PlayCálculo: Uma Experiência de Aprendizagem Ativa em Fundamentos de Matemática para Cálculo Diferencial e Integral

Ricardo R. Fragelli*, Vinícius de C. Rispoli*, Tatiane da S. Evangelista*, Arthur J. Sturzbecher*, Bruno N. Freitas*, Daniela N. Lima*, Eduardo J.R.S. Sampaio*, Ina T.B. Tavares*, Kalil M. Mota*

*Faculdade UnB Gama, Área Especial 2, Lote 14 Setor Central Gama-DF, 72405-610, Brasil

Email: fragelli@unb.br, vrispoli@pgea.unb.br, tatilista@unb.br, arthurjhan@aluno.unb.br, brunonunes@aluno.unb.br, dani_lima@aluno.unb.br, inatayane@aluno.unb.br, kakalil@aluno.unb.br

Abstract

Engineering courses in Brazil have a high dropout rate and one of the main factors is the malformation of the students regarding the basic concepts of mathematics and physics, which causes a high failure rate in the initial years. In this context, this study aimed to develop a training course, based on active learning and student autonomy, on the basic mathematics concepts fundamental to calculus learning. The methodology was called PlayCálculo and in an experiment with 240 students of Calculus 1 was observed an improvement of 66% as evaluated before and after the training course. And finally, to verify the perceptions of the students about the importance of the method to their better understanding of the lessons of calculus, was applied a Likert scale of four points ranging from "not at all important" to "very important" where 73% of students assigned to the maximum rating methodology.

Keywords: PlayCálculo; meaningful learning; active learning; Calculus.

Resumo

Os cursos de Engenharia no Brasil possuem alto índice de evasão e um dos fatores é uma má formação dos estudantes referente aos conceitos básicos de matemática e física que, porventura, ocasionam um alto índice de reprovação nos anos iniciais. Nesse contexto, este trabalho objetivou desenvolver uma metodologia para capacitação sobre os conceitos básicos para o Cálculo com base na aprendizagem ativa e na autonomia do estudante. A metodologia foi chamada de PlayCálculo e em uma experiência com 240 estudantes de Cálculo 1 foi observada uma melhora de 66% em avaliações realizadas antes e depois do curso de capacitação. Para verificar a percepção dos estudantes acerca da importância do método para seu melhor entendimento das aulas de Cálculo, foi aplicada uma escala de Likert de quatro pontos variando de “nada importante” até “muito importante”, onde 73% dos estudantes atribuíram avaliação máxima à metodologia.

Palavras-chave: PlayCálculo; aprendizagem significativa; aprendizagem ativa; Cálculo.

1 Introdução

Os cursos de Engenharia no Brasil possuem um índice de evasão média anual de 20% segundo pesquisa realizada por Silva Filho *et al.* (2007). Alguns estudos indicam que essa evasão não possui fonte única, mas está associada aos aspectos regionais e de mercado, às características peculiares das Universidades e também a uma má formação dos estudantes referente aos conceitos básicos de matemática e física que, porventura, ocasionam um alto índice de reprovação no ciclo básico dos cursos de Engenharia (Perecmanis, 2002; Silva, 2003; Fragelli, 2012; Rehfeldt *et al.*, 2012).

A preocupação sobre a necessidade de verificar os subsunçores para o ensino de Cálculo levou Rehfeldt *et al.* (2012) a pesquisar quais os conceitos prévios dos estudantes matriculados em Cálculo 1, onde observou-se a necessidade de uma disciplina específica para nivelamento.

Nesse contexto, existe um problema sobre as turmas de nivelamento, pois geralmente os estudantes não se apercebem com má formação básica, haja vista que foram submetidos a um exame de seleção para ingresso no curso de Engenharia. Geralmente, os cursos de nivelamento para o Cálculo, comumente chamados de pré-Cálculo no Brasil, fazem uma avaliação inicial dos estudantes e os mesmos são submetidos a aulas de reforço no modelo tradicional.

Se, no entanto, forem utilizados métodos de aprendizagem ativa, o engajamento dos estudantes poderá ser maior e o aspecto motivador pode ser um ingrediente fundamental para o sucesso de um curso de capacitação intensivo. Segundo Ausubel (1968), o aprendiz deve ter disposição para realizar as correlações necessárias com seus conceitos

subsunçores, de modo substantivo e não arbitrário, para que um conteúdo que tenha significado lógico passe a ter conteúdo psicológico, isto é, ter significado próprio para o estudante.

Outro ponto fundamental ao se estruturar um curso de capacitação ao Cálculo é que os estudantes já tiveram contato com o conteúdo, mas não o aprenderam de modo significativo. Além disso, o fortalecimento de cada um dos conteúdos aprendidos ou, de outro modo, a relação de ancoragem entre os conceitos pode ser realizada durante o nivelamento ou no decorrer do curso de Cálculo, pois o conteúdo aprendido será aplicado em novos exemplos e contextos.

Sendo assim, o objetivo principal deste trabalho foi desenvolver uma metodologia para capacitação sobre os conceitos básicos para o Cálculo, de modo intensivo e direto, com base na aprendizagem ativa e na autonomia do estudante.

2 Aprendizagem Significativa, Aprendizagem Ativa e Autonomia do Aprendiz

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968) é uma teoria cognitivista focada na ideia de como os conceitos se relacionam de maneira substantiva dentro da estrutura cognitiva do sujeito. Segundo Ausubel, o principal fator isolado da aprendizagem está no que o aprendiz já conhece e esses conceitos prévios existentes devem servir de ancoragem para novos conceitos, de modo que possam seja aprendidos e retidos em sua estrutura cognitiva. Desse modo, elementos com maior poder de abstração e generalidade servem como ancoradouro para conceitos mais específicos.

Segundo Ausubel, quando o novo material é ancorado a conceitos, ideias ou proposições já retidos na estrutura cognitiva, estes são modificados e se tornam mais desenvolvidos e inclusivos. Nessa interação entre o novo conceito e o conceito subsunçor, ambos são alterados com base nessa ancoragem resultando em conceitos mais abrangentes, estáveis e bem elaborados. Mas, se a aprendizagem significativa não ocorre com frequência em direção a um subsunçor em específico, este se torna limitado e pouco desenvolvido (Ausubel, 2003).

Para que ocorra a aprendizagem significativa é necessário que o material a ser estudado seja potencialmente significativo, que o estudante tenha conceitos prévios específicos que proporcionem a possibilidade de ancoragem para o novo material e, por fim, que o aprendiz tenha motivação para relacionar o novo conteúdo transformando-o de material lógico para psicológico, isto é, com significado próprio e idiossincrático para o estudante (Moreira, 1999; Moreira, 2006).

É nesse sentido motivacional para realizar tais associações é que os métodos de aprendizagem ativa podem ser uma boa opção e estão sendo cada vez mais utilizados no ensino de Engenharia. Dentre os métodos de aprendizagem ativa mais populares, estão os jogos educativos (Serious Games), PBL (Problem, Project-Based Learning), Aprendizagem entre Pares (Peer Instruction), Pense-Par-Compartilhe (Think-Pair-Share) (Brodeur et. al., 2002; Dochy *et al.*, 2003; Sridhara, 2005; Faland & Frenay, 2006; Graaff & Kolmos, 2007; Ribeiro, 2008; Du et. al., 2009; Pascual, 2010; Ríos *et al.*, 2010; Fragelli & Vainstein, 2011; Fragelli *et al.*, 2012).

3 A Metodologia do PlayCálculo

A metodologia utilizada para a capacitação dos estudantes foi chamada de PlayCálculo de modo a caracterizar que é possível iniciar uma revolução tal como o fazemos ao pressionar o botão Play do controlador de um filme, mas que a ação de pressionar esse botão é do estudante e não do professor.

Desse modo, o PlayCálculo é um método baseado na aprendizagem ativa e se baseia em cinco pontos principais: (a) avaliação diagnóstica; (b) nove módulos teóricos curtos, contendo teoria, exemplos e exercícios; (c) momentos presenciais com resoluções explicadas dos exercícios dos módulos; (d) avaliação final; e, (e) atendimento personalizado para estudantes com baixo rendimento.

Na fase inicial, é realizada uma avaliação diagnóstica com base em nove conteúdos que foram identificados como conceitos prévios necessários para a aprendizagem de Cálculo 1: (a) frações; (b) potenciação; (c) radiciação; (d) expressões numéricas; (e) expressões algébricas; (f) expressões polinomiais; (g) divisão de polinômios; (h) fatoração; e, (i) funções racionais.

A avaliação diagnóstica possui duas questões por tópico e tem por objetivo identificar os conceitos que o estudante não possui ou estão mal estruturados em sua estrutura cognitiva. Desse modo, um estudante que não conseguir

resolver uma das questões de um determinado tópico, terá consciência que necessita envidar esforços em seu estudo para aprendizagem dos conceitos envolvidos.

Para turmas grandes, a correção da avaliação pode ser realizada pelo próprio estudante por meio de um gabarito elaborado pelo docente ou, conforme foi realizado nesta experiência, pelo professor com o auxílio de um grupo de monitores. Como o objetivo é verificar se o estudante possui ou não um determinado subsunçor, então, são apenas atribuídos os conceitos “apto” (A) ou “inapto” (I) para cada um dos nove tópicos.

Para os tópicos em que um estudante foi considerado inapto, ele fará um estudo específico por meio de uma apostila construída especificamente para o projeto. Ou seja, um estudante que foi considerado inapto nos módulos 2, 3 e 9 irá concentrar esforços nesses três conteúdos. Cada módulo da apostila é composto por uma teoria sucinta e direta, alguns exemplos e diversos exercícios em nível gradativo de complexidade de modo que seja possível realizar o estudo de um módulo em um intervalo médio de 2 horas.

Desse modo, a segunda fase do PlayCálculo consiste em estimular a aprendizagem autônoma do estudante que fica responsável pela leitura dos módulos, pela resolução dos exercícios propostos e pela participação em possíveis discussões em fóruns de dúvidas disponibilizados em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA).

Cada dia subsequente à primeira avaliação será dedicado a um dos tópicos em que será feita uma resolução explicada dos exercícios com a ajuda da equipe de monitores, ou seja, os alunos terão apoio ao primeiro tópico no segundo dia de aula, apoio ao segundo tópico no terceiro dia de aula e assim sucessivamente até a conclusão dos 9 módulos.

Com as duas etapas iniciais concluídas, é realizada uma segunda avaliação com o objetivo de verificar o impacto da atividade e identificar estudantes que não obtiveram êxito no estudo autônomo e que passarão por uma nova fase de estudos. Nessa nova fase de estudos que tem duração de 4 dias é realizado um estudo dos módulos com acompanhamento individualizado por parte de uma equipe de monitores.

Desse modo, o PlayCálculo é realizado em 15 dias úteis e a metodologia completa pode ser visualizada na figura 1.

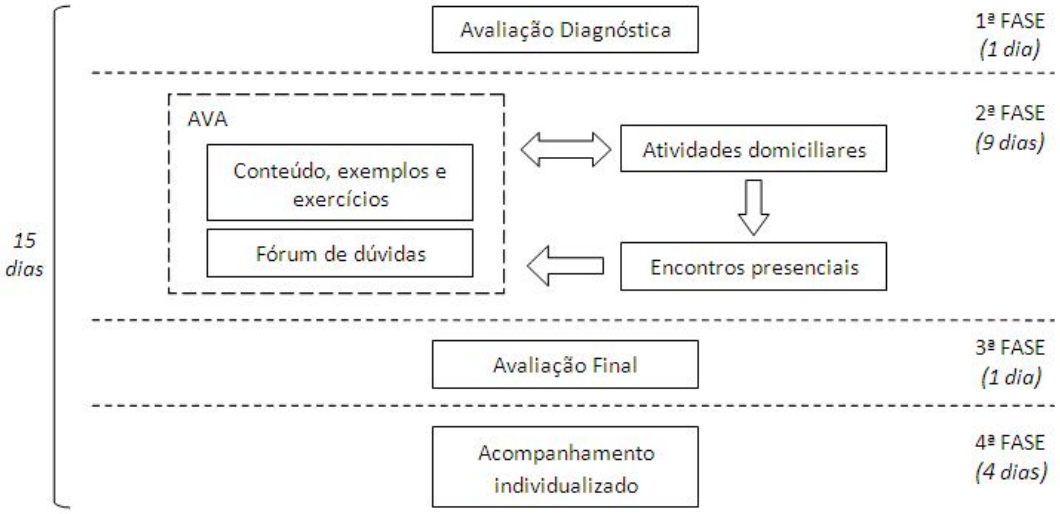

Figura 1: Diagrama esquemático do PlayCálculo.

4 Resultados

Os resultados do PlayCálculo foram obtidos em uma experiência realizada com 240 estudantes de Engenharia da disciplina de Cálculo 1, em 2011, na Faculdade UnB Gama da Universidade de Brasília. Na avaliação diagnóstica realizada, houve uma média de aprovação de 2,5 dos 9 módulos, sendo que 13% dos alunos reprovaram em todos os módulos e 96% reprovaram em, pelo menos, um módulo. Após o PlayCálculo, foi observada uma melhora de 66% com relação a quantidade de módulos com aprovação.

Os módulos 1, 2 e 6 foram os que os estudantes apresentaram melhor resultado na avaliação diagnóstica, com uma média de conceitos "apto" de 64%. Em contrapartida, os piores resultados foram os encontrados nos módulos 3, 8 e 9, com uma média de aprovação de apenas 6%. Vale ressaltar que o estudante só recebe o conceito "apto" em um módulo caso resolva corretamente as duas questões sobre o Módulo.

Após o PlayCálculo, a média de aprovação dos módulos 1, 2 e 3 subiu para 77% e dos módulos 3, 8 e 9 subiu para 30%. A melhora mais significativa foi no módulo 4, expressões numéricas, em que houve um aumento de 16% para 98% no percentual de estudantes considerados aptos. A figura 2 apresenta um gráfico com o rendimento dos estudantes por módulo.

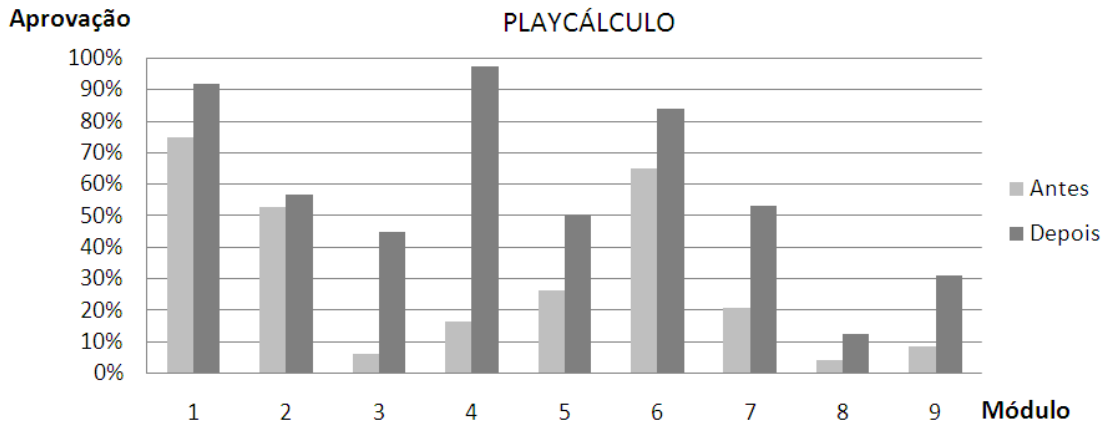

Figura 2: Histograma de aprovações por módulo.

Sobre a percepção dos estudantes acerca da importância do PlayCálculo para seu melhor entendimento das aulas de Cálculo, foi aplicada uma escala de Likert de quatro pontos variando de "nada importante" até "muito importante", onde 73% dos estudantes atribuíram avaliação máxima à metodologia.

Em uma análise do discurso feita com 29 estudantes em questões abertas por meio de um questionário disponibilizado pela internet, os participantes da pesquisa destacaram que a metodologia ajudou (26) bastante no estudo e reforço de conteúdos fundamentais a serem utilizados no Cálculo.

Outro ponto observado nos textos dos sujeitos da pesquisa foi a importância da avaliação diagnóstica (10) que permitiu identificar conceitos básicos que deveriam ser revistos. Pontos a serem melhorados também foram apresentados tais como acrescentar mais módulos (2), aumentar a interação pelo AVA (1), antecipar o atendimento personalizado para a segunda fase do programa (1) e tornar o conteúdo parte da ementa de Cálculo (1).

5 Conclusão

O objetivo deste trabalho era o de contribuir na capacitação dos estudantes do primeiro ano do curso de Engenharia da Faculdade UnB Gama, de modo a oferecer um apoio intensivo e direto para o entendimento dos conceitos trabalhados no curso de Cálculo diferencial e integral.

A avaliação diagnóstica mostrou como essa situação é alarmante, na qual 13% dos alunos reprovaram em todos os módulos e a média de aprovação foi de 2,5 dos 9 módulos. Mesmo em apenas 10 dias úteis, após o PlayCálculo houve uma melhora média de 66% com relação a quantidade de módulos com aprovação. Ademais, houve um módulo onde o aproveitamento subiu de 16 para 98%.

Sob a ótica do estudante, os mesmos se aperceberam estudando melhor em que 73% consideraram a metodologia muito importante para a aprendizagem de Cálculo. Em um espaço virtual específico para opiniões por meio de textos, houve uma predominância de termos como "ajudou bastante", "muito importante" e "avaliação de conceitos básicos".

Os textos dos estudantes indicaram o papel fundamental da avaliação diagnóstica como em "(...) a avaliação do nível de cada aluno através do play cálculo foi essencial para detectar o pouco domínio que cada aluno poderia ter de alguma matéria ou várias delas (...)".

Como diferencial em relação aos cursos usuais de pré-Cálculo, o PlayCálculo utiliza a motivação do estudo autônomo como balizador das atividades e limita o acesso aos encontros presenciais para os estudantes que realizaram um grupo de atividades domiciliares, ou seja, cada encontro presencial privilegia os estudantes que possuem necessidade em um determinado módulo, mas, que realizaram o estudo prévio do conceito e o consolidou, em algum nível de complexidade, por meio de exercícios.

Como meio de melhorar o rendimento dos estudantes em trabalhos futuros, pretende-se ampliar o atendimento individualizado já para segunda fase do PlayCálculo, aumentar a interação no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), inserir exercícios desafiadores ao final de cada módulo e construir uma segunda apostila com outros assuntos complementares.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Bolsas REUNI de Assistência ao Ensino da Universidade de Brasília pela concessão de bolsas, tornando possível a realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

Ausubel, D. P. (1968). Educational psychology: a cognitive view. Nova York: Holt, Rinehart and Winston.

Ausubel, D. P. (2003). Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Porto – Portugal: Plátano.

Brodeur D.R., Young, P.W., Blair, & K.B. (2002). Problem-Based Learning in Aerospace Engineering Education, Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, American Society for Engineering Education.

Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of Problem-Based Learning: A Meta-Analysis. Learning and Instruction, v. 13, p. 533–568.

Du, X., Graaff, E. & Kolmos, A. (2009). Research on PBL Practice in Engineering Education, Netherlands: Sense Publishers.

Faland, B. & Frenay, M. (eds.) (2006). Problem and Project Based Learning in High Education: Impact, Issues, and Challenges, Louvain-la-Neuve: Presses Universitaires de Louvain.

Fragelli, R.R., & Vainstein, M.H. (2011). O Labirinto do Rato Cego: Aprendizagem Baseada em Projeto em Algoritmos e Programação de Computadores. In: PAEE'2011 - Project Approaches in Engineering Education: Aligning Engineering Education with Engineering Challenges, 2011, Lisboa. Third International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE 2011): Aligning Engineering Education with Engineering Challenges, 2011. v. 1. p. 99-105.

Fragelli, R.R., Rocha, A.F., Mendes, F.M., & Rispoli, V.C. (2012). Summaê: Um Método Diferente para o Ensino de Integrais. In: International Symposium on Project Approaches in Engineering Education: Organizing and Managing Project Based Learning, 2012, São Paulo. Proceedings of the Fourth International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE'2012), 2012. v. 1. p. 109-114.

Fragelli, R.R. (2012). Jogos Educativos como Estratégia para Aprendizagem Ativa em Cálculo: O Par ou Ímpar Universitário e a Apneia das Funções Trigonométricas Inversas. Revista do IST, v. 1, p. 60-70.

Graaff, E. & Kolmos, A. (2007). Management of Change Implementation of Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering, Netherlands: Sense Publishers.

Moreira, M. A. (1999). Teorias de Aprendizagem. São Paulo: EPU.

Moreira, M. A. (2006). A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em Sala de Aula. Brasília: Universidade de Brasília.

Pascual, R. (2010). Enhancing project-oriented learning by joining communities of practice and opening spaces for relatedness, European Journal of Engineering Education, 35: 1, 3-16.

Rehfeldt, M.J.H., Nicolini, C.A.H., Quartieri, M.T., & Giongo, I.M. (2012). Investigando os Conhecimentos Prévios dos Alunos de Cálculo do Centro Universitário Univates. Revista de Ensino de Engenharia, v. 31, n. 1, p. 24-30.

Ribeiro, L. R. C. (2008). Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino superior. São Carlos: Edufscar.

Ríos, I. de los, Cazorla, A., Díaz-Puente, J.M., & Yagüe, J.L. (2010). Project–based learning in engineering higher education: two decades of teaching competences in real environments, Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 2, ed. 2, p. 1368-1378.

Silva Filho, R.L.L, Motejunas, P.R., Hipólito, O., & Lobo, M.B de C.M. (2007). A Evasão no Ensino Superior Brasileiro. Cadernos de Pesquisa, v.37, n. 132.

Sridhara, B. S. (2005). Teaching Engineering Fundamentals with a Project-Based Learning Approach,Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, American Society for Engineering Education.