

Projeto VISIR+

Contextualização da Matemática em Engenharia

Natércia Lima, Clara Viegas, Marcelo Zannin, Arcelina Marques, Gustavo Alves, Manuel C. Felgueiras, Ricardo Costa, André Fidalgo, Juarez B. da Silva, María Isabel Pozzo, Elsa Dobboletta, Ingvar Gustavsson e Francisco Garcia-Peñalvo

Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial (CIETI), Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) – Politécnico do Porto (P. Porto), Portugal, nmm@isep.ipp.pt

Resumo— O objetivo a longo prazo da educação em engenharia é formar profissionais capazes de dar resposta aos problemas e necessidades da sociedade. Nesta formação, a componente prática não pode ser descurada e nas últimas décadas a utilização de laboratórios remotos e de simulações tem-se generalizado, sendo um complemento ou alternativa aos laboratórios tradicionais. Este trabalho, no âmbito do Projeto VISIR+, apresenta os primeiros resultados de uma implementação didática levada a um cabo numa disciplina de matemática numa universidade brasileira. Nesta implementação foram usados em simultâneo o laboratório remoto VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality), simulação e cálculo em cerca de 20% do conteúdo da disciplina. Os resultados obtidos, apontam que o uso de vários recursos pode de facto contribuir para um melhor desempenho dos estudantes, impulsionando o desenvolvimento de competências.

Palavras chave—Laboratórios Remotos, VISIR, Estratégias de Ensino e Aprendizagem, Educação em Engenharia.

I. INTRODUÇÃO

A educação em engenharia foi alvo de várias transformações/inoações nas últimas décadas, sendo uma delas a cada vez mais ampla utilização de ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). A utilização de recursos *online* – laboratórios remotos e simulações – como complemento ou alternativa aos laboratórios tradicionais permite que os estudantes desenvolvam competências experimentais de um modo diferente, dando-lhes a liberdade e responsabilidade de organizarem o seu processo de aprendizagem de acordo com as suas necessidades [1]. Efetivamente o uso de recursos *online*, para além de poder funcionar como um estímulo para as gerações mais jovens de nativos digitais [2], apresenta várias vantagens: os estudantes podem usá-los inúmeras vezes, de diferentes lugares e quando o pretenderem, dando suporte à aprendizagem ao longo da vida [3]. A sua utilização como um complemento aos laboratórios tradicionais – abordagem “híbrida” ou *blended* – parece ser a opção ideal para a aprendizagem laboratorial e desenvolvimento de competências experimentais [3]. É, no entanto, fundamental que os estudantes percebam as diferenças no tipo de resultados experimentais obtidos usando estes diferentes recursos: resultados teóricos de modelos computacionais com as simulações e resultados reais com laboratórios remotos ou tradicionais.

Os laboratórios remotos apresentam as vantagens dos laboratórios tradicionais (desenvolvendo competências práticas) e das simulações (interiorização e compreensão de modelos teóricos). Um laboratório remoto não é mais do que um laboratório real, em que o utilizador e o equipamento

estão em espaços físicos distintos. O utilizador pode manusear os equipamentos, configurar e/ou controlar os parâmetros físicos de uma experiência, através de um computador, *smartphone* ou *tablet* com acesso à internet. Um dos laboratórios remotos mais usados na área de educação em engenharia é o VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality) desenvolvido pelo Blekinge Institute of Technology (BTH) na Suécia, considerado em 2015 o melhor laboratório remoto [4]. O VISIR reproduz uma bancada de trabalho, equipada com as mesmas componentes e instrumentos de um laboratório tradicional, para montar circuitos elétricos e eletrónicos [5]. Várias outras instituições europeias adquiriram o VISIR na última década, permitindo a sua utilização por milhares de estudantes com excelentes resultados [6]. Esta expansão foi acompanhada pela criação de um Grupo (VISIR SIG) que fomenta a colaboração, partilha e disseminação de experiências educacionais utilizando o VISIR dentro da comunidade [7].

Com o intuito de difundir a experiência adquirida do sistema VISIR, promovendo a adopção de ferramentas TIC na área de educação em engenharia, foi lançado, em Novembro de 2015, o Projeto VISIR+, um consórcio entre várias Instituições Europeias do Ensino Superior (Parceiros Europeus - PE) com sistemas VISIR instalados e 5 instituições do Ensino Superior Latino Americanas (Parceiros Latino Americanos - PLA) [7], [8], nas quais o mesmo sistema está a ser instalado. Os PE desempenham o papel de tutores dos PLA, providenciando apoio técnico e didático. Um dos resultados esperados deste Projeto é o desenvolvimento de módulos educacionais que incluam a utilização de laboratórios tradicionais, simulação, cálculo e VISIR, seguindo uma metodologia de ensino baseada em questões/problemas [8].

Este trabalho descreve a forma como um professor introduziu laboratórios virtuais numa disciplina de matemática (Cálculo), para que os seus estudantes pudessem visualizar e trabalhar aplicações práticas de soluções de equações diferenciais, em circuitos elétricos. O sistema VISIR foi já utilizado em muitas disciplinas, em diferentes níveis educacionais [6] no entanto, todas estas disciplinas incluíam nos seus conteúdos conceitos de electricidade e análise de circuitos elétricos ou eletrónicos. É a primeira vez que o sistema VISIR foi implementado numa disciplina teórica de matemática. Esta contextualização poderá aumentar a motivação e empenho dos estudantes, potenciando a sua aprendizagem, facilitando a interiorização de informação e conceitos [9]. É assim, uma abordagem inovadora, uma vez que tradicionalmente os estudantes começam por aprender os conceitos matemáticos sem

compreender a sua aplicabilidade e quando mais tarde os usam para estudar e resolver problemas de engenharia, muitas vezes não se apercebem imediatamente da ligação.

II. MATERIAIS

A. Descrição da Disciplina

A implementação didática descrita decorreu na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), uma universidade pública brasileira, em dois cursos de Engenharia (ciclos de estudo de 5 anos): Engenharia de Energia¹ e Engenharia de Computação².

A metodologia foi implementada numa disciplina comum do 2º ano, 2º semestre, “Cálculo IV”, com 4 aulas teóricas por semana, durante 18 semanas e 36 alunos inscritos (13 de Engenharia de Energia e 23 de Engenharia de Computação).

Tradicionalmente o conteúdo da disciplina é bastante teórico e aborda números complexos, equações diferenciais, transformadas de Laplace e séries de Fourier. O objetivo geral é que os estudantes aprendam a usar/manipular funções e equações matemáticas que regem fenómenos físicos típicos encontradas em engenharia. Estes estudantes já tinham usado laboratórios tradicionais em disciplinas de Física, em semestres anteriores, mas nenhum na área de eletricidade/eletrónica. O professor considerou que seria uma mais valia para os estudantes poderem visualizar, testar e montar circuitos elétricos e eletrónicos, contextualizando os conceitos teóricos com aplicações na área de engenharia.

B. Recursos e Avaliação

Apesar da disciplina ter apenas aulas teóricas, o professor usou o laboratório remoto VISIR, o simulador *CircuitLab* [10] e algumas ferramentas gráficas. Embora as aulas tenham sido essencialmente expositivas, em algumas foi usada uma metodologia de ensino baseada em questões, tentando dar aos estudantes tempo para as completarem autonomamente.

A apresentação do VISIR aos estudantes, foi realizada na 3ª semana de aulas, através de uma demonstração de montagem de um circuito no sistema. Numa aula da semana seguinte, os estudantes exploraram o sistema usando os seus computadores pessoais, seguindo as instruções do professor. Posteriormente, o professor preparou e disponibilizou um vídeo tutorial focado no circuito que pretendia usar.

Os estudantes foram estimulados a usar os vários recursos disponíveis na disciplina, incluindo o VISIR, disponível 24 horas, 7 dias por semana, de forma autónoma. O professor teve o cuidado de ir dando feedback do trabalho dos estudantes.

A avaliação foi composta por duas provas escritas individuais (pesos de 40% e 30% para a nota final) e três trabalhos com um peso de 10% cada (TABELA I). Estes trabalhos foram realizados em grupo (máximo de 3 estudantes por grupo). O apelo direto ao uso dos vários recursos em simultâneo (simulação, VISIR e cálculo) foi apenas realizado no Trabalho 1; os restantes trabalhos e provas escritas consistiram na resolução de exercícios e problemas de forma tradicional.

O Trabalho 1, cobrindo cerca de 20% do conteúdo da disciplina, consistia na análise de um circuito RLC (com resistência, indutância e capacitância) alimentado por duas formas distintas de sinais de tensão. Os estudantes tinham que usar 3 recursos diferentes – cálculo (resolver equações

diferenciais utilizando números complexos e transformadas de Laplace), simulação e laboratório remoto VISIR para determinar a corrente elétrica e a queda de tensão no indutor/bobine. No relatório final comparavam e analisavam os resultados obtidos com os três recursos utilizados.

TABELA I
PLANIFICAÇÃO DA AVALIAÇÃO

Semana 3	Introdução ao VISIR, p/ Professor		Uso Autónomo do VISIR pelos Estudantes
Semana 4	Utilização do VISIR, na aula		
Semana 6	Prova 1	40%	
Semana 7	Tutorial do VISIR		
Semana 10	Entrega Trabalho 1	10%	
Semana 12	Prova 2	30%	
Semana 16	Entrega Trabalho 2	10%	
Semana 18	Entrega Trabalho 3	10%	

O objetivo deste trabalho era que os estudantes ficassem a conhecer aplicações de equações diferenciais, desenvolvessem capacidade de análise crítica e avaliassem as diferenças entre resultados obtidos por cálculo analítico, simulação e medições em laboratórios.

III. METODOLOGIA

Este artigo pretende avaliar o impacto da utilização de laboratórios virtuais numa disciplina teórica de cálculo. A questão de investigação subjacente é: “*Quais as mais-valias do uso simultâneo de diferentes recursos experimentais para contextualizar uma disciplina teórica de matemática?*”

Para dar resposta a esta questão foi adotada uma metodologia de estudo de caso, usando uma abordagem de métodos combinados [11] com base na implementação didática descrita nas secções anteriores, envolvendo um professor e 36 estudantes. Foram registados e analisados vários dados:

- Classificações dos estudantes em cada uma das provas/trabalhos e classificação final da disciplina.
- Questionário de satisfação dos estudantes no final da implementação, para recolher a sua opinião relativamente à utilização do VISIR e à metodologia de ensino implementada. O questionário incluía 20 questões fechadas (escala de concordância de Likert 1-4), e 2 questões abertas: Q21 - “O que lhe pareceu mais interessante sobre o uso do laboratório remoto VISIR?” e Q22- “Que inconvenientes você encontrou no uso do laboratório remoto?”.
- Questionário de satisfação do professor – respondido no final da implementação e composto por 10 questões fechadas, escala de Likert 1-4 e uma questão aberta para que o professor nomeasse as principais vantagens/desvantagens do VISIR. O professor partilhou ainda a sua experiência, através de um entrevista.

IV. RESULTADOS

Foram avaliados 30 estudantes (83%), apesar de nem todos eles terem realizado todos os trabalhos/provas. Cerca de 64% obteve sucesso (nota final maior ou igual a 6 em 10). Seis estudantes não realizaram qualquer tipo de avaliação.

De uma forma geral os estudantes tiveram um bom desempenho, obtendo uma boa classificação em vários trabalhos/provas, à exceção da prova 1, em que a classificação média foi abaixo de 6 (TABELA II). Analisando estes resultados por item percebe-se que o trabalho 1 foi aquele em que os estudantes alcançaram melhor classificação: nota média de 9.1, oscilando entre 6 e

¹structure.ufsc.br/2016/05/03/computer-engineering-ararangua/

²structure.ufsc.br/2016/05/03/energy-engineering-ararangua/

10 (desvio padrão 1.025). Este foi o único item em que todos os estudantes obtiveram bons resultados, apesar de apenas 24 estudantes o terem entregue.

TABELA II
CLASSIFICAÇÃO POR TRABALHO/PROVA

	Número de Estudantes	Nota Mínima	Nota Máxima	Nota Média
Trabalho 1	24	6.0	10.0	9.1
Trabalho 2	23	0.5	10.0	7.2
Trabalho 3	29	3.5	10.0	8.8
Prova 1	29	1.5	10.0	5.7
Prova 2	30	0.5	10.0	6.5
Final	30	2.0	10.0	6.4

Para avaliar o impacto da utilização de vários recursos no desempenho dos estudantes, dividiu-se a turma em 2 grupos: Grupo 1, os que entregaram o trabalho 1 e Grupo 2, os que não entregaram este trabalho. Comparou-se a nota final média obtida pelos dois grupos e avaliou-se se essa diferença era estatisticamente significativa, utilizando inicialmente um teste para amostras independentes de Mann-Whitney (nível de significância 0.05) e posteriormente um teste t de Student para amostras independentes. A aplicação do 1º teste, com um *p value* de 0.000 permitiu-nos rejeitar a hipótese nula (A distribuição da Nota Final é semelhante nos dois Grupos?) e afirmar que há uma diferença estatisticamente significativa na nota final obtida pelos 2 grupos, corroborada pela análise evidenciada na TABELA III. Mesmo, levando em conta que no Grupo 1 estejam os “melhores estudantes” e/ou os “mais interessados”, os resultados dos testes mostram que a utilização de vários recursos pode ter contribuído para um bom desempenho destes estudantes. E, de facto, apenas um dos estudantes do Grupo 2 obteve sucesso na disciplina.

TABELA III
IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DE VÁRIOS RECURSOS

Grupo	Número de Estudantes	Nota Média Final	Teste Homogeneidade Variâncias (Sig)	Teste t de Student (Sig. Bilat.)
1	24	7.1	0.749	0.000
2	6	3.4		

O questionário de satisfação foi respondido por vinte estudantes (55% dos inscritos na disciplina). Destes, apenas um deles não entregou o trabalho 1 (apesar de ter usado o VISIR) e só um outro reprovou à disciplina. Foram escolhidas algumas destas questões (Q2: “VISIR me ajudou a compreender melhor temas sobre a matéria”, Q3: “Prefiro os experimentos tradicionais ao invés dos remotos”, Q10: “As instruções para experimentos foram sempre claras”, Q13: “Pude ver as diferenças entre os resultados obtidos por simulação e por laboratórios remotos”, Q16: “Acredito que posso resolver muitos problemas de eletricidade da vida real” e Q18: “Pude ver as semelhanças entre experimentar com laboratórios tradicionais e com laboratórios remotos”) de forma a estudar duas dimensões relevantes para este estudo, categorizadas em três níveis de concordância (TABELA IV).

TABELA IV
DIMENSÕES/CATEGORIAS ASSOCIADAS À PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES

Dimensão/Nova Variável	Variáveis que a compõem	Categorias
D1: Ambientes Experimentais (tradicional, remoto, simulação)	Q3, Q13, Q18	Boa
		Média
		Fraca
D2: Desenvolvimento de Capacidades de Ordem Superior	Q2, Q10, Q16	Alto Nível
		Nível Médio
		Baixo Nível

A dimensão 1 (D1) revela a opinião que os estudantes têm em relação aos ambientes de aprendizagem (laboratório tradicional, simulação e remoto), enquanto que D2 infere a

sua percepção relativamente ao desenvolvimento de capacidades de ordem superior. Os valores/intervalos numéricos correspondentes às categorias associadas a cada uma das dimensões foram definidos tendo em consideração o número de questões, o valor mínimo e máximo que D poderia ter e os próprios valores da escala de Likert (em que 1 e 2 exprimem “discordo” e 3 e 4 “concordo”).

Os resultados obtidos para cada uma das dimensões podem ser visualizados nas TABELAS V e VI, que incluem o número de ocorrências e o valor médio para cada categoria, calculado a partir das questões que compõem a respetiva dimensão.

TABELA V
PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES - AMBIENTES EXPERIMENTAIS

Número de casos (N) e valor médio por cada componente Q, por categoria				
Categoria	N	Q3	Q13	Q18
Boa	4	2.75	3.75	3.50
Média	8	2.25	2.88	2.88
Fraca	8	1.63	1.37	2.50

TABELA VI
PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES - DESENVOLVIMENTO DE CAPACIDADES DE ORDEM SUPERIOR

Número de casos (N) e valor médio por cada componente Q, por categoria				
Categoria	N	Q2	Q16	Q20
Alto Nível	8	3.75	3.00	3.63
Nível Médio	11	3.18	2.09	3.09
Baixo Nível	1	2.00	1.00	3.00

Analisando a TABELA V podemos perceber que a opinião dos estudantes relativamente aos ambientes de aprendizagem é bastante diversificada, havendo apenas 4 estudantes na categoria Boa, estando os restantes 16 divididos de forma semelhante pelas restantes categorias. A Fig. 1 apresenta as respostas às 3 questões que compõem esta dimensão de forma detalhada: a maioria dos estudantes prefere os laboratórios remotos aos tradicionais e percebe as semelhanças entre estes dois recursos, tendo, no entanto, dificuldade em perceber as diferenças entre os resultados por simulação versus laboratório remoto.

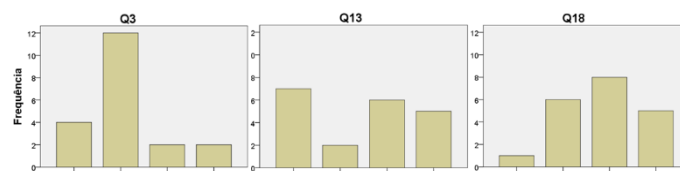


Fig. 1: Resposta às três questões (Q3, Q13 e Q18) da dimensão 1

A preferência por laboratórios remotos é corroborada pela resposta à Q21, tendo a maioria dos estudantes respondido a esta questão estabelecendo uma comparação entre os laboratórios tradicionais e os laboratórios remotos. Aproximadamente metade das respostas aponta como interessante o facto de poder realizar experiências reais sem a necessidade de estar num laboratório e a partir de qualquer local e horário. Estas opiniões podem ser representadas na seguinte resposta de um dos estudantes, identificando vantagens do VISIR: “A possibilidade de realizar experimentos sem a necessidade de um laboratório físico, e também a qualquer momento e lugar”. Outros aspetos referidos foram “semelhança” com o laboratório tradicional e “poder realizar os experimentos sem a preocupação de danificar algum aparelho”. Apenas um dos participantes relatou dificuldades em aprender a manusear o sistema.

A dificuldade em perceber as diferenças entre os resultados por simulação versus laboratório remoto é reforçada pelas respostas à Q22 – 14 estudantes relataram algum tipo de erro no sistema, sendo recorrente a observação

de que uma mesma experiência, realizada mais do que uma vez da mesma forma, obtinha resultados diferentes, como se pode corroborar pelo relato: “*Às vezes, quando se repetia o experimento os resultados não batiam...*”. Apesar de se inferir que os estudantes atribuíam esta diferença de resultados a algum erro no sistema, é perfeitamente plausível que o sistema estivesse em perfeito funcionamento. De facto, é expectável que os resultados obtidos pelo VISIR sejam diferentes quando se repete uma experiência, pois trata-se de um laboratório real (contrariamente ao que acontece numa simulação em que os resultados obtidos não variam, por serem provenientes de um modelo teórico).

A análise da TABELA VI permite-nos afirmar que apenas um dos estudantes considerou que o seu desenvolvimento de capacidades de ordem superior foi de baixo nível (apesar da sua classificação final de 6,5) e 8 consideraram que alcançaram capacidades de alto nível. Curiosamente, o professor considerou igualmente que 8 dos estudantes atingiram capacidades de ordem superior de alto nível, no entanto apenas dois deles coincidiam (25%). Assim sendo a percepção dos estudantes e do professor é significativamente diferente. No entanto, apenas um deles (da categoria nível médio) reprovou à disciplina (classificação final de 4,5). A análise qualitativa do seu questionário permitiu-nos perceber que ele usou o VISIR, obtendo uma classificação de 6 no trabalho 1, tendo-o considerado um recurso fácil de manusear e que o ajudou a perceber melhor a matéria.

O professor considerou que o VISIR era fácil de utilizar, com uma boa interface e adequado às suas necessidades e que a integração do VISIR na disciplina não exigiu grande esforço e permitiu a contextualização (da aprendizagem) dos conceitos abordados, aumentando a motivação e empenho dos estudantes e o seu desempenho geral. Referiu ainda que o VISIR teve um contributo significativo no desenvolvimento de capacidades de ordem superior de 8 estudantes (22% dos inscritos na disciplina). Salientou, no entanto, a atenção que é necessário dar aos estudantes nas suas primeiras utilizações do sistema, para que estes ao sentirem eventuais dificuldades, não desistam.

V. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O objetivo educacional do professor ao integrar o VISIR na disciplina – “*permitir que os estudantes experimentassem e visualizassem aplicações práticas dos métodos de soluções de equações diferenciais, relacionando a teoria com a prática*” – foi alcançado. A contextualização dos conceitos teóricos, através da integração/utilização do VISIR, funcionou, de acordo com o professor, como um incentivo extrínseco, contribuindo para aumentar a motivação e empenho dos estudantes e potenciando a sua aprendizagem. De acordo com Stinner, esta metodologia de ensino-aprendizagem mais centrada no estudante, estimula o raciocínio e facilita a interiorização dos conceitos [9]. De facto, os estudantes do Grupo 1 (os que usaram vários recursos) obtiveram uma nota média final significativamente superior aos do Grupo 2 (7.1 versus 3.4) e todos os estudantes que o professor considerou que tinham atingido capacidades de ordem superior pertenciam ao primeiro grupo.

Analisando as respostas aos questionários dos estudantes verificou-se que estes preferiam os laboratórios remotos aos tradicionais, mas esperavam destes resultados semelhantes aos obtidos por simulação.

Tal como referido em trabalhos anteriores [5], [6], [12] o professor corroborou que a atenção do professor nas

primeiras utilizações do estudante do VISIR é crucial para o sucesso da implementação; acrescentou que a utilização de vídeos tutoriais pode ser uma alternativa e/ou complemento para ajudar os estudantes a ultrapassar as dificuldades iniciais com o sistema.

Finalmente, respondendo à questão de investigação, os resultados apoiam o pressuposto, de que a utilização de vários recursos (VISIR, simulação, cálculo) estimula o desempenho dos estudantes, ajudando-os a desenvolver e atingir capacidades de ordem superior, tal como referido em trabalhos anteriores, [6], [12]. Nesta disciplina de Matemática, teve um papel fundamental na contextualização e aplicabilidade de conceitos teóricos, que pode ter ajudado os estudantes a perceberem a sua pertinência.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Comunidade VISIR e o apoio financeiro da Comissão Europeia através da bolsa 561735-EPP-1-2015-1-PT-EPPKA2-CBHE-JP, para este trabalho realizado no âmbito do Programa de Doutoramento “Educação na Sociedade do Conhecimento” (USAL).

REFERENCIAS

- [1] C. Jara, F. Candelas, S. Puentes and F. Torres, "Hands-on experiences of undergraduate students in Automatics and Robotics," *Computer and Education*, 57, pp. 2451-2461, 2011.
- [2] M. Prensky, "Digital Natives, Digital Immigrants," *On the Horizon (MCB University Press)*, October 2001.
- [3] J. R. Brinson, "Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research," *Computers & Education*, vol. 87, pp. 218-237, 2015.
- [4] "[IAOE] Winners of the GOLC Online Laboratory Award," 11 February 2015. [Online]. Available: <http://lists.online-lists.org/pipermail/iaoe-members/2015-February/000120.html>. [Accessed 2016].
- [5] A. Marques, C. Viegas, C. Costa-Lobo, A. Fidalgo, G. Alves, J. Rocha and I. Gustavsson, "How Remote Labs Impact on Course Outcomes: Various Practises Using VISIR," *IEEE-Transactions on Education*, 2014.
- [6] N. Lima, C. Viegas, G. Alves e F. García-Peñalvo, "A utilização do VISIR como um recurso educativo: uma revisão de literatura," em *TICAI 2016 TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería*, IEEE, Sociedad de Educación: Capítulos Español y Portugués (Alfonso Lago Ferreira y Manuel G. Gericota, 2017, pp. 105-114.
- [7] G. Alves, A. Fidalgo, M. A. Marques, C. Viegas, M. Felgueiras, R. Costa, N. Lima, J. García-Zubia, U. Hernández-Jayo, M. Castro, G. Díaz-Orueta, A. Pester, D. Zutin and W. Kulesza, "Spreading remote labs usage: A System – A Community – A Federation," in *Proceedings of the 2nd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE2016)*, Vila Real, Portugal, 2016.
- [8] N. M. Lima, M. C. Viegas e F. J. García-Peñalvo, "Learning from Complementary ways of developing experimental competences," *Education in the Knowledge Society*, vol. 18(1), pp. 63-74, 2017.
- [9] A. Stinner, "Contextual settings, science stories, and large context problems: Toward a more humanistic science education," *Science Education*, Vols. 79, Issue 5, pp. 555-581, 1995.
- [10] I. CircuitLab, "CircuitLab," [Online]. Available: <https://www.circuitlab.com/>. [Accessed 2 February 2017].
- [11] L. Cohen, L. Manion and K. Morrison, *Research Methods in Education*, 6th Edition, London and New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2007.
- [12] G. Alves, C. Viegas, N. Lima and I. Gustavsson, "Simultaneous Usage of Methods for the Development of Experimental Competences," *International Journal of Human Capital and Information Technology Professionals* 7(1), pp. 48-63, 2016.