos de Treino Online” (2019), retrieved from <https://mito.ipleiria.pt/>.
- Pacheco-Venegas N.D., Lópes G. & Andrade-Aréchiga M.(2015). *Conceptualization, development and implementation of a web-based system for automatic evaluation of mathematical expressions*. Computers and Education, 88, 15-28
- Pais, S., Cabrita, I., & Anjo, A. B. (2011). *The use of Mathematics Education Project in the learning of mathematical subjects at University level*. International Journal of Education. (Macrothink Institute – ISSN 1948-5476), 3(1), E4.
- Pmate: Projeto Matemática Ensino, retrieved from <https://pmate.ua.pt/oficial/>.
- SIACUA: *Interactive Computer Learning System, University of Aveiro*, retrieved from <http://siacua.web.ua.pt/>
- Vieira, J, Carvalho, P., & Oliveira, P. (2004). *Modelo Gerador de Questões*. Proceedings of the IADIS International Conference on WWW/Internet.
- Vieira, J.C.D. (1992). *Avaliação Formativa - uma experiência*. Quadrante – Revista de Investigação em Educação Matemática (APM), 1(1).
- Vieira, J.C.D., Carvalho, M. P., & Anjo, A. B. (2001). *Sa3c Sistema de Avaliação e Aprendizagem Assistida por Computador*. Proceedings of the International Conference on New Technologies in Science Education 2(1), 105–110. ISBN 972-789-028-8.
- William A. Stein et al. *Sage Mathematics Software* (Version 8.0), The Sage Development Team, 2017, retrieved from <http://www.sagemath.org>.

