

*Revista Portuguesa de Investigação Educacional*, vol. 16, 2016, pp. 289-316

## ASPETOS MORFOLÓGICOS DO TRATAMENTO DE DADOS NA GESTÃO ESCOLAR. O POTENCIAL DO *ANALYTICS*

### MORPHOLOGICAL ASPECTS OF DATA PROCESSING IN SCHOOL MANAGEMENT. THE *ANALYTICS* POTENTIAL

António Andrade\*

Sérgio André Ferreira\*\*

RESUMO: As ondas de choque da Sociedade de Informação chegaram à Universidade e as plataformas tecnológicas impuseram-se como suportes fundamentais na transformação pedagógica e na gestão das várias dimensões de atuação das Instituições do Ensino Superior (IES).

Estas plataformas recolhem um enorme volume de dados que progressivamente têm sido aproveitados para uma análise avançada e no suporte à tomada de decisão informada, nomeadamente através de sistemas de *Learn Analytics* (centrados em métricas que fornecem informação aos departamentos, professores e alunos sobre questões relacionadas com a organização e funcionamento dos cursos ou atividades de aprendizagem dos estudantes) e *Academic Analytics* (direcionados

para o plano da gestão institucional, visando dotar os diretores e administradores de informação relativa às vertentes financeira, capital humano ou alocação de recursos, podendo ter também uma componente nacional ou internacional na comparação de sistemas).

Neste trabalho, apresenta-se o estado da arte da utilização dos sistemas de *Analytics* na Educação, com exploração de casos práticos da sua aplicação, enfatizando-se os aspetos morfológicos desde o acesso e preparação dos dados até à partilha e tomada de decisão. Paralelamente, são exploradas questões relacionadas com aspetos éticos e implicações na organização e cultura das IES que decorrem da utilização destes sistemas.

PALAVRAS-CHAVE: *Academic Analytics*, Ensino Superior, *Learn Analytics*.

\* Autor de correspondência. CEGE – Centro de Estudos em Gestão e Economia, Católica Porto Business School. Centro Regional do Porto da Universidade Católica Portuguesa. [aandrade@porto.ucp.pt](mailto:aandrade@porto.ucp.pt).

\*\* CEDH – Centro de Estudos em Gestão e Economia, Faculdade de Educação e Psicologia Centro Regional do Porto da Universidade Católica Portuguesa. [sergioandreferreira@gmail.com](mailto:sergioandreferreira@gmail.com).

ABSTRACT: The shock waves of the Information Society have reached University and technology platforms have imposed themselves as key supports in the pedagogical transformation and management of the different dimensions of the performance of Higher Education Institutions (HEIs).

These platforms collect a huge volume of data that has gradually been used for advanced analysis and as a support for informed decision making, in particular through the Learn Analytics systems (focusing on metrics that provide information to departments, teachers and students on issues related to the organization and functions of the courses or students learning activities) and Academic Analytics (directed for the planning of

institutional management, to provide the directors and managers with information on financial aspects, human capital or allocation of resources, and may also have a national or international component in comparison of systems).

In this paper, we present the state of the art of usage of the Analytics systems in education, with the analysis of practical cases of its implementation, with emphasis on the morphological aspects from access and data preparation to sharing and decision making. At the same time, issues related to ethical aspects are explored, as well as the implications in the organization and culture of HEIs that result from the use of these systems.

KEYWORDS: Academic Analytics, Higher Education, Learn Analytics.

## 1. INTRODUÇÃO

Este artigo tem duas vertentes: a primeira é iminentemente teórica e reflexiva, e nela se pretende problematizar os impactos do advento da Sociedade da Informação na transformação da vida do quotidiano; posteriormente, centra-se a análise nas várias dimensões da ação da universidade: desde as alterações profundas nos modelos pedagógicos até aos aspetos macro da gestão das políticas das IES (Instituições de Ensino Superior). Um dos fundamentos desta nova sociedade e universidade é o informacionalismo, em que as atividades decisivas da *praxis* se baseiam em tecnologias, organizadas em redes e centradas no processamento da informação (Castells & Himanen, 2007).

A segunda vertente focaliza-se no aproveitamento dos dados produzidos pelos sistemas tecnológicos, cada vez mais ubíquos nos diferentes planos da universidade, nomeadamente na gestão das questões pedagógicas – *Learn Analytics* –, mas também nas questões administrativas ou de gestão da qualidade – *Academic Analytics*. Neste ponto, serão explorados casos práticos

de aplicação e descritos aspetos morfológicos relacionados com o tratamento de dados na gestão escolar à escala dos *Learn* e *Academic Analytics*.

## 2. EFEITOS TRANSFORMADORES DA TERCEIRA VAGA DE ALVIN TOFFLER...

### 2.1 Na Sociedade da Informação

Na década de 80, Alvin Toffler, ensaísta com interesses futuristas, escreve o influente livro *The Third Wave* (Toffler, 1980), onde teoriza sobre os eventos mais determinantes no avanço civilizacional da espécie *sapiens*. Segundo ele, nos tempos históricos ocorreram três grandes ondas que alteraram de modo dramático o curso evolutivo das sociedades humanas: a primeira foi a Revolução Neolítica, que trouxe consigo a invenção da agricultura e a sedentarização do Homem (cerca de 8000 a.C.); a segunda correspondeu à Revolução Industrial, que teve o seu epicentro na Inglaterra de meados do século XVIII; a terceira vaga é contemporânea, tem correspondência na Era da Informação, e nela a informação, o conhecimento e a tecnologia são fatores transformadores. Por aqui se compreende a importância e a magnitude das transformações em curso neste momento.

Thomas Friedman no *bestseller* mundial, *The World is Flat. A Brief History of the Twenty-First Century*, defende que o mundo está num processo de aplanamento, pois os fluxos de informação, de comércio e de pessoas são cada vez mais intensos e livres de quaisquer barreiras. A convergência da trilogia computador pessoal, fibra ótica e crescimento do software de fluxo de trabalho é o suporte desta Globalização 3.0 (a Globalização 1.0 teve os países como protagonistas e a Globalização 2.0 as empresas multinacionais), em que os indivíduos e as organizações têm as ferramentas desta trilogia para colaborar e concorrerem à escala mundial. As designações *Sociedade da Informação* e *Sociedade do Conhecimento*, cunhadas respetivamente por Castells (2004) e Hargreaves (2003), inserem-se neste novo paradigma.

Numa outra dimensão desta revolução, o israelita Yuval Noah Harari, Professor de História, profetiza um caminho que conduzirá a uma fusão entre o ser humano biológico e o elemento cibernético (2015): “Os seres humanos vão transformar-se em ciborgues perfeitos. Será a maior evolução da biologia desde o aparecimento da vida. Nada mudou realmente em quatro mil milhões de anos, falando biologicamente. Mas seremos tão diferentes dos homens atuais como os chimpanzés são diferentes de nós agora”.

A metáfora da prótese cognitiva (Rodrigo, 1988) será um pré-estágio do futuro preconizado por Harari. De facto, a ubiquidade da presença dos dispositivos tecnológicos torna cada um de nós seres permanentemente conectados à dimensão do ciberespaço, podendo haver um sentimento de incompletude quando estamos privados dessas próteses. A imposição do BYOD – *Bring Your Own Device* – é uma forma de materialização da metáfora da prótese cognitiva.

É um facto que há alertas para os efeitos negativos deste paradigma. Na verdade, diferentes perspetivas assinalam uma tendência que alguns perspetivam como capaz de criar um mundo insustentável, em que se incluem, entre outros, Bill Gates, Elon Musk, Stephen Hawking, Steve Wozniak ou Nicholas Carr. Este último autor escreveu o livro, finalista do Prémio Pulitzer, *Shallows: What the Internet Is Doing to Our Brains* (Carr, 2011), no qual reflete sobre os custos decorrentes de vidas cada vez mais imersas na tecnologia. Contudo, a despeito destes efeitos negativos, as tecnologias da informação serão cada vez mais intrínsecas aos vários aspetos das nossas vidas do quotidiano.

## 2.2 Nas novas formas de ensinar e aprender

Nesta secção, a reflexão centra-se nos efeitos da terceira vaga de Toffler no ensino superior. De facto, a mudança já mudou! E, em alguns aspetos, de modo dramático, como ilustram os dois casos que se seguem:

- No dia 6 de maio de 2016, o *The Wall Street Journal* anuncia que, durante seis meses, a professora assistente de um curso *online* de Inteligência Artificial da Universidade Tecnológica da Geórgia, nos Estados Unidos, de nome Jill Watson, foi na verdade um *robot*. Nenhum dos cerca de trezentos alunos se apercebeu disso, apesar da capacidade da professora em dar respostas rápidas e da sua participação ativa em fóruns. A Professora Jill Watson, materializada pelo sistema Watson da IBM, foi capaz de responder com 97% de certeza às interpelações dos estudantes (Korn, 2016).
- Numa experiência realizada pela Universidade Jiujiang, no Sudeste da província chinesa de Jiangxi, foi apresentada, a 3 de junho de 2015, a primeira aula lecionada por Xiao Mei, uma professora *robot*. Caminharemos para um modelo de ensino em que os atuais *ChatBoots* serão os novos tutores ou explicadores (Conlan, 2016)?

No advento destas mudanças é adequado recordar Will Richardson (2012) que questiona: “Why school? How education must change when learning and information are everywhere!”, precisamente num tempo em que a escola é menos necessária como centro de informação e com o professor no papel de *information provider*. Este é um pensamento que vem na linha da visão crítica de Ivan Illich, pronunciada em 1971: *Deschooling Society*. Nesta reflexão o autor dava valor não só à autoaprendizagem, mas também às redes de aprendizagem que têm acento tónico no potencial da colaboração e de partilha de conhecimento (Illich, 1971).

Perante a globalização das fontes do saber, e mesmo sem conseguir perceber plenamente para que mundo se está a formar, os atores universitários compreendem que, para além do saber teórico e das competências técnicas, é essencial privilegiar atividades que estimulem a autonomia, a inovação e a criatividade (Figueiredo, 2009).

O ecossistema dominante poderá vir a ser transformado pelas experiências de sucesso praticadas em escolas-piloto, que exploram novos caminhos pedagógicos, novas transformações tecnológicas, novos modelos de gestão e de adoção e incorporação de tecnologia educativa. Estudos e relatórios têm sido produzidos, apontando novos caminhos e abordagens que incorporem matérias para lá do idioma e da matemática, passando pelas artes, ciências e a base do pensamento e método das engenharias. Se a ciência facilita compreender e explicar o que existe, a engenharia dá a capacidade de criar o que nunca existiu, na linha da conhecida expressão de Theodore Von Kármán: “Scientists discover the world that exists; engineers create the world that never was.”

Hoje, a multimédia transporta o mundo para a escola, ativa todos os sentidos e proporciona o contacto com realidades quase inacessíveis no mundo analógico. Os *objects-to-think-with* e os dispositivos móveis permitem levar a escola para o mundo, facilitando e motivando espaço e tempo de formação contínua. A escola de lugares dá lugar à escola de fluxos de informação: a transformação de qualquer superfície em meio tátil, a capacidade de os dispositivos comunicarem entre si e de os diferentes artefactos, incluindo o vestuário, terem incorporadas tecnologias de comunicação associadas a algoritmos complexos que transformarão os ambientes noutra nível de sofisticação. Facilmente se verifica que as tecnologias de informação e de comunicação têm evoluído de espécie em espécie tecnológica, aproximando-se da nossa forma natural de comunicar. Esta interação natural com as máquinas é cada vez mais próxima e tudo mudará (Newton,

2016). São múltiplos os processos pedagógicos mediados pela tecnologia. Sem pretendermos ser exaustivos, eis alguns exemplos:

- Jogos que têm uma forte capacidade de envolvimento e de motivação e simuladores que oferecem a vantagem de explicitar fenómenos complexos ou de replicar realidades que se vão encontrar na vida profissional. São assim recursos de base tecnológica com potencial pedagógico reconhecido, mas ainda não massivamente usados (A. Andrade, 2012; Lopes & Andrade, 2008).
- Laboratórios remotos, realidade aumentada e realidade virtual são meios inequivocamente promissores na realização de experiências que antes eram praticamente inacessíveis, na compreensão da realidade passada (História, por exemplo) e da complexidade de muitos outros sistemas, conceitos e fenómenos (Andújar, Mejías & Márquez, 2011);
- A comunicação mediada pela tecnologia, dentro e fora da sala de aula, enriquece a partilha, mantém o foco e a motivação, facilitando, simultaneamente, a gestão da participação, como comprovam estudos em que se utilizou a *media* social *Twitter* (Andrade, Castro & Ferreira, 2012; Junco, Heiberger & Loken, 2010).
- Os recursos tecnológicos de partilha e de participação remota são inúmeros, permitindo reflexão e aprofundamento de conceitos pela via de fóruns, miniblogues, murais, criação e partilha de imagens, vídeos e animações (Andrade & Lagarto, 2009).
- Os ambientes tecnologicamente modificados são, também, o ecossistema para todo um acervo de experiências pedagógicas que se vão ensaiando, tais como *Flipped Classroom* e *User Generated Content* (UGC), mas sobretudo meios de recuperação e enriquecimento via *Personalized Learning Software* (Johnson, Adams Becker, Cummins, Freeman & Hall, 2016).
- Os MOOC – *Massive Open Online Course* – que, no limite, se podem concretizar na oferta de formação *online* para uma audiência à escala planetária, tornando o mundo plano, no sentido em que os condicionalismos geográficos desaparecem (Barthotel, 2013; Emanuel, 2013). O conceito MOOC tem associadas diversas variantes em questões com grau de estruturação do conteúdo, interação entre participantes, dimensão e grau de heterogeneidade do público-alvo; alguns exemplos: DOCC – *Distributed Online Collaborative Course* –, em que o curso se organiza em torno de

um tema central e assenta na ideia de que o conhecimento pode ser mais facilmente alcançado desde que seja distribuído por todos os participantes de diferentes contextos; COOC – *Community Open Online Course* –, cursos de cursos de pequena escala, sem fins lucrativos, abertos a comunidades interessadas em decidir sobre os conteúdos de disciplinas específicas e desenvolver a sua própria forma de aprender; SPOC – *Self-Paced Online Course* –, cursos em que os participantes se podem inscrever e participar a qualquer momento, realizar as atividades de forma independente e a um ritmo flexível; privilegiam os conteúdos, sendo que a interação com o professor ou outros alunos é praticamente nula ou mesmo nula (Gonçalves & Gonçalves, 2015).

Contrapondo esta visão, há trabalhos de pesquisa relevantes que mostram que o recurso à tecnologia pode estar associado a constrangimentos nos resultados académicos. Em 2003, um estudo da Universidade de Princeton concluía que tirar apontamentos no computador dificulta a aprendizagem, na medida em que os estudantes revelam mais dificuldade em reter a informação do que os que escrevem no caderno (Hembrooke & Gay, 2003).

Em 2014, um estudo conjunto de investigadores da Universidade de Princeton e da Califórnia concluía que os alunos tinham maior dificuldade em compreender conceitos e raciocínios complexos se tirassem notas no computador e não usando os suportes tradicionais. Identificavam que o comportamento, recorrendo ao computador, se baseava numa transcrição da explicação e que, sobre papel, existia uma maior disponibilidade para processar a informação recebida (Mueller & Oppenheimer, 2014).

O departamento de Economia do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) numa pesquisa recente e com uma amostra alargada concluiu que os alunos que usam computadores em sala de aula obtêm piores resultados e que isso prejudica também os melhores estudantes (Carter, Greenberg & Walker, 2016).

### 2.3. Na gestão da universidade

Gerir compreende muitas áreas do saber para intervir no plano estratégico, no controlo e na tomada de decisão. No tempo presente, em que a única certeza é a mudança, exige-se que as organizações tenham a capacidade de aprender a trabalhar em simultâneo para se adaptarem. A mudança

tem origem quer no plano externo, quer no plano interno e a resistência à mudança é uma das vertentes da complexidade da gestão (Kotter, 1996; Kotter & Cohen, 2002; Kotter & Rathgeber, 2009). A informação apresenta-se como o elemento homeostático que fundamenta a tomada de decisão e permite o efetivo controlo (Castells, 1999).

A terceira vaga de Toffler é o tempo das plataformas digitais que suportam a atividade pedagógica – tratada na subsecção anterior –, mas também todas as dimensões da vida da universidade, designadamente serviços administrativos, de gestão da qualidade, repositórios institucionais, entre outros. Estas plataformas produzem um enorme volume de dados, muitas vezes em tempo real, que se devidamente organizado pode ser utilizado para a tomada de decisão informada. As IES mais competitivas perceberam a importância de se dotarem de infraestruturas tecnológicas de recolha, comunicação e armazenamento de dados, e investiram em aplicações informáticas, conseguindo, assim, manter bases de dados relacionais com dados transacionais, isto é, dados resultantes de transações como, no caso do IES, matrículas, acompanhamento das atividades pedagógicas, avaliações, ocupação de espaços, etc.

Gerir é também saber como está a comunicação interna e externa, que se materializa, nomeadamente, no correio eletrónico, plataformas sociais e via portal, visando, por exemplo, saber: quantos acessos, com que origem, através de que dispositivo, com que versão de sistema operativo, permanecendo quanto tempo. Também dispositivos móveis ligados e sistemas de vigilância, com reconhecimento de imagem, permitem saber quantos estudantes estão na sala, quantos estão ali atentos e quantos estão junto do portão para entrar no refeitório. No plano de ensino e aprendizagem é possível apurar qual o aproveitamento do investimento, por exemplo, no *Learning Content Managing System* (LCMS), quais são os estágios de utilização por docente, disciplina ou departamento (Ferreira & Andrade, 2012).

As aplicações transacionais possuem opções de relatórios que permitem saber “o que se passou”, mas podem ser insuficientes ou desadequados como meio de resposta a novas questões, que a dinâmica da escola a cada momento coloca. Pode ser insuficiente porque não se relaciona com outras fontes de dados, como as anteriormente descritas, ou outras consideradas relevantes para a gestão a dado momento.

Este é o tempo do designado *Big Data*, com origem interna e externa às organizações. É o tempo em que emerge o *Data Science*, que reúne diferentes competências, com a expectativa de extrair “conhecimento”

dos dados (Manyika *et al.*, 2011). Este movimento obriga as grandes organizações a um forte investimento, no que se designa por *Business Intelligence* que engloba, nomeadamente, tecnologias de *datawarehousing* (âmbito geral), *data marts* (âmbito temático) e *data mining*. Isto é, armazenamento adequado das bases de dados num modelo dimensional para servir análises e representação de dados com múltiplas ferramentas. Pretende-se saber, não apenas o que se passou e porque aconteceu, o que está a acontecer e porquê, mas também prever o que pode vir a acontecer. Aplica-se, por isso, ora algoritmos facilitadores de uma análise descritiva, que procura padrões entre atributos, ou semelhanças que traduzem agrupamentos e segmentação, ora algoritmos preditivos que procuram perspetivar tendências futuras (Barneveld, Arnold & Campbell, 2012; Eckerson, 2007).

O conceito de *Educational Data Mining* (EDM) ganhou especial notoriedade após 2008 e congrega princípios da estatística e do *data mining* para estudar os dados académicos que os sistemas de informação de base tecnológica disponibilizam. Conexos a este conceito evoluem tópicos como a Inteligência Artificial e os Sistemas “Inteligentes” de Tutoria e do *Adaptive Learning Systems*.

A origem dos dados para o EDM é diversa. Por um lado, os LCMS, tais como o *Moodle* e o *Blackboard*, geram relatórios relativos à atividade *online* do estudante numa disciplina e num determinado período de tempo. Por outro, podem ser programados para analisar o estágio de exploração do LCMS por disciplina e, de forma integrada, por departamento, escola ou faculdade, sobre as atividades pedagógicas, a avaliação realizada ou a tipologia de recursos disponibilizados (e.g., texto, multimédia) (Ferreira & Andrade, 2013, 2014).

Os LCMS podem também comunicar com recursos como o *Google Analytics* e disponibilizar informação sobre os acessos hora a hora, a partir de que geografia, com que tipo de dispositivo, enquadrado em que tipo de perfil, etc.

Centrando a análise no papel dos sistemas de *Analytics* na gestão da aprendizagem, tendencialmente os *Learn Analytics* terão um papel cada vez mais relevante no futuro. Segundo a *Society for Learning Analytics Research* (SoLAR): “Learning Analytics can be defined as the measurement, collection, analysis and reporting of data about learners and their contexts, for the purposes of understanding and optimising learning and the environments in which it occurs” (SoLAR, 2012).

De facto, o *Learn Analytics* tem múltiplos destinatários de que se podem destacar: estudantes e formandos, educadores, professores, instrutores e tutores.

Um caso concreto de adoção do *Analytics* é o da Universidade do Porto, que procura criar um modelo que ajude a prever o sucesso ou insucesso dos estudantes e, simultaneamente, identificar os fatores associados ao nível de desempenho. Para tal extrai dados da gestão académica tais como: idade, sexo, estado civil, nacionalidade, área de residência, necessidades especiais, tipo de admissão, tipo de matrícula (regular, de mobilidade, extraordinária), estatuto, anos de matrícula, regime (tempo parcial ou não), débitos e disciplinas em atraso. A estes dados aplica diversos algoritmos preditivos, cujos resultados deixam antever a criação de um modelo que pode dispoletar alertas, muito relevantes, para a gestão académica (Strecht, Cruz, Soares, Mendes-Moreira & Abreu, 2015).

Os LCMS, plataformas hoje ubíquas nas universidades, podem ainda incorporar ferramentas de análise de redes para avaliação de atividades como os fóruns. De igual modo, todas as atividades pedagógicas realizadas em suporte digital – e.g., jogos, laboratórios remotos, realidade aumentada – produzem dados que podem ser utilizados para analisar e personalizar o roteiro pedagógico dos alunos, de acordo com as suas dificuldades ou dos seus interesses. Todavia, tudo isto ainda está de certa forma disperso e desagregado.

### 3. O *ANALYTICS* NA EDUCAÇÃO: APLICAÇÃO E CASOS

#### 3.1. *Learn Analytics*

Neste artigo aborda-se o *Analytics* em Educação em dois planos: o *Learn Analytics* e o *Academic Analytics*. Na presente subsecção, o foco é o *Learn Analytics*. Primeiramente, delimita-se o conceito e apresentam-se as suas principais vantagens; seguidamente, são explorados casos de aplicação na prática.

O *Learn Analytics* centra-se nas questões relacionadas com o ensino aprendizagem. Na literatura, a escala de análise varia entre o acompanhamento dos estudantes individuais e o nível institucional (e.g., avaliação de currículo e instituições), conforme se pode ver nas definições adiante transcritas e no Quadro 1:

Quadro 1.  
*Learn Analytics: conceptualização do conceito (SoLAR, 2012)*

Plano e Objeto	Destinatários
Pessoal: Focaliza-se sobre o desempenho pessoal em relação aos objetivos de aprendizagem, recursos didáticos, hábitos de estudo, comparação com outros colegas.	Estudantes e professores
Curso/Disciplina: Rede social, desenvolvimento conceptual, análise de discurso, currículo inteligente.	
Departamento: Modelação preditiva, padrões de sucesso/insucesso.	Estudantes, professores e faculdade

*[The] interpretation of a wide range of data produced by and gathered on behalf of students in order to assess academic progress, predict future performance, and spot potential issues. (Johnson, Smith, Willis, Levine & Haywood, 2011: 28)*

*[The] collection and analysis of usage data associated with student learning; [to] observe and understand learning behaviors in order to enable appropriate intervention. (Brown, 2011)*

*It might be used as well to assess curricula, programs, and institutions. (Natsu, 2010)*

As vantagens do *Learn Analytics* na gestão do ensino e aprendizagem são múltiplas, designadamente:

- a deteção precoce de alunos em risco;
- a personalização e adaptação do processo de aprendizagem e acesso a conteúdos;
- os efeitos positivos na motivação, confiança e realização do aluno (fornecendo-lhe informações oportunas sobre o seu desempenho e o dos seus pares; apresentando-lhe sugestões sobre as atividades e conteúdos que abordam lacunas de conhecimento identificadas);

- a maximização do uso do tempo e do esforço dos professores, através do fornecimento de informações sobre a ajuda adicional de que os alunos precisam;
- a melhoria dos processos de desenvolvimento curricular, através da utilização de dados gerados durante as atividades de instrução e de aprendizagem em tempo real;
- as visualizações interativas de informação complexa.

A relevância do *Learn Analytics* reside, pois, na capacidade que dá ao utilizador de antecipar cenários e potencializar o seu desempenho, com os ganhos associados a uma ação informada (Figura 1).

Os LCMS são as plataformas tecnológicas de uso mais generalizado no ensino superior e progressivamente vão incorporando funcionalidades de *Learn Analytics* que permitem aos professores e alunos terem informação útil sobre o processo de ensino aprendizagem. Na interação dos estudantes com os conteúdos – *Learning Objects* – colocados no LCMS é relevante para os professores responder a questões como: “Que tempo está a dedicar cada aluno à exploração de cada um dos conteúdos?”; “Quantos estão a resolver os testes e com que resultados?”; “Quais as questões em que existiram mais respostas erradas?” Toda esta informação é útil e pode ser usada para sustentar as opções pedagógicas, no sentido de garantir maior eficácia ao processo de ensino aprendizagem (Miller, Soh & Samal, 2015). Ao aluno também dá indicações profícuas sobre os conteúdos que foram adicionados, os testes que tem em falta, os testes resolvidos e as questões em que falhou, daqui resultando mais-valias na organização do seu estudo.

Figura 1.  
A relevância do *Learn Analytics*

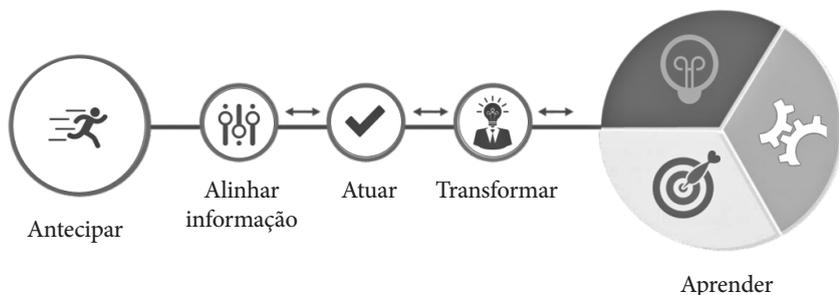
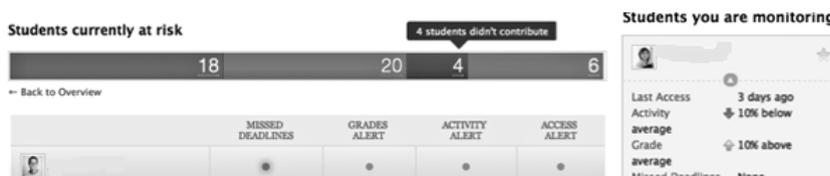


Figura 2.  
Funcionalidade de identificação de estudantes em risco  
(Blackboard Retention Center)



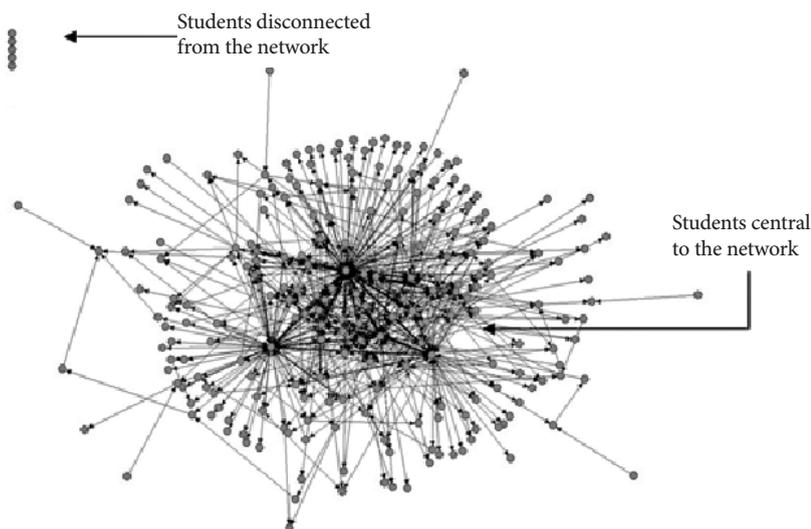
A funcionalidade de estudantes em risco (Figura 2) emite alertas, caso os alunos falhem prazos de entrega, tenham resultados negativos ou registem abstencionismo no acesso à plataforma ou na realização de atividades.

Os LCMS e outros ambientes de aprendizagem *online* facultam ferramentas que permitem aos estudantes comunicar, colaborar e partilhar ideias uns com os outros (Xin, Gray, Chang, Elliott & Barnett, 2014). A infraestrutura tecnológica existente atingiu um estado de maturidade que dispensa grandes competências tecnológicas para que os professores possam criar espaços de colaboração *online* e para que os estudantes se envolvam nesses espaços. Todavia, o desenvolvimento de ferramentas de análise, que permitam auxiliar o acompanhamento pelos docentes da dinâmica da discussão, teve uma evolução mais tardia e o seu uso é menos generalizado (Dawson & Bakharia, 2010; Haya, Daems, Malzahn, Castellanos & Hoppe, 2015).

A Figura 3 é uma ferramenta SNAPP – *Social Networks Adapting Pedagogical Practice* – aplicada a um fórum do Moodle, que apresenta a rede de interações de um fórum através de um sistema de grafos, permitindo avaliar a sua dinâmica, identificar os estudantes mais centrais na discussão, os que estão mais ausentes, o número de interações entre participantes individuais, os principais temas em discussão e ainda aplicar métricas de análise de redes ou fazer *zoom*.

Nas aulas magistrais em que, perante um anfiteatro com dezenas de estudantes, há necessidade de se transmitir um enorme volume de informação num tempo limitado, os professores têm de se socorrer de mecanismos de instrução direta, com utilização de apresentações eletrónicas. Por norma,

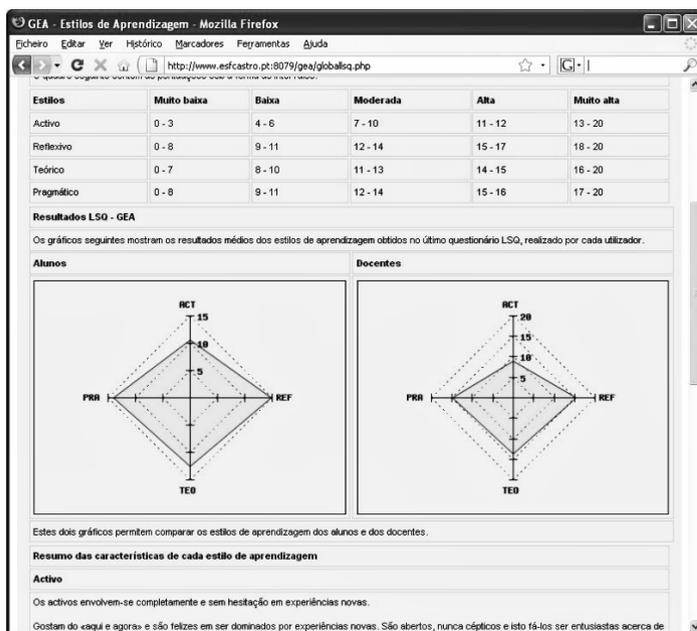
Figura 3.  
Ferramenta SNAPP- aplicada a um fórum do Moodle



neste contexto, o processo de comunicação é quase exclusivamente unidirecional: comunicação um-para-muitos. Contudo, emergem indicadores promissores sobre o potencial da utilização *ferramentas web 2.0* e da informação gerada em tempo real no plano da eficácia pedagógica, nomeadamente no fomento da interação e dos comportamentos positivos na sala de aula. Na Universidade Católica Portuguesa – Centro Regional do Porto (Católica.Porto) aplicou-se uma técnica pioneira em que foi integrada a ferramenta *microblogging Twitter*, criado um canal especificamente para troca de informação (#hashtag) e um sistema votação sobre assuntos tratados na aula (António Andrade *et al.*, 2012; Ferreira, Castro & Andrade, 2011). Hoje, esta gestão das atividades está mais divulgada e existem outras ferramentas que podem ser utilizadas com suporte (e. g., Socrative e Mentimeter).

A monitorização das emoções e da atenção em tempo real, pela via da análise das expressões faciais através de software, é um assunto que começa a ser ensaiado na prática – estamos numa área que cruza o *Analytics* e a inteligência emocional. Há mais de década e meia, R. W. Picard, no seu livro *Affective Computive*, já antecipava o cenário de desenvolvimento

Figura 4.  
Interface do sistema *Management of Learning Styles* (MLS)



de sistemas e dispositivos com capacidade para interpretar, processar e simular afetos humanos (Picard, 2000). O trabalho de Raca, Kidzinski e Dillenbourg (2015), baseado em técnicas de análise da expressão facial dos estudantes na sala de aula – em *videostream* –, concluiu que a menor intensidade do movimento da cabeça está associada a menor atenção e classificou corretamente em 61,68% o grau de atenção dos alunos numa escala de três pontos.

Numa revisão de literatura de mais de cem estudos, a *Learning Analytic Community Exchange* (LACE) analisa trabalhos em que é aplicada a tecnologia para medir e compreender as emoções (e.g., expressões faciais e de voz com *tablets* e *smartphones*; análise de conteúdo, linguagem natural e indicadores comportamentais presentes, através de ferramentas de SNA – *Social Network Analysis*– para analisar os padrões de interação entre os estudantes) e antecipa que num futuro próximo será possível monitorizar as emoções dos estudantes em tempo real (Rienties & Rivers, 2014).

As aplicações informáticas e os dados recolhidos permitem obter relatórios com perfis de alunos sobre o modo como aprendem, podendo o docente selecionar atividades e estratégias que melhor se adequem ao grupo ou a um estudante individual. A Figura 4 mostra o interface de aplicação *web* desenvolvida para determinar os estilos de aprendizagem de alunos e professores, baseada no Felde-Soloman's Index of Learning Styles Questionnaire — ILS — e no Honey-Mumford's Learning Styles Questionnaire — LSQ — (Silva & Andrade, 2009).

Os casos práticos de aproveitamento de dados com origem nas plataformas tecnológicas, apresentados nesta subsecção, são diversos e encontram-se em diferentes estágios de desenvolvimento e de implementação. Estes casos representam apenas alguns exemplos num vasto campo de possibilidades que está em rápida mutação, sendo, por isso, difícil manter um discurso estável sobre o tema. As instituições e os professores vão tendo progressivamente acesso a um conjunto de ferramentas — ainda que dispersas — que vão permitindo progressivamente integrar o *Learn Analytics* como uma dimensão essencial do processo de ensino e aprendizagem.

### 3.2. *Academic Analytics*

Na aceção mais ampla, o conceito de *Academic Analytics* é o termo equivalente ao de *Business Analytics*, que prescreve o uso dos dados para suportar a tomada de decisão e a gestão informada das IES, nas suas diversas vertentes — e.g., financeira e de negócio —, podendo assumir, através da agregação de dados, uma vertente regional, nacional e internacional que possibilita a comparação de sistemas a nível supra-institucional. As afirmações transcritas e o Quadro 2 mostram este enquadramento:

*[The] imperfect equivalent term for Business Intelligence, [which essentially describes the use] [...] of information to support decision making in the financial and business of the academy. (Goldstein, 2005: 2)*

*Mining data from systems that support teaching and learning to provide customization, tutoring, or intervention within the learning environment. (Campbell, 2007: 2)*

Quadro 2.  
*Academic Analytics*: conceptualização do conceito (SoLAR, 2012)

Plano e Objeto	Destinatários
Institucional: perfis de aprendizagem, desempenho académico, alocação de recursos.	Diretores, administradores, comunicação, <i>marketing</i> .
Regional: comparação de sistemas, qualidade, referências. Polos universitários.	Administradores, financiadores.
Nacional e internacional.	Governos, UNESCO, OCDE, <i>rankings</i> .

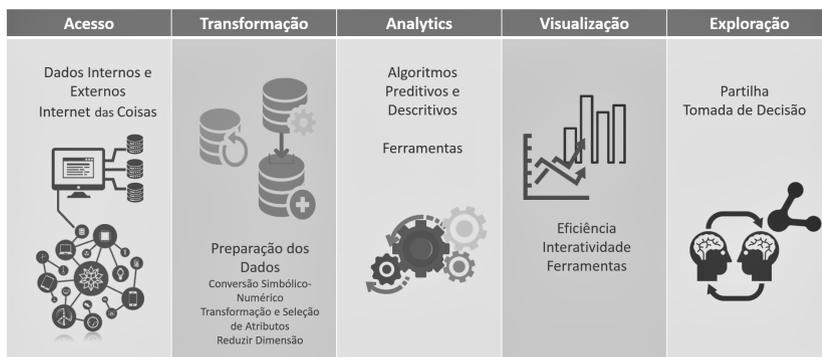
As vantagens do *Academic Analytics* na gestão das IES são variadas, designadamente:

- o fluxo de conhecimento melhorado em toda a organização;
- o *benchmarking* e outras comparações com outras faculdades/universidades;
- a perceção do sucesso dos alunos em relação a outros sistemas escolares;
- a redução de custos;
- a tomada de decisão fundamentada (maior conhecimento sobre fatores que impactam o sucesso de aprendizagem);
- a alocação mais eficaz de recursos (em consequência das informações precisas e atualizadas dentro da instituição).

Na prática, a arquitetura-tipo de um sistema tecnológico de uma IES é constituída por um conjunto de subsistemas que apoiam diferentes vertentes da vida da instituição, compreendendo áreas tão diversas como a gestão administrativa de alunos (matrículas, inscrições, avaliações, certificados...), a contabilidade (receitas e despesas), sistemas de suporte à investigação e às práticas pedagógicas (LCMS, ferramentas de comunicação assíncrona, bibliotecas *online*...), serviços da gestão de qualidade, *websites* e *media* sociais para contacto da instituição com o público, entre outros.

Todos estes subsistemas que compõem o ambiente tecnológico das IES, na prática, não constituem um verdadeiro sistema, pois têm um nível rudimentar de integração, sendo mais correto falar em ambiente tecnológico constituído por vários sistemas tecnológicos que funcionam de forma

Figura 5. Etapas de desenvolvimento de um Academic Analytics



independente entre si, cada um cumprindo o seu papel de suporte a determinada área.

O desiderato do *Academic Analytics* é ler e relacionar dados de múltiplas fontes, sendo um recurso que em parte ultrapassa a dispersão de sistemas e a inerente dificuldade de gestão sistémica.

A Figura 5 esquematiza o desenvolvimento de um *Academic Analytics*, sendo possível identificar cinco etapas principais que encerram todo o processo desde o acesso aos dados à exploração na gestão da IES.

### *Acesso*

Esta primeira etapa impõe desafios de ordem tecnológica e política importantes. Os primeiros resultam de questões relacionadas com o acesso a dados com diferentes origens: sistemas externos – como, por exemplo, o *Google Analytics* ou *media* sociais –, e internos – como são os casos do LCMS ou da Gestão Académica dos alunos. Os dados internos estão muitas vezes na dependência de diferentes prestadores de serviços externos à IES, que utilizam protocolos tecnológicos diferentes e podem condicionar o acesso aos seus servidores onde estão armazenados os dados.

A Internet das Coisas, constituída por uma rede de dispositivos tecnológicos que comunicam entre si através da rede, pode ser considerada como um subsistemas do *Analytics* que resulta da articulação com o mundo dos sensores (RFID) corporizados e que se podem materializar, por exemplo, nos cartões dos estudantes ou em identificadores de equipamento (O'Brien, 2016).

Os desafios tecnológicos para acesso aos dados são exigentes; todavia, não se devem sobrepor à visão política que definirá itens fundamentais (como, por exemplo, que dados se pretende obter ou quais as condições de acesso a esses mesmos dados), uma vez que estão em causa questões como a segurança dos sistemas ou a confidencialidade da informação.

### *Transformação*

A transformação implica trabalho de agregação de fontes, limpeza e normalização dos dados. Da menor qualidade dos dados podem resultar inconsistências ou redundâncias, que exigem trabalho de preparação: por exemplo, conversão de códigos simbólicos em numéricos, encurtamento da dimensão dos códigos ou transformação e seleção de atributos. Este trabalho pode ser dificultado pela interoperabilidade dos sistemas.

### *Analytics*

A concretização de um sistema de *Academic Analytics* que responda às reais necessidades de informação da instituição e permita organizar e apresentar dados de maneira versátil (de modo a fornecer informação pertinente para a tomada de decisão, relativamente aos vários aspetos da vida da IES), deve ser discutida pelos decisores e pelos diferentes órgãos da IES. A construção de um *Academic Analytics* é um desafio técnico, mas está subordinado à estratégia da instituição, devendo dar-lhe resposta. Neste sentido, impõe-se a definição das dimensões e dos dados que devem integrar os relatórios do sistema. O sistema de análise poderá passar pela construção no servidor de uma aplicação de agregação das fontes de dados e desenvolvimento de um sistema de análise (aplicação clássica na *web*) ou uma ferramenta que replique o modelo e permita análises pré-formatadas (relatórios pré-definidos), deixando flexibilidade para se definirem novos relatórios, consoante as necessidades de informação da IES.

### *Visualização*

A visualização de dados refere-se à forma como estes são apresentados. Presentemente, existem várias aplicações que permitem apresentar de forma gráfica e pictórica os dados, o que torna mais eficientes a comunicação e a análise. A possibilidade de a funcionalidade de visualização permitir a seleção de dados, pesquisa de atributos, sugestão de gráficos, ligação de dados (com alteração dinâmica se os dados forem alterados), destaque de variáveis de gráficos pela seleção do utilizador, animações com

Figura 6.  
Acesso ao campus da Católica Porto entre o 1.º semestre de 2011-12 e o 2.º semestre 2015-16

Períodos				Sessões				Sessões Dispositivo					
Período	Ano letivo	Semestre	Sessões	Duração média da sessão	Páginas da sessão	Páginas vistas	Pico de sessões diárias	Desktop	%	Mobile	%	Tablet	%
15 out a 31 jan	2011-12	1S	300 872	07:28	14,4	341 352	5487	288 182	96%	9112	3%	3577	1%
1 fev a 31 julho	2011-12	2S	428 884	06:58	13,7	5 893 787	4851	401 360	94%	16 962	4%	10 561	2%
15 out a 31 julho	2011-12		729 756	07:13	14,1	10 235 139	5487	689 542	94%	26 074	4%	14 138	2%
3 set a 31 jan	2012-13	1S	401 929	07:39	15,5	6 245 490	5185	360 099	90%	21 218	5%	20 612	5%
1 fev a 31 julho	2012-13	2S	433 728	07:22	17,9	7 753 827	5382	369 174	85%	34 060	8%	30 494	7%
3 set a 31 julho	2012-13		833 657	07:30	16,7	13 999 317	5382	729 273	87%	55 278	7%	51 106	6%
2 set a 31 jan	2013-14	1S	445 781	07:38	19,2	8 568 801	6131	360 304	81%	42 198	9%	43 279	10%
1 fev a 31 julho	2013-14	2S	469 818	06:56	18,1	8 486 066	5177	355 091	76%	61 653	13%	53 074	11%
2 set a 31 julho	2013-14		915 599	07:17	18,7	17 054 867	6131	715 395	78%	103 851	11%	96 353	11%
8 set a 31 jan	2014-15	1S	501 541	07:08	15,1	7 572 532	6742	358 151	71%	78 736	16%	64 669	13%
1 fev a 31 julho	2014-15	2S	570 944	06:11	11,6	6 637 688	6483	386 633	68%	121 483	21%	62 828	11%
2 set a 31 julho	2014-15		1 072 485	06:39	13,4	14 210 220	6742	744 784	69%	200 219	19%	127 497	12%
7 set a 31 jan	2015-16	1S	586 878	06:45	11,5	6 740 150	7123	401 397	68%	129 983	22%	55 498	9%
1 fev a 31 julho	2015-16	2S	629 700	06:23	10,1	6 360 330	8078	411 982	65%	172 050	27%	45 668	7%
7 set a 31 julho	2015-16		1 216 578	06:34	10,8	13 100 480	8078	813 379	67%	302 033	25%	101 166	8%

variação de dados ao longo de um lapso temporal, *snapshots* em que é possível gravar as apresentações e enviar o *link* aos colaboradores, entre outras, é fundamental para a boa comunicação.

### *Exploração*

A exploração dos dados está intimamente ligada à estratégia da IES no uso do *Academic Analytics*. Numa antevisão ambiciosa do futuro, o *Academic Analytics* estaria presente na tomada de decisão informada e na definição de ações a várias dimensões e escalas (desde o aluno individual até às linhas da política e estratégia da instituição).

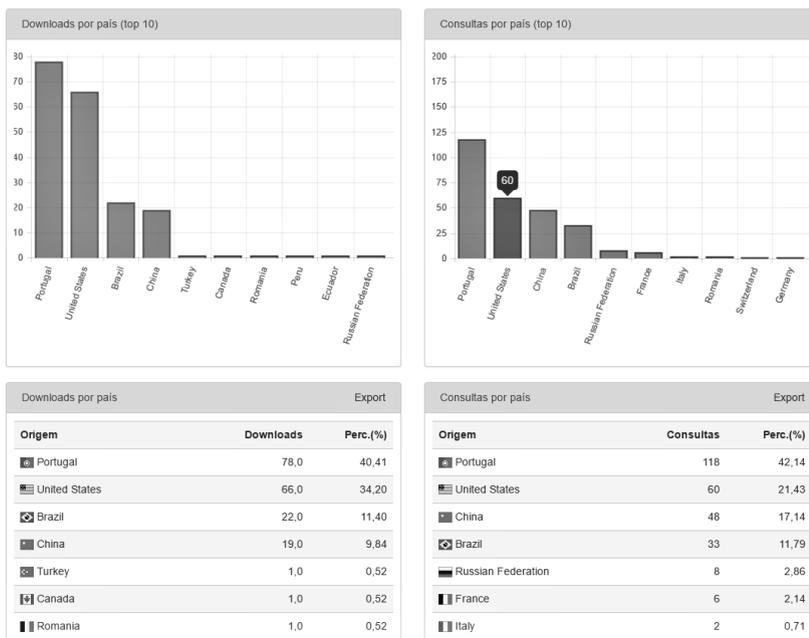
As permissões no acesso à informação são, por questões de privacidade dos dados e estratégia, um dos aspetos críticos na exploração dos dados; daí que a criação de utilizadores com diferentes perfis de privilégio seja um fator a considerar.

A evolução de um *Academic Analytics* tem o seu estágio inicial com o aproveitamento de dados que são mais visíveis e que estão mais acessíveis – e.g., dados extraídos do LCMS; aspetos demográficos e resultados académicos do sistema de gestão académica (Dziuban, Moskal, Cavanagh & Watts, 2012).

Na Figura 6 são apresentados dados do acesso ao *campus* da Católica. Porto, entre o primeiro semestre de 2011-12 e o segundo semestre de 2015-16, onde se pode ver a dinâmica de acessos (e.g., número de sessões, duração média da sessão e número de páginas vistas). No que se refere aos dispositivos utilizados no acesso ao *campus*, é perceptível o aumento da importância do *mobile* e do *tablet*. Estes indicadores são úteis para se perceber a dinâmica de uso, mas também antecipar o futuro (*Predictive Analytics*) e agir (*Action Analytics*), por exemplo, através do investimento na disponibilização de aplicações para acesso e na elaboração de conteúdos para dispositivos móveis.

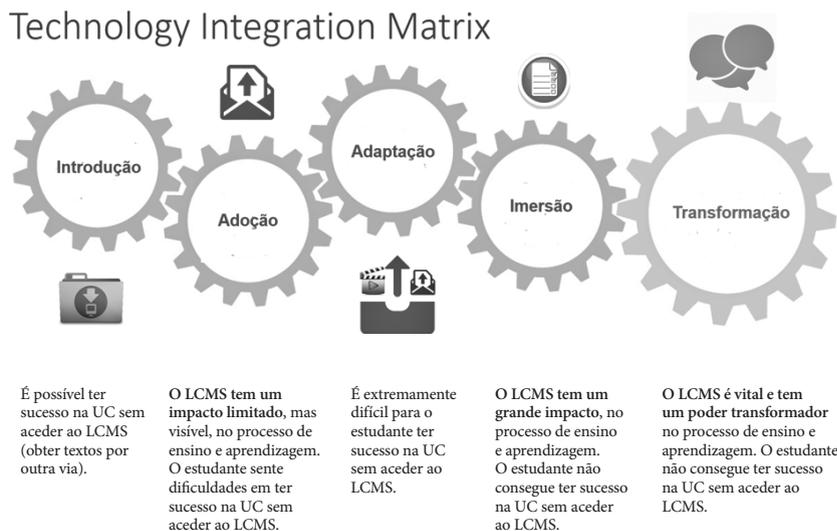
Aplicações de *Analytics* nos *websites*, *media* sociais e repositórios institucionais disponibilizam informação sobre o número de visitas, páginas e documentos consultados, a origem geográfica, plataformas utilizadas, etc. Na Figura 7 é apresentada uma captura de ecrã da aplicação de *Analytics* associada ao repositório *Veritati*, da Católica. Porto, com dados relativos a uma tese de doutoramento.

Figura 7.  
Captura de ecrã de *Analytics* incorporado no repositório institucional da Católica.Porto



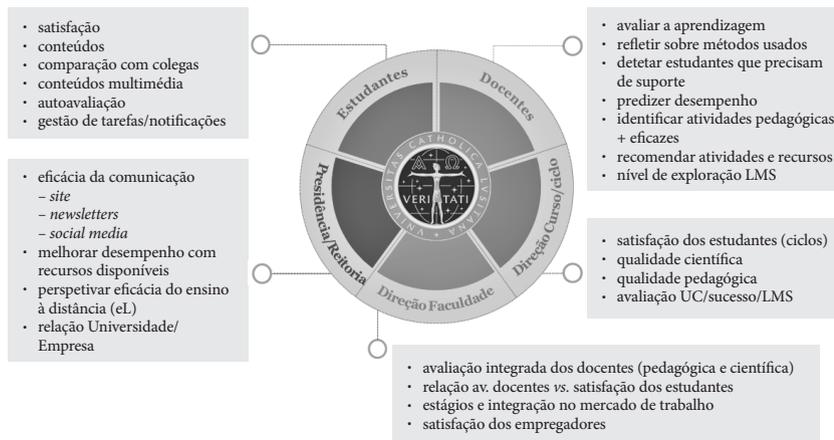
Na Figura 8 apresenta-se um esquema com um modelo de integração do LCMS *Blackboard* no processo de ensino e aprendizagem, baseado na *Technology Integration Matrix* (Florida Center for Instructional Technology, 2011). A conceção e o desenvolvimento deste sistema de *Analytics* ocorreram em *backoffice* do *Blackboard* da Católica.Porto e possibilitam a criação de relatórios automáticos que posicionam cada Unidade Curricular nos cinco níveis de integração do LCMS na atividade formativa, considerando as seguintes dimensões: dinâmica de acessos, utilização de ferramentas colaborativas, tipo de conteúdos presentes, entrega de trabalhos e avaliação na plataforma. Este sistema de *Analytics* permite a agregação da informação em planos superiores – faculdades/escola e Católica.Porto –, constituindo-se como um instrumento de gestão (Ferreira & Andrade, 2012).

Figura 8.  
Níveis de integração do LCMS no processo formativo



A Figura 9 ilustra o panorama da complexidade do *Analytics* na perspectiva da Católica.Porto. A presença desta instituição no espaço virtual concretiza-se através de um conjunto de serviços e conteúdos que servem vários públicos e integram diferentes sistemas tecnológicos, com protocolos de acesso diferenciados. As necessidades de informação são diferentes para estudantes, professores, direções de curso, direções de faculdade ou para a direção da universidade. Por aqui se percebe os imensos desafios tecnológicos e organizacionais exigidos na definição da morfologia de um sistema de *Academic Analytics*, com capacidade para agregar e tratar dados que possam ser utilizados pelos diferentes atores nos vários aspetos da gestão escolar.

Figura 9.  
O *Analytics* na perspectiva da Católica.Porto



## CONCLUSÕES

A terceira vaga de Toffler teve implicações profundas no curso civilizacional, transformando radicalmente as sociedades. As ondas de choque da Sociedade da Informação impactaram profundamente nas IES no plano do ensino e aprendizagem – com uma prevalência cada vez maior dos dispositivos tecnológicos e dos ambientes virtuais de aprendizagem –, mas, também, nos vários níveis de gestão.

Esta vaga teve como efeito uma explosão de dados. Segundo um vídeo promocional da empresa de gestão de dados DocPro, o volume de dados no mundo duplica a cada 1,2 anos e 80% desses dados estão desestruturados, o que dificulta a pesquisa e o uso (DocPro, 2013). Em todo o caso, é muita informação para ser localizada manualmente ou com ferramentas tradicionais. No mundo empresarial, há vários anos que as empresas mais competitivas perceberam que não basta armazenar dados. É importante tê-los organizados, de forma a garantir-lhes fácil acesso para que possam ser usados para uma tomada de decisão informada.

A motivação para adoção de tecnologias na gestão é diversa, mas sobressai a procura da eficiência dos processos, da redução de custos, da melhoria dos processos de decisão e de serviço ao cliente (Mesquita, Faria, Gonçalves & Varajão, 2013). Alinhados com esta perspetiva, os diversos ciclos de

tecnologia de gestão, inicialmente focados no processamento de dados e cobertura interna de todos os processos, vão evoluindo até à fase de alinhamento total com a missão e a estratégia. Atualmente, os princípios do *Process Mining* – componente do *Analytics* – aprofundam a correção dos processos com base tecnológica, ou seja, a exploração das aplicações informáticas, na busca do seu real alinhamento aos objetivos da unidade económica com ou sem fins lucrativos (Verbeek, Buijs, Dongen & Aalst, 2009).

Nas IES, os dados produzidos pelos sistemas tecnológicos são progressivamente utilizados para gerir as várias atividades do ensino aprendizagem (*Learn Analytics*), mas também as várias dimensões do funcionamento das organizações (*Academic Analytics*), com ganhos evidentes ao nível da eficiência. A Terceira Vaga, a dos Sistemas e Tecnologias da Educação, está concretizada e estamos no advento de uma nova vaga baseada no ensino apoiado pela inteligência artificial e a gestão pelo *Analytics* ou pela *School/ Education Intelligence*.

A concretização desta nova vaga está dependente da superação de desafios organizacionais e tecnológicos importantes, pois a questão do *Analytics* na Educação é transdisciplinar, exigindo competências relacionadas com política e estratégia, arquitetura de sistemas, matemática e programação, entre outros.

A questão da segurança de dados e a ética no uso de informação – que pode ser sensível é outro desafio – são outros desafios centrais da nova vaga.

## Referências bibliográficas

- Andrade, A. (2012). Recurso a simuladores na aprendizagem de fatores de segurança na exploração de Tecnologias da Informação. In A. A. A. Carvalho (Ed.), *Aprender na Era Digital - Jogos e Mobile Learning*. Santo Tirso: De Facto Editores, pp. 65-82.
- Andrade, A.; Castro, C. & Ferreira, S. A. (2012). Cognitive communication 2.0 in Higher Education: to tweet or not to tweet? *The Electronic Journal of e-Learning (EJEL)* 10(3), pp. 293-305, 10(3), 293-305. Retrieved from <http://ejel.org/issue/download.html?idArticle=208>.
- Andrade, A. & Lagarto, J. (2009). *Morfologia da Inovação Educativa Baseada em TI*. Paper presented at the I Congresso Internacional de Docência Universitaria, Vigo.
- Andújar, J. M.; Mejías, A. & Márquez, M. A. (2011). Augmented reality for the improvement of remote laboratories: an augmented remote laboratory. *IEEE Transactions on Education*, 54(3), 492-500.

- Barneveld, A.; Arnold, K. & Campbell, J. (2012). Analytics in Higher Education: Establishing a common language. *EDUCAUSE Learning Initiative (ELI) White Paper*.
- Barthotel, J. (2013). MOOCs: Hype and hope. *Scientific American*, 309(2), 45-53.
- Brown, M. (2011). Learning Analytics: The coming Third Wave. *EDUCAUSE Learning Initiative Brief*. 1-4. Retrieved from doi:ELIB1101.
- Campbell, J. (2007). *The Grand Challenge: Using Analytics to Predict Student Success*. Paper presented at the EDUCAUSE Midwest Regional Conference, Chicago, Illinois.
- Carr, N. (2011). *Shallows: What the Internet Is Doing to Our Brains*. New York: W.W. Norton & Co.
- Carter, S. P.; Greenberg, K. & Walker, M. (2016). The impact of computer usage on academic performance: Evidence from a randomized trial at the United States Military Academy. *SEII – School Effectiveness & Inequality Initiative, Working paper*.
- Castells, M. (1999). *A Sociedade em Rede*. São Paulo: Paz e Terra.
- Castells, M. (2004). *A Galáxia Internet – Reflexões sobre a Internet, Negócios e Sociedade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Castells, M. & Himanen, P. (2007). *A Sociedade da Informação e o Estado-Providência: O modelo finlandês*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Conlan, M. (2016). Bill Gates talks Artificial Intelligence in Education. *EdTec Focus on K-12*. Retrieved from <http://www.edtechmagazine.com/k12/article/2016/04/bill-gates-talks-artificial-intelligence-education>.
- Dawson, S. & Bakharia, A. H., E. (2010). *SNAPP: Realising The Affordances Of Real-Time SNA Within Networked Learning Environments*. Paper presented at the 7th International Conference on Networked Learning, Aalborg, Denmark.
- DocPro (Writer) (2013). *A nova fase da era do conhecimento*.
- Dziuban, C.; Moskal, P.; Cavanagh, T. & Watts, A. (2012). Analytics that inform the University: Using data you already have. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 16(3), 21-38.
- Eckerson, W. (2007). Predictive analytics: Extending the value of your data warehousing investment, *TDWI Best Practices Report, First Quarter 2007*. Renton, WA, USA: The Data Warehousing Institute.
- Emanuel, E. J. (2013). Online education: MOOCs taken by educated few. *Nature*, 503(7476), 342. doi: 10.1038/503342a.
- Ferreira, S. A. & Andrade, A. (2012). Conception of a management tool of Technology Enhanced Learning Environments. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 3(2), 42-47.
- Ferreira, S. A. & Andrade, A. (2013). Desenhar e implementar um sistema de *Learning Analytics* no ensino superior. *Revista Gestão e Desenvolvimento*(21), 123-146.

- Ferreira, S. A. & Andrade, A. (2014). Academic Analytics: Mapping the genome of the university. *IEEE Journal of Latin-American Learning Technologies (IEEE-RITA)*, 9(3), 95-105. doi: 10.1109/RITA.2014.2340019.
- Ferreira, S. A.; Castro, C. & Andrade, A. (2011, 15-18 jun). *Morfologia da Comunicação Cognitiva 2.0 em sala de aula no âmbito do Ensino Superior*. Paper presented at the CISTT'2011 – 6.ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, Chaves, Portugal.
- Figueiredo, A. D. (2009). Estratégias e modelos para a Educação Online. In G. L. Miranda (Ed.), *Ensino Online e Aprendizagem*. Lisboa: Relógio d'Água, pp. 33-55.
- Florida Center for Instructional Technology. (2011). *Technology Florida Center for Instructional – Technology Integration Matrix*, from <http://fcit.usf.edu/matrix/matrix.php>.
- Goldstein, P. J. (2005). *Key findings – Academic Analytics: The Use of Management Information and Technology in Higher Education*. Washington D. C.: Educause Center for Applied Research.
- Gonçalves, V. & Gonçalves, B. (2015). *Avaliação de plataformas para criação e distribuição de MOOC para a formação contínua de professores*. Paper presented at the INNODOCT 2015 – International Conference on Innovation, Valencia, Spain.
- Harari, Y. N. (2015). *Sapiens: Breve História da Humanidade*. Amadora: Vogais.
- Hargreaves, A. (2003). *O Ensino na Sociedade do Conhecimento: a educação na era da insegurança*. Porto: Porto Editora.
- Haya, P. A.; Daems, O.; Malzahn, N.; Castellanos, J. & Hoppe, H. U. (2015). Analysing content and patterns of interaction for improving the learning design of networked learning environments. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 300-316. doi: 10.1111/bjet.12264.
- Hembrooke, H. & Gay, G. (2003). The laptop and the lecture: The effects of multitasking in learning environments. *Journal of Computing in Higher Education*, 15(1).
- Illitch, I. (1971). *Deschooling Society*. London: Calder and Boyars Ltd.
- Johnson, L.; Adams Becker, S.; Cummins, M.; Estrada, V.; Freeman, A. & Hall, C. (2016). *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Johnson, L.; Smith, L.; Willis, H.; Levine, A. & Haywood, K. (2011). *The 2011 Horizon Report*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Junco, R.; Heiberger, G. & Loken, E. (2010). The effect of Twitter on college student engagement and grades. *Journal of Computer Assisted Learning*, 27(2), 1-14.
- Korn, M. (2016). Imagine discovering that your teaching assistant really is a robot. *The Wall Street Journal* Retrieved from <http://www.wsj.com/articles/if-your-teacher-sounds-like-a-robot-you-might-be-on-to-something-1462546621>.

- Kotter, J. (1996). *Leading to Change*. Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Kotter, J. & Cohen, D. (2002). *The Heart of Change*. Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Kotter, J. & Rathgeber, H. (2009). *O nosso icebergue está a derreter* (Vol. 6.º). Porto: Ideias de ler.
- Lopes, C. P. & Andrade, A. (2008). *Jogos e Simuladores no Ensino Superior de Economia e Gestão em Portugal*. Paper presented at the X Simpósio Internacional de Informática Educativa.
- Manyika, J.; Chui, M.; Brown, B.; Bughin, J.; Dobbs, R.; Roxburgh, C. & Byers, A. H. (2011). *Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition and Productivity*. McKinsey Global Institute.
- Mesquita, V.; Faria, J.; Gonçalves, D. & Varajão, J. (2013). *Motivations for the Adoption of Erp and Crm Systems: A Comparative Analysis*. Paper presented at the 10th International Conference on Information Systems and Technology Management – CONTECSI, School of Economics, Business and Accountancy, São Paulo.
- Miller, L. D.; Soh, L.-K. & Samal, A. (2015). A comparison of educational statistics and data mining approaches to identify characteristics that impact online learning. *Journal of Educational Data Mining*, 7(3), 117-150.
- Mueller, P. A. & Oppenheimer, D. M. (2014). The pen is mightier than the keyboard advantages of longhand over laptop note taking. *Psychological Science*, 25(6), 1169-1177.
- Natsu, J. (2010). Advanced Analytics: Helping educators approach the ideal 2010 eSN *Special Report, eSchool News* (pp. 17–23).
- Newton, C. (2016). Can AI fix education? We asked Bill Gates Retrieved 06-13, 2016, from <http://www.theverge.com/2016/4/25/11492102/bill-gates-interview-education-software-artificial-intelligence>.
- O'Brien, H. M. (2016). The Internet of things. *Journal of Internet Law*, 19(12), 1,12-20.
- Picard, R. W. (2000). *Affective Computing*. Massachusetts: MIT.
- Raca, M.; Kidzinski, Ł. & Dillenbourg, P. (2015, 26-29 June). *Translating Head Motion into Attention – Towards Processing of Student's Body-Language*. Paper presented at the 8th International Conference on Educational Data Mining, Madrid, Spain.
- Richardson, W. (2012). *Why School?: How Education Must Change When Learning and Information Are Everywhere!*. Paper presented at the TED Conferences.
- Rienties, B., & Rivers, B. A. (2014). Measuring and understanding learner emotions: Evidence and prospects *Learning Analytics Review 1*. Brussels: European Commission – LACE Project.
- Rodrigo, M. A. (1988). Ser y conocer: Peculiaridades informáticas de la especie humana. *Separata de Cuadernos Salamantinos de Filosofía*, XV, 5–19.

- Silva, R. & Andrade, A. (2009). Development of a web application for management of learning styles. *Journal of Universal Computer Science*, 15(7), 1508-1525.
- SoLAR. (2012). Society for learning analytics research. Retrieved 01-16, 2013, from <http://www.solaresearch.org/mission/about/>.
- Strecht, P.; Cruz, L.; Soares, C.; Mendes-Moreira, J. & Abreu, R. (2015). *A Comparative Study of Classification and Regression Algorithms for Modelling Students' Academic Performance*. Paper presented at the Proceedings of the 8th International Conference on Educational Data Mining, Madrid, Spain.
- Toffler, A. (1980). *The Third Wave*. New York: William Morrow and Company.
- Verbeek, H. M. W.; Buijs, J. C. A. M.; Dongen, B. F. v., & Aalst, W. M. P. v. d. (2009). *ProM: The Process Mining Toolkit*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Xin, L.; Gray, K.; Chang, S.; Elliott, K. & Barnett, S. (2014). A conceptual model for analysing informal learning in online social networks. *Studies in Health Technology & Informatics*, 2014, 80-85. doi: 10.3233/978-1-61499-427-5-80.