

***Learning Analytics* e Problem-Based Learning: Mapeamento Sistemático da Literatura**

Francisco Aguiar¹, Rafael Ferreira Mello^{1,2}, Ana Paula Calvancanti Furtado^{1,2}, André Nascimento², Péricles Miranda²

¹Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (CESAR School)

²Departamento de Computação - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

{fama, rflm, apccf}@cesar.school

{rafel.mello, anapaula.furtado, pericles.miranda, andre.camara}@ufrpe.br

Abstract. *The use of new technologies and processes to improve teaching and learning relationship has produced research in several areas. In particular, the connection between Learning Analytics (LA) and Problem-Based Learning (PBL) is discussed and analyzed in order to generate techniques, tools and solutions for the extraction of knowledge and patterns. However, this approach involves complexities and limitations which are demonstrated in few studies involving these two areas of research. The purpose of this study is to demonstrate a systematic mapping on the use of LA in the context of the PBL.*

Resumo. *A utilização de novas tecnologias e processos para aprimorar a relação de ensino e aprendizado tem provocado pesquisas em diversas áreas. Em particular, a conexão entre Learning Analytics (LA) e Problem-Based Learning (PBL) é discutida e analisada de modo a produzir técnicas, ferramentas e soluções para a extração de conhecimento e padrões. Porém essa abordagem envolve complexidades e limitações que é demonstrada em poucos estudos envolvendo essas duas áreas de pesquisas. O objetivo desse estudo é demonstrar um mapeamento de sistemático sobre o uso do LA no contexto do PBL.*

1. Introdução

Globalmente, a educação e a tecnologia tem provocado mudanças nas relações entre professores e alunos. Escolas estão conectadas e produzindo novas experiências e habilidades. Por consequência, novas tecnologias e ferramentas ajudam a construir e monitorar essa relação. Em época de pandemia, o sistema educacional precisa inovar, o comportamento dos alunos precisa mudar e o uso de ferramentas tecnológicas, como *Learning Analytics* (LA), contribui no contexto de análise de participação, aprendizado e outras métricas na relação de ensino [Freitas et al. 2020, Pontual Falcão et al. 2020, Ferreira-Mello et al. 2019].

Diante deste cenário, alguns estudos investigam o uso de LA em conjunto com *Problem Based Learning* (PBL). As soluções de LA ajudam na construção de salas construtivas voltadas para habilidades do nosso século, entre elas: colaboração e aprendizado centrado no aluno [Kilińska and Ryberg 2019]. A tecnologia pode ser usada para capturar os dados sobre as interações dos alunos e oferecer análises dos dados coletados no cenário do PBL [Luckin et al. 2015]

Entretanto, existem barreiras que limitam a abordagem entre LA e PBL. O planejamento e o monitoramento do PBL envolvem atividades complexas e difíceis de gerenciar, principalmente no que diz respeito à determinação da qualidade e conformidade dos processos utilizados para a resolução de problemas [de Oliveira and Santos 2016]. Além disso, a coleta dos dados de análise de aprendizado não é uma tarefa trivial [Tempelaar et al. 2013]. Os diferentes ambientes utilizados pelo aluno devem ser identificados e analisados ocasionando em mais um desafio [Kilińska and Ryberg 2019].

A adoção do PBL não consiste em uma tarefa fácil, e envolve mudanças de paradigma em relação a educação tradicional e as instituições de ensino precisam introduzir estratégias e tecnologias para gerenciar e monitorar a qualidade do processo pedagógico. Por outro lado, as ferramentas de LA fornecem aos alunos e professores dados para reflexão sobre seu trabalho que possam levar a melhorias no processo de aprendizagem [Khalil and Ebner 2015, Miranda et al. 2017].

Portanto, o presente trabalho apresenta um mapeamento sistemático da literatura focado na relação LA e PBL. Foram selecionados seis artigos, no período de 2010 a 2020, que exploram essa temática. A partir desse contexto foram definidas três Perguntas de Pesquisa (PP) que nortearam o escopo do trabalho.

PERGUNTA DE PESQUISA 1: *De que forma LA pode colaborar no contexto do PBL?*

PERGUNTA DE PESQUISA 2: *Quais principais fontes de informação são usadas na avaliação dos alunos nessa conexão LA e PBL?*

PERGUNTA DE PESQUISA 3: *Quais principais ferramentas relacionadas a LA e PBL?*

Para responder as perguntas, foram analisados principalmente os métodos e ferramentas utilizadas para medir, avaliar e produzir uma análise do progresso estudantil do estudante. Os resultados mostram uma visão geral das principais funcionalidades das ferramentas.

2. Contextualização

PBL é um método que consiste no uso de problemas reais para o processo de aprendizagem, estimulando o desenvolvimento de habilidades na resolução dos problemas. Esses problemas são trabalhados em grupos motivando a aprendizagem [Ribeiro 2005].

Para [Barrows 2001] existem seis características do PBL:

- A aprendizagem é centrada no aluno;
- A aprendizagem ocorre em pequenos grupos de alunos;
- Existe a presença de um tutor/facilitador;
- Os problemas são apresentados no início do processo;
- Os problemas encontrados são usados como instrumentos para obter conhecimentos e habilidades;
- Novas informações são adquiridas através do aprendizado auto-direcionado.

O PBL foi aplicado pela primeira vez no programa da faculdade de medicina da Universidade McMaster em Hamilton, Ontário, Canadá, no final dos anos 60,

[Neville 2009]. Ele é uma abordagem abrangente para o ensino e aprendizado em sala de aula, onde os alunos se envolvem na investigação de problemas realistas e aprendem trabalhando em um projeto aberto, descobrindo problemas e encontrando soluções à medida que avançam.

Entretanto, os professores nem sempre avaliam todas as informações geradas, perdendo a oportunidade de se adaptar e aprimorar o aprendizado, [Phillips R. and W. 2012]. Logo, *Learning Analytics* (LA) ajuda nesse processo com o intuito de estudar e analisar os dados gerados no ambiente de aprendizado, LA tem ganhado maior visibilidade nessa relação de ensino e aprendizado. LA busca aprimorar o processo de aprendizagem por meio de medições sistemáticas dos dados relacionados à aprendizagem e fornecer feedback informativo aos alunos e professores [Tempelaar et al. 2013].

Além disso as soluções de LA podem ajudar a monitorar o aprendizado dos estudantes durante o trabalho do PBL. As ferramentas fornecem dados de aprendizado sobre o envolvimento e a atividade individual dos mesmos na plataforma, estatísticas genéricas sobre o uso da plataforma e informações sobre o intercâmbio de dados no sistema [Triantafyllou et al. 2018a].

LA está relacionada com o processo de aprendizado por meio da tecnologia. Essas tecnologias geram grandes quantidades de dados educacionais e variam de ferramentas cognitivas a ambientes sofisticados e complexos, como sistemas de gerenciamento de aprendizagem (LMS - do inglês *Learning Management System*), ambientes virtuais de aprendizagem (AVA) e os recentes cursos online massivos abertos (MOOC - do inglês *Massive Open Online Course*) [Zotou et al. 2016].

No caso específico do PBL, a medida que mais atividades são realizadas em computadores e dispositivos móveis, mais dados são gravados [Goodfellow et al. 2016]. As ferramentas de LA podem analisar esses dados e permitir que os professores acompanhem o aprendizado, como por exemplo investigar os conceitos errôneos que levam a respostas erradas, fornecer mais ou diferentes materiais para motivar a leitura e provocar os alunos a colaborar mais ativamente [Zotou and Tambouris 2014]

O campo do LA está em processo de estabelecer as conexões entre as teorias da aprendizagem e a pesquisa educacional. Portanto, não surpreende que o número de ferramentas de LA que especifiquem sua relação com o PBL, ou qualquer outra abordagem de aprendizado, ainda seja limitado. No momento, não existe um conjunto de ferramentas de LA que consiga suportar com êxito o PBL [Kilińska and Ryberg 2019]. Logo, a implementação se torna um desafio, considerando que o PBL é fundamentalmente diferente dos métodos tradicionais de aprendizado.

3. Mapeamento Sistemático de Literatura

O mapeamento sistemático de literatura é definido para fornecer uma visão geral sobre quais tópicos foram abordados na literatura e onde foram publicado [Kitchenham and Charters 2015]. Ele consiste em três etapas: (1) planejar, (2) realizar e (3) relatar o mapeamento. O objetivo deste estudo é relatar sobre o uso da LA no contexto do PBL. O protocolo de pesquisa foi realizado seguindo os direcionamentos definidos por Kitchenham [Kitchenham and Charters 2015].

A necessidade da pesquisa está relacionada a explorar o campo da tecnologia, LA,

com a área educacional, PBL, devido as limitações envolvendo essas área. Atualmente, as soluções de LA e PBL concentram em coleta de dados e suporte a análises específicas.

3.1. Busca

O PICo (População, Intervenção, Comparação e Resultados) sugerido por [Kitchenham and Charters 2015] foi desenvolvido para identificar palavras-chave e formular sequencia de pesquisa a partir de perguntas da pesquisa apresentadas na introdução.

- **População:** No contexto deste estudo, a população são estudos sobre LA.
- **Intervenção:** Na abordagem deste estudo, refere-se ao LA aplicado no contexto do *Problem Based Learning* (PBL).
- **Comparação:** empírico, industrial, estudo de caso, estudo de campo ou estudo observacional. No presente artigo, refere-se a estudos acadêmicos.
- **Resultados:** Conclusão, resultado obtido. Não usado no mecanismo de busca.

Diante das perguntas de pesquisa e informações do PICo, as seguintes palavras-chaves foram identificadas:

- “learning”, “analytics”, “*Learning Analytics*”, “virtual learning environment”.
- “problem based learning”, “pbl”.

A tabela 1 descreve os termos de buscas nas bases acadêmicas escolhidas e a tabela 2 representa a quantidade de artigos retornados de cada base.

Tabela 1. Termos de busca e bases acadêmicas analisadas.

Termos de Busca	Bases Acadêmicas
(“ <i>Learning Analytics</i> ”OR “Virtual Learning Environment”) AND (“problem based learning”OR “pbl”OR “problem based learned”)	IEEE ACM Science Direct SpringerLink

Tabela 2. Resultado da busca inicial por base acadêmica.

Bases Acadêmicas	Total de artigos
IEEE	13
ACM	67
Science Direct	229
SpringerLink	558
Total	867

3.2. Seleção dos artigos

Os seguintes critérios de inclusão foram aplicados aos artigos encontrados:

- Estudos envolvendo as duas áreas: LA e PBL.
- Estudos conduzidos entre 2010 e 2020.
- Artigos em inglês.

Para exclusão foram aplicados os critérios abaixo:

- Fora de escopo.
- Estudos que não estão em inglês.
- Artigos que não estavam disponíveis para download de forma completa e que os autores não retornaram nosso contato.

Durante a leitura completa dos artigos selecionados, aqueles que estavam fora de escopo foram excluídos. Outros artigos foram adicionados usando *snowball sampling* [Jalali and Wohlin 2012]. A Figura 1 descreve o número de artigos em cada etapa. Embora existam grande quantidade de artigos que tratam de L.A, a pesquisa focou nos trabalhos relacionados ao PBL.

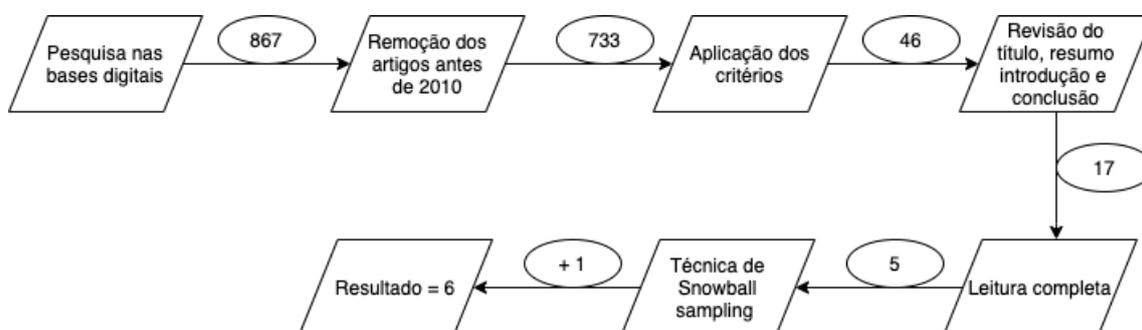


Figura 1. Número de artigos durante o processo de seleção.

3.3. Extração dos dados

Para extrair dados dos estudos identificados, foi utilizado o modelo mostrado na Tabela 3. Cada campo de extração de dados tem sua descrição.

Tabela 3. Informações extraídas dos artigos.

Formulário de Extração dos Dados			
Id	Nome	Descrição	Perguntas de Pesquisa
1	ID	Identificação única do artigo	
2	Título do artigo	Título	
3	Nome do Autor	Conjunto de Autores	
4	Ano de Publicação	Ano	
5	Lugar de Publicação	Onde foi feita a publicação	
6	Tipos de Avaliação	Questionários, avaliações, etc	
7	Principais Resultados	Resultados obtidos	PP1
8	Variáveis	Quais variáveis são usadas na avaliação	PP2
9	Ferramentas	Tipo de ferramentas usadas	PP3

4. Resultados e discussões

Esta seção aborda sobre resultados do mapeamento sistemático da literatura visando responder as perguntas que contextualizaram a pesquisa. A tabela 4 apresenta os artigos que atenderam a todos os requisitos da revisão sistemática conduzida neste artigo.

Tabela 4. Artigos avaliados na revisão.

Artigos		
ID	Referência	Título
1	[Triantafyllou et al. 2018b]	Applying <i>Learning Analytics</i> in Problem-Based Learning Engineering Semester Projects
2	[de Oliveira and Santos 2016]	PBLMaestro: A virtual learning environment for the implementation of problem-based learning approach in Computer education
3	[Tempelaar et al. 2013]	Formative assessment and <i>Learning Analytics</i>
4	[Triantafyllou et al. 2018a]	Employing <i>Learning Analytics</i> for monitoring student learning pathways during Problem-Based Learning group work: a novel approach
5	[Rojas and García 2012]	Towards efficient provision of feedback supported by <i>Learning Analytics</i>
6	[Akhila J. 2019]	<i>Learning Analytics</i> framework for measuring students' performance and teachers' involvement through problem based learning in engineering education

4.1. Conexões de Aprendizado - PP1

Durante a análise dos artigos selecionados identificou-se uma perspectiva positiva entre o uso do LA e o progresso educacional do aluno durante as atividades do PBL. Essa abordagem é apoiada em três ideias principais: participação dos alunos (grupo ou individual), desempenho, monitoramento. Há estudos que abordam mais de um desses temas ao mesmo tempo. A Tabela 5 apresenta os principais cenários de aplicação do LA e PBL identificados nos estudos.

Tabela 5. Cenário de aplicação do LA e PBL.

Cenário	Número de Artigos
Performance e Desempenho	4
Monitoramento e participação	3

Triantafyllou *et al.* [Triantafyllou et al. 2018b] conclui que a partir da análise dos dados coletados foi possível verificar o engajamento e performance dos alunos, tanto no nível individual quanto em grupo. Na perspectiva da LA, foi possível permitir aos professores verificar desempenho e comportamento individual dos alunos e colaboração em grupo, além disso a identificação de conceitos com os quais os alunos tinham mais dificuldade [de Oliveira and Santos 2016].

Por outro lado, a infraestrutura de LA combinada com as avaliações assistidas por computador ajudam a inferir a detecção de alunos com problemas de desempenho [Tempelaar et al. 2013]. Em seguida, [Triantafyllou et al. 2018a] apresenta que o monitoramento das atividades individuais e em grupo, fornece dados sobre a participação dos alunos.

Rojas e García[Rojas and García 2012] apresenta o monitoramento do processo

de aprendizado e avaliação através dos dados coletados das atividades dos alunos, por exemplo, logs de interação com a plataforma. Mais recentemente, [Akhila J. 2019] sugeriu que utilizar LA e PBL contribui para uma abordagem de aprendizado mais eficiente, levando os alunos a desenvolverem suas habilidades e mostrando para os professores a evolução no desempenho dos estudantes.

Existe ainda a análise de grupos revelando o grau de maturidade da equipe, gerenciando e propondo soluções, [de Oliveira and Santos 2016]. A geração de feedback mostrou-se uma utilidade para a conexão LA e PBL visto que essa atividade pode ser automatizada e baseada nas coletas das atividades acadêmicas.

A percepção dos alunos e professores também é avaliada nesse contexto, através de pesquisas e questionários pode se analisar os pontos fracos e traçar melhorias ao processo, por exemplo comunicação ou colaboração entre os membros do time.

Ressalta-se que os estudos abordam sobre a interação entre membros do time promoveu um direcionamento no tratamento dos problemas. Outro ponto que merece atenção é a multiplicidade de informações, as ferramentas de LA podem considerar informações que para um aluno é importante e para outro não, gerando uma incongruência. Em relação a obtenção dos dados e seu pré-processamento não foram escopo do presente trabalho.

4.2. Variáveis de avaliação - PP2

Coletando os principais critérios de avaliação dos alunos nos artigos selecionados foi possível identificar as principais fontes de informação que são usadas na ferramentas de LA, como apresentado na Tabela 6. É importante destacar que um mesmo artigo pode analisar mais de uma fonte, por isso a soma de todas as fontes listadas na tabela passa de 6.

Tabela 6. Fontes de informação mais analisadas.

Fontes	Número de artigos
Avaliação online	3
Questionários	3
Wiki	2
Fórum	2
Reports	2
Feedbacks	2
Logs	1

Para cada aplicação identificada na pesquisa existe o uso de uma ou mais fonte de dados para a utilização no LA. A partir dessas fontes ferramentas de LA fornecem visualizações e análises que ajudam a monitorar o rendimento do aluno. Uma outra fonte de dados que pode ser explorada são os dispositivos conectados a internet (sensores, câmeras, *wearable devices*) e que produzam dados para serem analisados.

Logo, o conteúdo fornecido pelos alunos durante as atividades do PBL precisam ser coletados e os professores devem analisá-los com ajuda das ferramentas de LA, afim de aprimorar ou sugerir mudanças no processo. Para Oliveira e Santos [de Oliveira and Santos 2016], aplicando as técnicas de LA é possível coletar, medir ,

analisar e examinar o comportamento dos alunos e assim professores ajustar o processo pedagógico.

4.3. Ferramentas - PP3

O número de aplicações de LA com suporte ao PBL ainda é limitado. Na Tabela 7 a lista de ferramentas usadas como suporte ao LA.

Tabela 7. Ferramentas

ID	Ferramenta	Categoria	Percepção dos Alunos	Métricas
1	LMS, GISMO, Heatmap	Dashboard	Não disponível	Baseado em wiki, forum, reports, feedback
2	PBLMaestro	Dashboard , Web analytics	Usou a abordagem de gamificação	Avaliações online
3	Digital Learning Environment	Visualização da informação	Feedback dos alunos	Avaliações
4	Moodle	Visualização da informação e monitoramento	Aluno fornece feedbacks	Reports, forums, wiki, feedback
5	Ambiente virtual de aprendizagem	Monitoramento	Feedback	Atividades Online
6	Moodle	Visualização da informação	Não disponível	Avaliações

De acordo com o levantamento, poucas ferramentas fornecem uma avaliação para cada fase do PBL (setup/design, implementação, avaliação). No estudo realizado, a PBL-Maestro relatou uma abrangência para as etapas do PBL. Não se verificou a existência de um padrão de desenvolvimento das ferramentas de LA. O uso de indicadores baseados na relação entre os agentes do processo de aprendizagem pode ser avaliada. A investigação desses indicadores oferece uma avaliação do desenvolvimento individual no contexto do trabalho em grupo (cenário do PBL).

Outro ponto levantado pela pesquisa é que os softwares já existentes não incluem suporte para a análise de aprendizagem usando LA. Na sua maioria consiste em módulos que são desenvolvidos e integrados ao sistema educacional. Nesse contexto, ferramentas de LA que sejam reutilizadas em diversos ambientes e plataformas é um desafio a ser atacado.

5. Considerações finais

Este estudo apresentou o resultado de mapeamento sistemático da conexão do LA e PBL, relatando quais as principais práticas usadas com a combinação dessas abordagens. Um ponto a ser explorado é a validação dessas ferramentas de LA no impacto do aprendizado.

PBL é um conceito complexo e estar relacionado à aprendizagem baseada em problemas e a solução colaborativa de problemas. A tecnologia pode ser usada para capturar os dados sobre essas interações dos alunos e apoiar o seu aprendizado.

As ferramentas, práticas e metodologias mostram um campo promissor a ser explorado, embora particularizado a cada instituição de ensino. A análise realizada neste estudo demonstra que existe uma relação direta entre essas interações e a classificação final correspondente à avaliação individual das atividades de trabalho em equipe. Além disso, as ferramentas de *Learning Analytics* auxilia na tarefa que os professores enfrentam na avaliação e monitoramento do progresso dos alunos.

Com uma disseminação maior dessa abordagem, seus pontos positivos, vantagens e com um envolvimento de todos os agentes inerentes na relação de ensino e aprendizado, novos projetos na área de educação e treinamento online ganham mais força e o LA pode colaborar para melhorar o processo educacional.

Uma lacuna identificada na revisão é que a utilização de algoritmos inteligentes, como aprendizagem de máquina, ainda não são explorados profundamente no contexto em que LA e PBL são usadas em conjunto.

Referências

- Akhila J., Padmashree D., P. T. (2019). Learning analytics framework for measuring students' performance and teachers' involvement through problem based learning in engineering education. In *9th World Engineering Education Forum, WEEF 2019*.
- Barrows, H. S. (2001). Problem based learning (pbl).
- de Oliveira, F. S. and Santos, S. (2016). Pblmaestro: A virtual learning environment for the implementation of problem-based learning approach in computer education. In *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–9. IEEE.
- Ferreira-Mello, R., André, M., Pinheiro, A., Costa, E., and Romero, C. (2019). Text mining in education. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 9(6):e1332.
- Freitas, E., Falcão, T. P., and Mello, R. F. (2020). Desmistificando a adoção de learning analytics: um guia conciso sobre ferramentas e instrumentos. *Sociedade Brasileira de Computação*.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., and Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press. <http://www.deeplearningbook.org>.
- Jalali, S. and Wohlin, C. (2012). Systematic literature studies: database searches vs. backward snowballing. In *Proceedings of the ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, pages 29–38.
- Khalil, M. and Ebner, M. (2015). Learning analytics: Principles and constraints. In *ED-Media conference*. World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications.
- Kilińska, D. and Ryberg, T. (2019). Connecting learning analytics and problem-based learning – potentials and challenges. In *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*, pages 1–24. Aalborg University.

- Kitchenham, B. and Charters, S. (2015). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. In *EBSE Technical Report*.
- Luckin, R., Mavrikis, M., Avramides, K., and Cukurova, M. (2015). Analysing project based learning scenarios to inform the design of learning analytics: Learning from related concepts. In *AIED Workshops*. Aalborg University.
- Miranda, P., Ferreira, R., Castro, M., André, L., Souza, S., Fiorentino, G., and Ligia, L. (2017). Formação de grupos de alunos baseado em múltiplos critérios. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 28, page 1607.
- Neville, A. J. (2009). Problem-based learning and medical education forty years on. In *Medical Principles and Practice*.
- Phillips R., Maor D., P. G. and W., C.-P. (2012). Exploring learning analytics as indicators of study behaviour. In *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*.
- Pontual Falcão, T., Ferreira Mello, R., and Lins Rodrigues, R. (2020). Applications of learning analytics in latin america. *British Journal of Educational Technology*, 51:871–874.
- Ribeiro, L. R. C. (2005). A aprendizagem baseada em problemas (pbl): Uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores.
- Rojas, I. G. and García, R. M. C. (2012). Towards efficient provision of feedback supported by learning analytics. In *Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*. IEEE.
- Tempelaar, D. T., Heck, A., Cuypers, H., van der Kooij, H., and van de Vrie, E. (2013). Formative assessment and learning analytics. In *Proceedings of the third international conference on learning analytics and knowledge*, pages 205–209.
- Triantafyllou, E., Xylakis, E., Nilsson, N. C., and Timcenko, O. (2018a). Employing learning analytics for monitoring student learning pathways during problem-based learning group work: a novel approach. In *7th International Research Symposium on PBL (IRSPBL)*. Aalborg Universitetsforlag. International Research Symposium on PBL).
- Triantafyllou, E., Xylakis, E., Zotou, M., Tambouris, E., and Tarabanis, K. (2018b). Applying learning analytics in problem-based learning engineering semester projects. In *Proceedings of the 46th SEFI Annual Conference*. Technical University of Denmark (DTU).
- Zotou, M. and Tambouris, E. (2014). Data-driven blended problem based learning towards enhancing transversal skills. In *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*. IEEE).
- Zotou, M., Tambouris, E., Triantafyllou, E., Timcenko, O., Kofoed, L., Stracke, C., Riviou, K., Barriocanal, E. G., Utz, W., and Martos, P. (2016). Pbl3.0: Integrating learning analytics and semantics in problem-based learning. In *The 11th European Conference on Technology Enhanced Learning*.