

## APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NO ENSINO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS EM CURSOS DE ENGENHARIA

*Paulo Henrique Xavier<sup>1</sup>  
Renelson Ribeiro Sampaio<sup>2</sup>  
José Vicente Cardoso Santos<sup>3</sup>  
Vanessa Nascimento Monteiro<sup>4</sup>  
Gilson Amorim Carvalho<sup>5</sup>*

**RESUMO:** Considera-se que o ensino de matemática é de fundamental importância para qualquer curso na área de ciências naturais, em especial os cursos das Engenharias. Neste caso as equações diferenciais ordinárias são de fundamental importância ao tempo em que se evidenciam também as dificuldades dos alunos no processo de aprendizagem. Neste trabalho aplica-se o método Problem-Based Learning em um grupo de estudantes do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário SENAI CIMATEC, desta forma, o problema proposto para essa pesquisa visa à veracidade ou não do ensino de EDOs. Para consolidar esta investigação foi aplicado a Teoria dos Campos Conceituais e avaliações com o intuito de observar o comportamento e a atitude dos alunos em relação às ações do método. Ao final do trabalho foi aplicado um questionário para serem respondido pelos alunos no qual deveriam avaliar a metodologia de ensino utilizada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Equação Diferencial Ordinária. PBL. Simulação Computacional.

**Abstract:** It is considered that the teaching of mathematics is of fundamental importance for any courses in the area of natural sciences, especially the courses of Engineering. In this case, ordinary differential equations are of fundamental importance at the same time that students' difficulties in the learning process are also evident. In this work, the Problem-Based Learning method is applied to a group of students of the Mechanical Engineering course at Centro Universitário SENAI CIMATEC. To consolidate this investigation, the Theory of Conceptual Fields and evaluations were applied in order to observe the behavior and attitude of students in relation to the actions of the method. At the end of the work, a questionnaire was applied to be answered by the students in which they should evaluate the teaching methodology used.

**Keywords:** Ordinary Differential Equation. PBL. Computer Simulation. Learning. Engineering.

---

<sup>1</sup> Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial - MCTI pela Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, SENAI, Brasil. pahenfax@gmail.com

<sup>2</sup> Doutorado em Science Policy Research Unit. University of Sussex, SUSSEX, Inglaterra. renelson.sampa@gmail.com

<sup>3</sup> Doutor em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial (Faculdade de Tecnologia SENAI-CIMATEC do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Sistemas Cognitivos na área de concentração de Sistemas Complexos prof.vicentecardoso@gmail.com

<sup>4</sup> Mestrado em Química Aplicada pelo PGQA – Programa de Pós-graduação em Química Aplicada pela Universidade do Estado da Bahia, UNEB.

<sup>5</sup> Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências pelo PPGEFHC da Universidade Federal da Bahia, UFBA.

## 1 INTRODUÇÃO

Em quase todos os processos trabalhados nas Engenharias, e nos construtos teóricos aplicados nas descrições de representações fenomênicas, assim como na estruturação do espaço físico no qual os profissionais desta área atuam, tem-se as aplicações das equações diferenciais ordinárias, não apenas para modelar o referido processo mas sobretudo para legitimá-lo de forma classificatória no conjunto de fenômenos estudados nas Engenharias. Essa mediação da Matemática tem se estendido nas relações sociais e econômicas de forma crescente ao longo do último século.

Segundo Santos e Moita Santos e Moita (2009), a incorporação da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), associada com o uso igualmente crescente da Matemática, tanto na formalização das teorias quanto das aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento, notadamente aquelas que têm como principal objeto processos e fenômenos naturais têm exigido transformações nas estruturas cognitivas. A modelagem computacional resultante das aplicações do uso da TIC como parte da ferramenta na análise daqueles processos e fenômenos naturais se apresenta como uma oportunidade para aprofundar e expandir as pesquisas e as aplicações nas diversas áreas das Engenharias, de forma a atender a demanda por profissionais qualificados nas áreas das Engenharias, necessários no processo de desenvolvimento econômico e social que requerem do aluno um domínio do conhecimento e aplicações da Matemática (OLIVEIRA; IGLIORI, 2013).

Nesse contexto, se destaca o uso das EDOs como uma poderosa ferramenta na análise de problemas e proposta de solução nas diversas áreas das Engenharias. A incorporação dos recursos da TIC, desta manipulação de grande volume de dados quanto à disponibilidade de poderosos processadores computacionais, vem potencializando significativamente o uso da Matemática (OLIVEIRA, IGLIORI, 2013).

A proposta deste trabalho busca desenvolver uma metodologia que tem como eixo central a aplicação do método Problem - Based Learning (PBL) com suporte ao processo de ensino aprendizagem dos conceitos de derivada, taxa de variação, integrais e modelagem algébricas de problemas, especificamente no ensino introdutório de EDOs na disciplina de Cálculo A.

Assim, o presente artigo propõe o uso de uma estratégia de ensino e aprendizagem, aliada a teoria cognitivista de (VERGNAUD, 1982), em conjunto com grupo focal de estudo para desenvolver uma metodologia com base na construção de campos conceituais na área associada

com uma modelagem fazendo uso de uma ferramenta computacional para auxiliar nesse processo, ferramenta essa que é o Software WINPLOT.

## 2 METODOLOGIA

As técnicas de resolução de equações diferenciais de forma análise rapidamente exaurem-se quando aproxima-se de modelagens próximas da realidade objetiva de forma que abre-se espaços para métodos numéricos de forma que os desenvolvimentos de computadores cada vez mais poderosos e versáteis aumentaram muito a gama de problemas que podem ser investigados, de maneira efetiva por estes métodos numéricos. Desta forma, quebrando o paradigma da educação tradicional, ou seja, ao apresentar um relato de problema em um cenário real, sem a elucidação de propostas ou argumentos matemáticos ao mesmo tempo, elucidando de que se trata de um problema matemático, mas sem a perda do senso do real, pois a correlação dos elementos do real com os elementos ou entidades matemáticas existentes para a resolução dos mesmos.

Neste sentido, considera-se que o ensino convencional é centrado na transferência do conhecimento do professor para o aluno, ou seja, a PBL além de promover a aquisição de conhecimento, objetiva o desenvolvimento de habilidades e atitudes importantes para a prática profissional efetiva. Neste método, o aluno é constantemente estimulado a aprender e a fazer parte do processo de construção do aprendizado Delisle (1997), ou seja, o aluno é responsável por entender sua situação, perceber o contexto e avaliar de forma crítica seu aprendizado.

Estes mesmos autores desta metodologia, propõem ações de consolidação entre a bagagem teórica e a problemática do dia a dia do profissional, pois, embora criada para o ensino de medicina, a PBL já vem sendo aplicada em outros níveis educacionais; como por exemplo: no ensino fundamental, médio e superior. No caso do ensino superior, se tem aplicações factíveis em diversas áreas da tecnologia, em particular da engenharia.

Com isto a metodologia e procedimentos utilizados estão associados a um modelo de comportamento pedagógico que foi construído, a partir da aplicação da Teoria dos Campos Conceituais e de uma mensuração do processo de ensino/aprendizagem durante a sua aplicação em sala de aula.

Sendo assim utiliza-se na revisão de literatura as propostas e referenciais teóricos sobre as equações diferenciais, as teorias de ensino e aprendizagem, em especial a teoria dos campos conceituais de Vergnaud, (1982), a aprendizagem baseada em problemas ou projetos ao tempo em que prospecta-se o resultado de aplicação da modelagem proposta ao ensino das equações diferenciais em grupos de alunos previamente escolhidos, de forma a manter a seleção ou

prospecção de resultados isenta e fidedigna de forma analisar-se, pós coleta de informações em questionários específicos e posterior análise dos resultados.

### 3 PROCEDIMENTOS

As propostas de ações baseadas em problemas não se confrontam com as teorias de aprendizagem e das formas com que as mesmas tentam explicar sobre como o homem aprende, suas fases, evoluções e resultados. Com isto, torna-se factível o uso da metodologia com o lastro no que se preconiza uma teoria de aprendizagem, a exemplo, a proposta de Vergnaud e os seus desdobramentos. Neste processo de aprendizagem de conhecimento Barrows, Tamblyn, (1996), identificam alguns objetivos educacionais da PBL para o ensino de medicina que podem ser aplicados a outras áreas de conhecimento: aprendizagem de uma base de conhecimento integrada; aprendizagem de uma base de conhecimento estruturada ao redor de problemas reais, encontrados no campo de atuação do profissional em questão; aprendizagem de uma base de conhecimento vinculada a processos de solução destes problemas, e o desenvolvimento de um processo eficaz e eficiente de solução de problemas; o desenvolvimento de habilidades de aprendizagem autônoma eficaz e de trabalho em grupo.

Vale o registro de que o método PBL é bastante difundido nas diversas escolas de medicina e saúde. Internacionalmente podemos cita-se a Universidade de Maastrich, na Holanda, a Universidade de MCMaster, no Canadá, a Universidade de Liège, na Bélgica e a Universidade de Sherbrooke, no Canadá. No Brasil se podem destacar algumas universidades que utilizam a metodologia PBL a exemplo, Universidade Estadual de Londrina, Faculdade de Medicina de Marília e a Escola de Saúde Pública do Ceará que foi a pioneira na implementação das propostas curriculares fundamentadas na PBL. Na Bahia, a Universidade Estadual do Sudoeste, a Universidade Federal da Bahia, a Escola Baiana de Medicina e Saúde Pública, a Universidade Estadual de Santa Cruz e a Faculdade de Tecnologia e Ciência, adotam o PBL de forma integral ou parcial Prates (2009).

Partindo da premissa de que o currículo de Cálculo no Curso Superior no SENAI-CIMATEC necessita de maiores conhecimentos referentes ao ensino de Equações Diferenciais Ordinárias, a presente pesquisa visa introduzir conteúdos aos discentes fora do método tradicional. A pesquisa teve abordagem qualitativa, contendo tratamento de dados quantitativos. Os dados quantitativos foram sistematizados e organizados em tabelas, para posterior interpretação e inferência cabíveis. O campo de pesquisa foi a Faculdade de Tecnologia Centro Universitário SENAI CIMATEC na cidade de Salvador, da rede privada de ensino que dispõe de turmas de Engenharias e Curso Superior Tecnológico (CST). O alvo da pesquisa foi a turma de graduação

de Engenharia Mecânica, período diurno de contendo cerca de 47 alunos na referida turma, todos foram voluntários.

Neste período, os estudos foram baseados no modelo tradicional de ensino, onde foram transmitidas informações atualizadas, mas o caminho para alcançar o conhecimento é o mesmo para todos. Desta forma, o discente acumula os conhecimentos científicos prontos e acabados e, aos menos capazes, cabe lutar para superar as dificuldades.

Buscando de início uma melhor compreensão por parte dos alunos referente ao ensino e aprendizagem das EDOs, foi proposto a utilização do método PBL e o Software WINPLOT, como ferramenta de implementação do PBL. A pesquisa foi focada na aplicação da Teoria dos Campos Conceituais, resgatando conceitos estudados inicialmente na disciplina de Cálculo A, a fim de embasar os estudos referentes a EDOs com o intuito de compreensão dos conceitos referentes a mesma, a interpretação e solução de problemas propostos, sua representação gráfica e discussão do seu significado.

Neste processo, foram aplicados testes, onde não se definem os resultados como modelo de resposta correta ou incorreta, pois se tentou observar, gravar e interpretar modelos de comportamento, incluindo as manifestações dos discentes, tais como: a fala, a escrita, o desenho (gráficos) e as ações.

O docente (professor), detectando que estes alunos encontravam-se na zona de desenvolvimento proximal, reexplicou o assunto antes abordado, com interpretações que forçassem o aprendiz a relacionar os elementos de um determinado campo conceitual, utilizando-se, por exemplo: histórias; estórias; correlações da vida prática que abordassem o respectivo assunto e sugestões advindas e provocadas pelo próprio discente e extraídas das experiências cotidianas de cada um deles.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Durante os encontros tutoriais, os testemunhos por parte dos alunos foram de grande contribuição para a realização desse trabalho. Ao externar seus sentimentos e ações sobre o método PBL e de como o mesmo contribui para a busca do conhecimento, o trabalho em grupo, a aceitação das opiniões dos colegas de como poderiam executar as tarefas foi de grande contribuição para seu crescimento profissional. Relato das falas de alguns alunos da turma. Para o pesquisador o que despertou interesse no relato das falas dos discentes foram o entusiasmo das citações e seus conteúdos.

Considerando-se outros grupos da turma 2017, registra-se que:

Esse método deveria ser aplicado em um trabalho interdisciplinar, ou

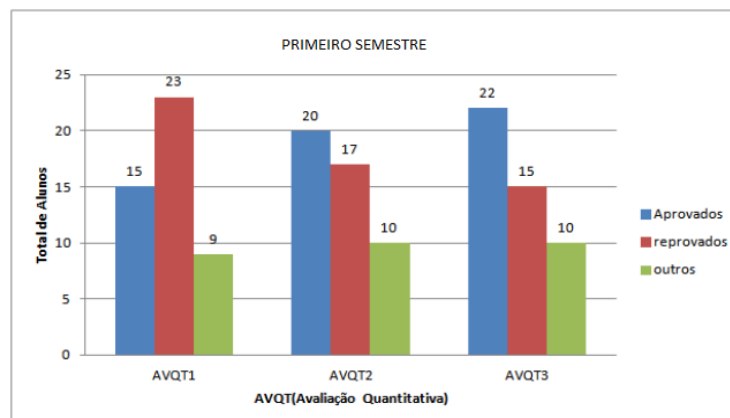
seja, os professores poderiam elaborar um projeto interdisciplinar, apresentar no início do trimestre para a turma e fazer o acompanhamento em reuniões semanais, cobrar relatórios dos grupos e uma apresentação no final da unidade, ESTUDANTE-Grupo I.

e também:

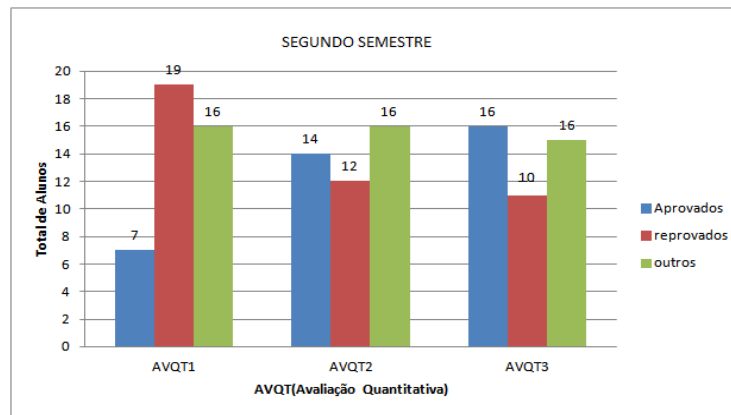
Essa experiência foi muito gratificante, pois nos retirou da condição de meros copiadores de apontamentos com um único objetivo de conseguir nota para passar na disciplina e nos colocou na condição de pesquisadores. Foi um grande desafio, mas, a partir das discussões, o ensino se tornou bem prazeroso, ESTUDANTE-Grupo L.

No primeiro trimestre, foi aplicado o método tradicional de ensino conforme a figura 1, no segundo trimestre foi aplicado o método tradicional nas duas primeiras avaliações formalizadas como sendo AVQT (Avaliação Quantitativa).

Nestas avaliações, nas duas primeiras (AVQT1 e AVQT2) os alunos foram avaliados conforme o modelo tradicional de ensino e na AVQT3 foi aplicado o método PBL, de acordo com Figura 2.

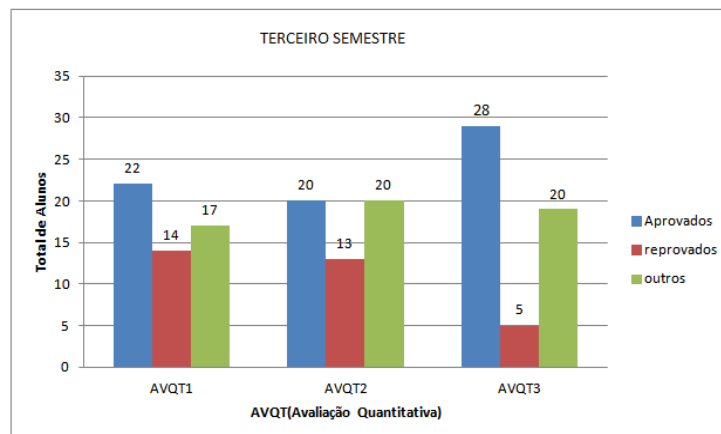


**Figura1.** Soma das avaliações no primeiro semestre. Fonte: Autor.

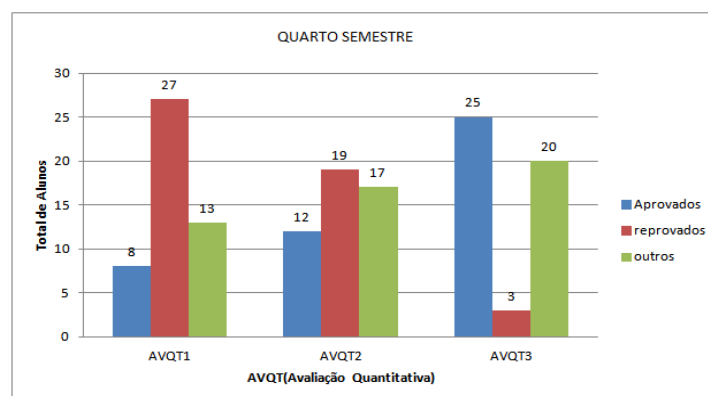


**Figura2.** Soma das avaliações no segundo semestre. Fonte: Autor.

Os gráficos da Figura 3 e Figura 4 apresentam a mudança comportamental e melhora nas avaliações.



**Figura3.** Soma das avaliações no segundo semestre. Fonte: Autor.



**Figura4.** Soma das avaliações no segundo semestre. Fonte: Autor.

Nota-se um aumento no número de aprovados na AVQT3, avaliação realizada após a aplicação do método. Embora tenha havido uma melhor gradativa nas notas dos alunos, é

importante verificar que, enquanto na AVQT1 apenas 7 alunos foram aprovados, na AVQT3 16 obtiveram aprovação.

Nas Figuras 3 e 4, se observa a utilização no ensino tradicional nas duas primeiras avaliações, AVQ1 e AVQ2. Após a utilização do método PBL ao aplicar a AVQ3, foi possível observar que o número de alunos aprovados foram mais relevantes do que nas demais avaliações.

É possível observar que o número de alunos desistentes foi relativamente alto, mas é necessário salientar que, dentro da instituição, em se tratando da disciplina em questão, está quantidade está dentro da média.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No âmbito desta, desenvolveu-se uma metodologia que teve como eixo central a aplicação do método PBL para o ensino de EDOs e, conseqüentemente, avaliou-se o corpo discente através de pesquisas fundamentadas em conteúdos que consolidam as metas descritas nos objetivos da pesquisa de forma a consolidá-los na sua totalidade. Para tal as EDOs que foram estudadas estão em consonância real da vida profissional dos alunos.

Considerando-se que o problema da pesquisa trata da veracidade e da eficácia do ensino de EDOs foi necessário que nas seções tutoriais se exigisse do tutor, o saber ouvir com bastante atenção os discentes, de forma cuidadosa nas colocações feitas, postura, intervenções, riqueza de conteúdos, argumentações e relacionamento com os futuros profissionais; postura incomum em relação a outras metodologias de ensino, porém sem abandonar a atitude orientadora, formadora e conciliadora nos encontros tutoriais, para que toda a problemática estudada fosse abordada.

Nesta pesquisa ratificou-se que, conforme preconiza Vergnaud, é através de situações e dos problemas a resolver que um conceito adquire sentido para o sujeito, logo, ficaram evidentes nesta pesquisa que os conceitos se tornaram significativos, através de situações com as quais os discentes puderam interagir. Essa interação aconteceu com os problemas propostos (Ver apêndice A), juntamente com a utilização do Software WINPLOT para análise gráfica.

Novas pesquisas devem ser realizadas utilizando o método PBL a TCC e algum software. Esse trabalho não se encerra no final dessa dissertação, ele continuará sendo aplicado com as próximas turmas das disciplinas de Cálculo A, visando sua aplicação para outras disciplinas, a fim de futuramente desenvolver um trabalho interdisciplinar, nas diversas Engenharias, utilizando estudos direcionados a cada área e suas especificidades, bem como nas diversas disciplinas de conhecimento a fim de confrontar os resultados adquiridos e propor novos desafios.



**REFERÊNCIAS**

- BARROWS, H. S.; TAMBLYN, R. M. **Problem-Based Learning in Medicine and Beyond**. In: . San Francisco: Jossey-Bass, 1996.
- BICUDO, M. A. V. **Educação Matemática**. [S.l.]: Ed. Moraes, 1986.
- CUNHA, M. I. **Impactos das Políticas de Avaliação Externa na Configuração da Docência**. In: . Rio de Janeiro: Políticas Organizativas e Curriculares, Educação Inclusiva e Formação de Professores, 2002.
- DELISLE, R. **How to use Problem-Based Learning in the Classroom**. In: ASCD. Virginia, EUA: Alexandria, 1997.
- DUARTE, A. L. A.; CASTILHO, S. F. da R. **Metodologia da Matemática: A Aprendizagem Significativa nas Séries Iniciais**. [S.l.]: Ed. Vigília, 1985.
- FILHO, O. P. F. **O Desenvolvimento Cognitivo e a Reprovação no Curso de Engenharia**. In: XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Porto Alegre, RS: ABENGE, 2001.
- Matemática Análise de sua Importância na Aprendizagem de Conceitos de Probabilidade**. Artigo faculdade de Matemática, PUCRS, 2009. Disponível em: <[www.pucrs.br/famat/viali/tic\\_literatura/artigos/objetos/comunica13.pdf](http://www.pucrs.br/famat/viali/tic_literatura/artigos/objetos/comunica13.pdf)>.
- NETO, E. R. **Didática da Matemática**. [S.l.]: Ed. Ática, 1998.
- OLIVEIRA, E. A. de; IGLIORI, S. B. C. **Ensino e Aprendizagem de Equações Diferenciais: Um levantamento Preliminar da Produção Científica**. Revista de Educação Matemática e Tecnologia Iberoamericana, 2013.
- PRATES, M. E. V. de O. **O Processo Tutorial no Método de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) no Curso de Medicina da USBE: a compreensão dos estudantes**. In: . [S.l.: s.n.], 2009
- RANGEL, A. C. S. **Educação Matemática e a Construção do Número pela Criança: uma experiência em diferentes contextos sócio-econômicos**. In: . Porto Alegre: Artes Médicas, 1992.
- SANTOS, J. J. A. dos; MOITA, F. M. G. da S. C. **Objetos de Aprendizagem e o Ensino de**
- VERGNAUD, G. **A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. addition and subtraction. a cognitive perspective**. hillsdale, n.j.: Lawrence erlbaum. p. 39-59, 1982.