Unidade de Ensino Potencialmente Significativa mediada pelas Tecnologias de Informação e Comunicação para o ensino de Séries de Fourier

Gabriel Müller Konflanz*, Márcio Marques Martins**, Denice Aparecida Fontana Nisxota Menegais***, Vera Lúcia Duarte Ferreira****

Resumo

O presente artigo tem por objetivo desenvolver, aplicar e avaliar uma proposta de ensino potencialmente significativa para o estudo de Séries de Fourier, embasado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, via utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). A metodologia adotada foi de pesquisa qualitativa e quantitativa envolvendo uma intervenção pedagógica, onde procurou-se investigar o ganho normalizado percentual na aprendizagem, relacionado à aplicação das oficinas. Inserido nesse cenário, descreve-se a criação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) em forma de oficinas temáticas, que abordam conceitos matemáticos e desenvolvem atividades com softwares livres, tais como Geogebra e Scilab para o ensino de aproximações de funções mediante Séries de Fourier. Tendo como sujeitos da pesquisa, 19 estudantes do curso de Matemática-Licenciatura da UNIPAMPA – campus Bagé, RS. Seguindo o Método do ganho normalizado na aprendizagem de Richard Hake, foram utilizados pré e pós-testes sobre o conteúdo abordado. Como resultado, observou-se um ganho normalizado na aprendizagem de 30% dentre os participantes que se encontravam na primeira metade do curso. No intuito, de ratificar de modo qualitativo a aprendizagem são apresentados e analisados mapas conceituais elaborados pelos estudantes. As análises quali-quantitativas apresentam indícios de aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Ensino de matemática. Séries de Fourier. Tecnologias de informação e comunicação. Aprendizagem significativa.

- Graduado em Matemática Licenciatura, Universidade Federal do Pampa. E-mail: gabriel.konflanz.7@gmail.com
- Doutor em Química Teórica, Professor do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, do Mestrado Acadêmico em Ensino, e do curso de Especialização em Modelagem Computacional em Ensino, Experimentação e Simulação da Universidade Federal do Pampa. E-mail: marsjomm@gmail.com
- Doutorado em Informática na Educação, Coordenadora de Área do PIBID Subprojeto Matemática Universidade Federal do Pampa. E-mail: denice.menegais@gmail.com
- Doutora em Modelagem computacional. Professora do curso de Especialização em Modelagem Computacional em Ensino, Experimentação e Simulação da Universidade Federal do Pampa. E-mail: vera.lucia.unipampa@gmail.com

Recebido em: 30/09/2019 — Aceito em: 21/10/2019. https://doi.org/10.5335/rbecm.v2i2.10021

Introdução

Atualmente, o desenvolvimento tecnológico vem facilitando o nosso cotidiano atingindo e melhorando as mais diversas áreas da sociedade. É preciso enfatizar a intrínseca relação entre as evoluções socioculturais e tecnológicas do mundo moderno, no intuito de compreender os desafios e as possibilidades da educação nesse cenário (Costa e Souza, 2017).

Vale ressaltar que, muitas das tecnologias que presenciamos das quais desfrutamos, tem grande embasamento nas áreas de matemática e computação. Conceitos matemáticos como geometria, e funções são alguns exemplos indispensáveis para o mundo da informática (Paz et al, 2018). Em especial, as séries de Fourier, bem como suas transformadas contribuíram de modo relevante, para o desenvolvimento de vários aparelhos e serviços tecnológicos disponibilizados atualmente. Como por exemplo, a digitalização da música e da imagem, bem como as tecnologias de aurilização (Melo, 2012) utilizada nos fones de ouvido para o cancelamento do ruído.

Sob essa ótica, inúmeras são as aplicações das Séries de Fourier nas engenharias, matemática, física, ciências químicas, biológicas, entre outras áreas. Perius (2012) ressalta a extrema importância do ensino de matemática no que se refere à elaboração de atividades que exploram a história do desenvolvimento das tecnologias, bem como suas aplicações.

Nesse contexto, é necessário ter-se um olhar atento e diferenciado em relação aos conteúdos matemáticos, como um conjunto de procedimentos contendo potenciais técnicas capazes de tornar significativo o aprendizado do estudante. Tal fato explica-se pela perspectiva de explorar novas formas de tratar e representar a informação, facilitando principalmente a visualização da situação e da solução do problema estudado. Caracterizando assim, a intrínseca relação entre pesquisa, ensino e prática com a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC).

O presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento e aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), mediada pelos softwares Geogebra e Scilab. A referida UEPS, foi constituída em forma de oficinas temáticas abordando conceitos de aproximações de funções mediante Séries de Fourier. A proposta utiliza como pressupostos básicos aspectos da teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel (1978). A pesquisa teve cunho qualitativo e quantitativo. Na abordagem quantitativa, utiliza-se o ganho normalizado na apren-

dizagem (HAKE, 2002). Já no viés qualitativo, a análise é realizada pela construção de Mapas Conceituais¹ (MC) pelos estudantes no intuito de proporcionar uma reflexão do processo de aprendizagem em relação à interpretação dos elementos que compõem esta pesquisa.

Na próxima seção apresenta-se o aporte teórico utilizado neste estudo em desenvolvimento, bem como a metodologia de estruturação das oficinas. Também são apresentados os resultados e as suas análises e discussões. Para ilustrar estes resultados, são expostos extratos dos mapas conceituais elaborados pelos participantes da pesquisa, assim como as considerações sobre o ganho normalizado de Hake.

Teoria da Aprendizagem Significativa

Para Ausubel (2000), existe uma estrutura em que se processa a organização e integração de aprendizagem, sendo que o fator que mais influencia na aprendizagem é aquilo que o estudante já sabe funcionando como ponto de ancoragem para o aprendizado de novas ideias. Essa teoria se relaciona diretamente com os ensinamentos e noções que os estudantes trazem em sua estrutura cognitiva e que os professores deveriam estar atentos. É relevante ressaltar, que o conteúdo deve ser apresentado aos estudantes, a partir dos princípios de "Diferenciação Progressiva" e "Reconciliação Integrativa". Na Diferenciação Progressiva o material deve ser apresentado a partir de conceitos mais gerais para depois serem diferenciados progressivamente em conceitos mais específicos. Já no princípio da Reconciliação Integrativa, as relações entre ideias devem ser exploradas apontando semelhanças e diferenças importantes e indicando desconexões reais ou aparentes separando ideias.

Segundo Ronca (1994), as informações se organizam cognitivamente de forma hierárquica, sendo aqueles pontos de maior relevância para os estudantes se sobrepondo aos demais. Nesta perspectiva,

[...] a aprendizagem significativa é um processo cognitivo no qual o conceito de mediação está plenamente presente, pois para que haja aprendizagem significativa é necessário que se estabeleça uma relação entre o conteúdo que vai ser aprendido e aquilo que o estudante já sabe, seja uma imagem, um conceito ou uma proposição (RONCA, 1994, p. 92).

É relevante destacar que a Teoria da Aprendizagem Significativa está centrada no processo de aprendizagem e, em suas implicações para o ensino. A aprendizagem cognitiva é o foco primordial dessa teoria, pois se considera que tal aprendizagem

resulta no armazenamento de informações, de forma organizada na mente do estudante, que passa a ser designada como estrutura cognitiva, pela complexidade da disposição destes conhecimentos (MOREIRA, 2011). Reitera-se que a aprendizagem significativa

[...] se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é $n\~ao$ -literal e $n\~ao$ -arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (MOREIRA, 2010, p. 2)

Diante disso, considera-se a aprendizagem significativa o processo em que uma nova informação se relaciona com um elemento específico e relevante, já existente na estrutura cognitiva do indivíduo. E a essa estrutura de conhecimento específica, que interage com a nova informação, Ausubel define como *subsunçor*².

Em se tratando do estudo de Séries de Fourier, por exemplo, se os conceitos de função periódica e função trigonométrica já existem na estrutura cognitiva do estudante, esses servem como subsunçores (âncoras) para o aprendizado de novas informações referentes a aplicações de funções trigonométricas, tal como: a equação de onda³. Considera-se que no momento em que novos conhecimentos passam a ter significância ao estudante, além do mesmo ter a capacidade de resolver problemas novos, a aprendizagem torna-se significativa. Para Ausubel (2000), a aprendizagem por recepção significativa envolve, principalmente, a aquisição de novos significados exigindo assim um mecanismo de aprendizagem, bem como a apresentação de material potencialmente significativo para o aprendiz. Esse autor ainda pontua que,

[...] a interação entre novos significados potenciais e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá origem a significados verdadeiros ou psicológicos. Devido à estrutura cognitiva de cada aprendiz ser única, todos os novos significados adquiridos são, também eles, obrigatoriamente únicos (AUSUBEL, 2000, p. 17).

Dessa forma, das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa, destacam-se: que o material a ser aprendido deve ser relacionável com a estrutura cognitiva do estudante. Vale enfatizar que, materiais que possuem essa característica são descritos como "potencialmente significativos", condição essa que implica na existência de um conteúdo mínimo na sua estrutura cognitiva, com os subsunçores necessários para o aprendizado. Destaca-se ainda a importância de como o estudante recebe o conhecimento, pois o mesmo deve acontecer de forma receptiva, no sentido de que o que ser que aprende não precisa descobrir para aprender. De acordo com

Moreira (2011a), na aprendizagem receptiva a grande parte das situações de ensino-aprendizagem ocorridas em sala de aula, onde o conteúdo é apresentado em sua forma final. Em contraponto com a aprendizagem por descoberta, em que o conteúdo a ser aprendido deve ser descoberto pelo estudante. Contudo, a aprendizagem em ambos os casos só será considerada significativa se o novo conteúdo incorpora-se a estrutura cognitiva do estudante.

Nos casos em que o estudante não possua os conceitos necessários para o aprendizado de novos conhecimentos, recomenda-se o uso de organizadores prévios que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento dos subsunçores que irão facilitar a aprendizagem. Sendo assim, é primordial o papel do professor na facilitação da aprendizagem significativa em pelo menos quatro tarefas fundamentais, a saber: 1) identificar os conceitos inclusivos com maior poder explanatório, e organizá-los hierarquicamente abrangendo os menos inclusivos até chegar aos mais específicos; 2) Fazer a identificação dos subsunçores relevantes á aprendizagem do conteúdo; 3) Diagnosticar aquilo que o estudante já sabe; 4) Utilizar recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de forma significativa.

Aprendizagem Significativa Mediada pelas Tecnologias de Informação e Comunicação

A utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na Educação Matemática, como os *softwares* Geogebra e Scilab, entre outros podem auxiliar o processo de ensino e aprendizagem, uma vez que as ferramentas tecnológicas possibilitam a experimentação matemática, a visualização gráfica e a interpretação dos resultados (Wolf e Silva, 2013).

Diante dessa realidade, a inserção das tecnologias digitais na sala de aula como estratégia de ensino justifica-se pelas novas formas de abordar e representar a informação redimensionando, assim, o papel do professor e dos estudantes de modo sejam estabelecidas interações a partir do potencial que as TIC proporcionam em relação ao material explorado.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs, 2000), a integração das TIC exigirá do profissional do ensino de Matemática "um redirecionamento sob uma perspectiva curricular que favoreça o desenvolvimento de habilidades e proce-

dimentos com os quais o indivíduo possa se reconhecer e se orientar nesse mundo do conhecimento em constante movimento" (BRASIL, 2000, p. 41).

No entanto, Perrenoud (2000), adverte que não basta ter posse de recursos e tecnologias de última geração, pois a integração das tecnologias digitais no cotidiano da sala de aula requer uma formação sólida dos professores no intuito de integrá-los no ambiente escolar. Nesse sentido, a utilização das TIC podem propiciar situações de aprendizagem que criam condições favoráveis para a aquisição e o desenvolvimento de conceitos matemáticos que viabilizam mudanças consideráveis na prática escolar, visto que promove o auxilio involuntário na interação entre o conhecimento prévio e os novos conhecimentos, ratificando as orientações das Diretrizes Curriculares Nacionais:

No exercício da docência, a ação do profissional do magistério da educação básica é permeada por dimensões técnicas, políticas, éticas e estéticas por meio de sólida formação, envolvendo o domínio e manejo de conteúdos e metodologias, diversas linguagens, tecnologias e inovações, contribuindo para ampliar a visão e a atuação desse profissional (BRASIL, p. 3, 2015).

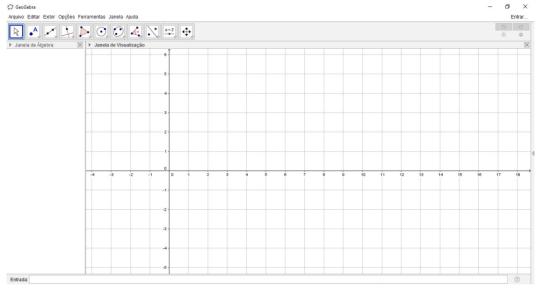
Ausubel (2003) destaca que as diferentes maneiras de integrar o aprendizado e as tecnologias digitais, proporcionam aos estudantes uma aprendizagem significativa. Assim sendo, a implementação de uma UEPS mediada por recursos tecnológicos pode promover o desenvolvimento das habilidades cognitivas dos estudantes, uma vez que essa integração torna-os protagonistas na construção do conhecimento, bem como incentiva a participação ativa do aprendiz no seu processo de ensino e aprendizagem.

Potencialidades do Software Geogebra e do Scilab

O Geogebra [versão 4] é um software de Matemática Dinâmica, com certas características de um Sistema de Álgebra Computacional - CAS (cf. Computational Algebra System), viabilizando representações de funções de duas variáveis (LEMKE et. al, 2014). Além disso, é uma multiplataforma de código-fonte aberto (domínio público), apresentando versão em português, dentre outras 55 línguas, e uma interface amigável com vários recursos sofisticados (Figura 1), o que possibilita trabalhar, de modo conjunto, geometria, álgebra, tabelas, gráficos e estatística. Escuder e Furner (2011) pontuam que uma das vantagens da utilização desse software é justamente

sua natureza de domínio público, pois possibilita tanto a professores quanto estudantes utilizarem-lo em sala de aula, bem como em suas, respectivas, residências.

Figura 1: Ambiente inicial do software Geogebra

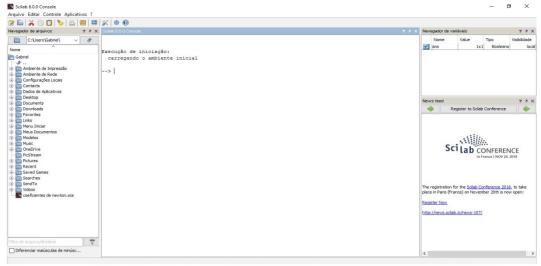


Fonte: Autor (2018).

Referente ao software Scilab (*Scientific Laboratory*) versão 6.024, esse foi escolhido por ser também de código aberto e possuir uma interface gráfica Figura 2, bem como ferramentas para resolução numérica envolvendo problemas matemáticos e aplicações científicas. Além disso, sua linguagem de programação é de alto nível, o que permite ao usuário a criação de scripts de programação de modo simples (CLÁUDIO, 2019).

Unidade de Ensino Potencialmente Significativa mediada pelas Tecnologias de Informação e Comunicação para o...

Figura 2: Ambiente inicial do software Scilab



Fonte: Autor (2018).

Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida dentro de uma abordagem quanti-qualitativa. Na qualitativa, foi analisada a aprendizagem dos estudantes em relação ao conteúdo de série de Fourier à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968). Já para abordagem quantitativa, foi utilizado o cálculo de ganho de aprendizagem descrito na metodologia proposta por Richard Hake (2002).

Destaca-se que na pesquisa qualitativa é relevante focar não somente nos significados, mas também nas experiências e ações, onde se utilizam métodos como observação participativa, significados individuais e contextuais, interpretação e desenvolvimento de hipóteses (MOREIRA, 2011a).

Dentro dessa perspectiva, a análise qualitativa busca por acontecimentos importantes e observa como esses são determinados no contexto em que ocorrem registrando e interpretando tais observações em que novos conhecimentos gerados na interação com os subsunçores e as informações apresentadas, são naturalmente diferenciados pelo estudante. Nesse sentido, utilizou-se mapas conceituais como uma forma de organizar as relações entre os conceitos aprendidos.

Como já mencionado, este trabalho segue a abordagem quantitativa, a qual investiga a porcentagem de ganho de aprendizagem por meio da aplicação de ins-

trumentos de coletas de dados antes e após a aplicação da oficina. Segundo Hake (2002), os estudantes "[...] compreendem melhor um conceito se eles próprios o constroem, passo a passo, ao invés de serem informados sobre o que é e instruído a simplesmente relembrar disso. Essa assim chamada aprendizagem ativa [...]" (cf., p. 2-3, tradução nossa).

No intuito de avaliar o quanto um estudante está envolvido em atividades de "aprendizagem ativa" e o quanto progrediu na compreensão de um determinado assunto, o ganho médio normalizado <g>, é calculado pela Eq. 1:

$$< g > = \frac{<\% < p\acute{o}s - teste > -\% < pr\acute{e} - teste \gg}{100 - \% < pr\acute{e} - teste >} \tag{1}$$

Ressalta-se que, os percentuais de acertos no pós e pré-teste são representados na Eq. 1. De modo específico, o numerador corresponde à melhora efetiva que o estudante obteve; e o denominador, à máxima melhora possível de ser alcançada. Com esse dado o professor obtém um valor percentual que representa o quanto o estudante aprendeu daquilo que ainda precisava aprender sobre o conteúdo.

Contexto e Sujeitos da Pesquisa

A oficina com carga horária total de 12horas-aula presenciais contou com a participação de 19 estudantes do curso de Matemática-Licenciatura, da UNIPAMPA - Campus Bagé/RS, provenientes de diferentes semestres. É importante destacar que os estudantes foram divididos em grupos que buscavam a homogeneidade em relação ao período em que os mesmos se encontravam.

Como instrumento de coleta de dados, foi aplicado um questionário (pré-teste), como análise prévia, constituído de 20 questões objetivas elaboradas a partir de conceitos matemáticos fundamentais para a compreensão das Séries de Fourier, seguido de intervenção pedagógica (oficina) e aplicação do mesmo teste (pós-teste) para análise final.

Nos encontros presenciais foram proporcionados momentos em que os estudantes foram incentivados a realizarem as atividades propostas com a experimentação e manipulação dos *softwares* Geogebra e Scilab. No intuito de ilustrar como foi

esquematizada a UEPS trabalhada via intervenção pedagógica, será apresentada Subseção 5.2 as principais atividades desenvolvidas nas oficinas.

Desenvolvimento das Oficinas

As oficinas foram constituídas na forma de intervenções pedagógicas, envolvendo o planejamento e a implementação de interferências (mudanças, inovações) – destinadas a produzir avanços, melhorias, nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participaram – e a posterior avaliação dos efeitos dessas interferências (DAMIANI et al. 2013). É relevante destacar intervenções pedagógicas são aplicadas com a finalidade de contribuir para a solução de problemas práticos. Ainda de acordo com esse autor tais intervenções "enfatizam o potencial das pesquisas aplicadas para, por exemplo, subsidiar tomadas de decisões acerca de mudanças em práticas educacionais, promover melhorias em sistemas de ensino já existentes, ou avaliar inovações" (DAMIANI et al. 2013, p. 58).

Nessa perspectiva, as intervenções pedagógicas aqui proposta tem como objetivo fazer o estudo das Séries de Fourier, utilizando aplicativos de interface gráfica, facilitando o entendimento da situação-problema. Para tanto, desenvolveu-se três oficinas, a saber: estudo de funções seccionalmente contínuas e funções pares e impares; noções de geometria analítica e álgebra linear referente ao produto interno e norma de vetores; Séries de Fourier e o cálculo computacional dos coeficientes das Séries.

É importante pontuar que a maioria dos estudantes já conheciam o *software* o que corroborou no processo de ensino e aprendizagem, visto que o conhecimento prévio pode facilitar a manipulação e entendimento para realização das atividades propostas posteriormente. Ainda vale ressaltar que, todas as definições matemáticas foram embasadas nos autores SPIEGEL (1974), LIMA (2014) e DEVRIES (1994).

Oficina 1: Noções de continuidade de funções utilizando o Geogebra

Para representar de modo gráfico funções contínuas, descontínuas e seccionalmente contínuas, pode-se usar as expressões implícita, explícita ou paramétrica. Por exemplo, considere a função $f(x) = \begin{cases} x, sex < 1 \\ -x, sex \ge -1 \end{cases}$ na forma explícita, por meio do comando disponível no Geogebra "Se(<Condição>, <Então>, <Senão>)", assim digita-se na caixa de entrada: "Se(x<-1, x, -x)", obtendo a Fig. 3.

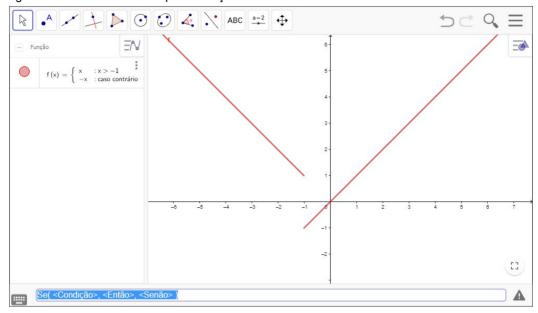


Figura 3: Gráfico de um exemplo de função descontínua

Fonte: Autor (2018).

Observa-se na Fig. 3 que a função dada é descontínua em x=-1, mas é seccionalmente contínua em $(-\infty, -1)$ e em $(-1, +\infty)$.

Também é possível representar algébrica e geometricamente integrais de funções. Especificamente, na integral de Somas de Riemann, digita-se a função e em seguida: "SomaDeRiemannInferior[<Função>, <Valor de x Inicial>, <Valor de x Final>, <Número de Retângulos>]" ou "SomaDeRiemannSuperior[<Função>, <Valor de x Inicial>, <Valor de x Inicial>, <Valor de x Final>, <Número de Retângulos>]", ou também para calcular o valor real da área "Integral(<Função>, <Valor de x Inicial>, <Valor de x Final>, <Calcular (true | false)>)". Por exemplo: a integral de f(x)=ln(x) dentro do intervalo [2,7], utilizando 5 retângulos, ver Fig. 4.

Unidade de Ensino Potencialmente Significativa mediada pelas Tecnologias de Informação e Comunicação para o...

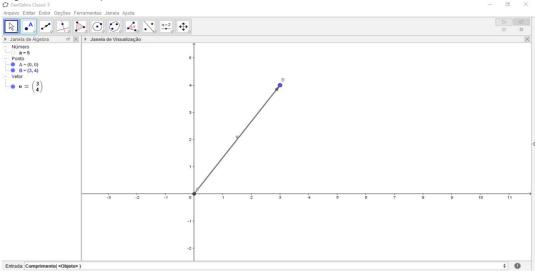
Figura 4: Cálculo de área por Somas de Riemann

Fonte: Autor (2018).

• Oficina 2: Noções de Geometria Analítica e Álgebra Linear

Para representar algébrica e geometricamente Norma Euclidiana do vetor $u=\binom{a}{b}$ no R^2 , definida por $\|u\|_2=\sqrt{a^2+b^2}$ usa-se o comando "vetor" na terceira caixa da barra de ferramentas. E para calcular a norma do vetor digitamos na caixa de entrada: "Comprimento(<Objeto>)". Por exemplo, $u=\binom{3}{4}$ em que a norma é igual a 5, conforme Figura 5.

Figura 5: Vetor no plano cartesiano



Fonte: Autor (2018).

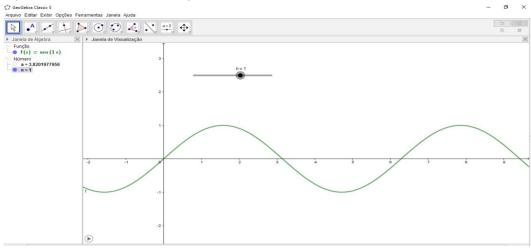
Já para representar a norma de função, cujo o conceito é o comprimento generalizado de uma função, também chamado de comprimento de uma curva (LIMA, 2014).

Para uma função f determinada dentro de um intervalo [a,b], a norma é calculada por $\|f\| = \sqrt{\int_a^b [f(x)]^2 * dx}$. No software Geogebra, usa-se o comando "f(x)=função" e na

caixa de entrada coloca-se o comando "Comprimento(<Função>, <Valor de x Inicial>, <Valor de x Final>)". Por exemplo, f(x) = sen(n * x), criando um controle deslizante, no intervalo $[0, \pi]$, ver Fig. 6.

Unidade de Ensino Potencialmente Significativa mediada pelas Tecnologias de Informação e Comunicação para o...

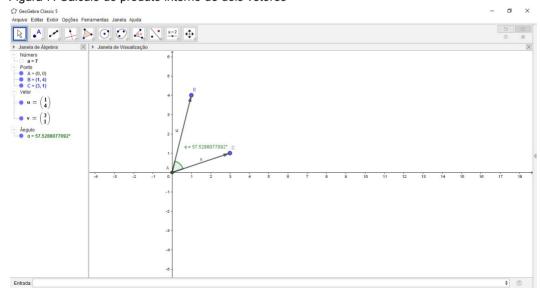
Figura 6: Cálculo da norma da função f(x)



Fonte: Autor (2018).

Na representação do produto interno e ortogonalidade de vetores, dado por $\langle u,v\rangle=|u|*|v|*cos\alpha$, calcula-se o produto interno digitando na caixa de entrada: "ProdutoEscalar(<Vetor>, <Vetor>)" ou " $|u|*|v|*cos\alpha$ ". Por exemplo, $u=\binom{1}{4}$ e $v=\binom{3}{1}$, onde o produto interno é igual a 7, ver Figura 7.

Figura 7: Cálculo do produto interno de dois vetores



Fonte: Autor (2018).

No entanto, para o produto interno e ortogonalidade de funções de duas funções f e g num intervalo qualquer [a,b], dado por $\langle f,g\rangle=\int_a^b f(x)\cdot g(x)\cdot dx$, onde as funções f e g são chamadas de ortogonais se o seu produto interno $\langle f,g\rangle$ é zero, para $f\neq g$. No $software\ Geogebra$, digita-se na caixa de entrada "Integral (<Função>, <Valor de x Inicial>, <Valor de x Final>)", sendo o comando "<função>", o produto f(x)*g(x).

Exemplo:

f(x) = sen(n * x) e g(x) = cos(n * x) (criando um controle deslizante), no intervalo [1, 3], conforme Fig. 8.

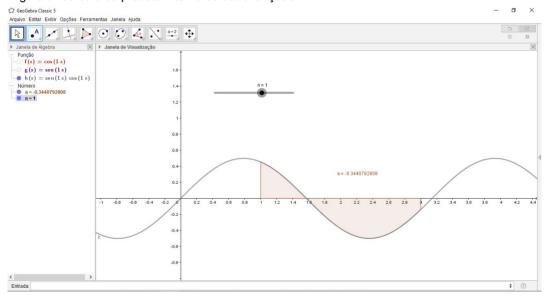


Figura 8: Cálculo do produto interno de duas funções

Fonte: Autor (2018).

Oficina 3

A oficina 3 contou com três momentos, a saber: o primeiro deles, contextualizou-se historicamente a série de Fourier. No segundo, foi apresentada algebricamente como aproximar uma função f(x) por série de Fourier (Eq. 2), no intervalo $(-\pi, \pi)$,

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\omega_0 x) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n\omega_0 x)$$
 (Eq. 2)

Unidade de Ensino Potencialmente Significativa mediada pelas Tecnologias de Informação e Comunicação para o...

Sendo:
$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$$

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \cdot dx$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \cdot \cos(n\omega_0 x) \cdot dx$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \cdot \sin(n\omega_0 x) \cdot dx$$

E finalmente, foi utilizado o *software* Scilab para explorar propriedades, tais como: periodicidade das funções, continuidade, paridade ou não das funções.

O próximo item abordará os resultados obtidos, com discussão embasada nos referenciais teóricos adotados no estudo.

Resultados e Discussão

A seguir, apresenta-se a análise do ganho de aprendizagem obtidos a partir da aplicação do pré e pós-testes, conforme descritas na metodologia, bem como o efeito dos mapas conceituais, elaborados pelos estudantes como forma de avaliar o desenvolvimento cognitivo dos aprendizes buscando assim indícios de aprendizagem significativa. Os estudantes foram identificados como E1, E2, E3..., E19.

Análise Quantitativa

Na análise quantitativa dos resultados, observou-se que cinco estudantes (E2, E3, E4, E12 e E13) apresentaram a menor diferença de desempenho entre pré e pós-teste, ficando com apenas 5%. Quatro estudantes (E5, E11, E15 e E16) obtiveram a maior diferença entre pré e pós-teste, 25%. Dez estudantes (E1, E6, E7, E8, E9, E10, E14, E17, E18 e E19) apresentaram melhora no desempenho acima de 10%. Considerando o total de 19 estudantes que participaram das oficinas, 11 deles (57,90% dos participantes) apresentaram índices de melhora no desempenho igual ou superior a 20%, o que representa um ganho normalizado g= 30%. Observa-se

que o ganho obtido pelos estudantes está dentro do intervalo estimado para o um ganho normalizado na aprendizagem entre 70% e 30% Hake (2002), considerado pelo autor como um curso de médio ganho e atribuído a isso a característica de um curso que promoveu um elevado engajamento interativo.

Visto que todos os estudantes da pesquisa tiveram algum aumento no desempenho entre o pré e o pós-teste, pode-se enfatizar que as oficinas promoveram efeito positivo na aprendizagem dos estudantes. Numa análise mais minuciosa dos dados obtidos, se pôde observar que os 8 estudantes que obtiveram entre 5% e 15% na diferença de desempenho entre pré e pós-teste, se encontram na segunda metade do curso de Matemática. Acredita-se ser esse um possível motivo para pequena diferença no desempenho, pois tais estudantes obtiveram grande eficiência no pré-teste, e a mantiveram no pós-teste, corroborando Miranda (2017) quando afirma que há relevante correlação entre o desempenho dos estudantes e o período em que esses estão matriculados, ou seja, períodos mais avançados são determinantes para o aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem.

A partir da análise realizada, observou-se que os estudantes que se encontram na primeira metade do curso, obtiveram um maior ganho na aprendizagem, visto que não possuíam muito conhecimento do conteúdo explorado nas oficinas. Como os demais estudantes, que se encontravam na segunda metade do curso, já possuíam conhecimentos específicos e relevantes ao trabalho, e como tiveram um bom desempenho no pré-teste - utilizado para buscar os conhecimentos prévios, estes apenas mantiveram os seus bons resultados no pós-teste.

Análise Qualitativa

Os mapas conceituais desenvolvidos pelos estudantes foram classificados em dois grupos. O primeiro grupo contém os mapas que fazem uma menção muito superficial aos conteúdos abordados nas oficinas. Esse grupo é composto por estudantes de período inicial do curso de Matemática - Licenciatura. Percebe-se que a estrutura representada no mapa é bastante simples, conectando alguns conceitos gerais (7, em especial) ao conceito de "Séries de Fourier". Esse mapa (Figura 9) deixa evidente que os estudantes não realizaram uma aprendizagem significativa sobre o tema estudado, pois tem uma nuvem central contendo o tema ligado a sete outras nuvens menores. Esse resultado é interessante, pois demonstra que os estudantes

ainda estão se apropriando dos conteúdos específicos e, portanto, não desenvolveram estratégias para realizar a reconciliação integrativa. Uma possível razão para tal constatação é que a elaboração dos mapas conceituais ocorreu logo em seguida ao término das oficinas e, portanto, não houve um período para amadurecimento dos conhecimentos recém-adquiridos.

MATEMÁTICA

Monipulações du

funçair

Compares

GÉAIC DE FOURIER

Biprisentações

Formatique

Trobalhar ins

Colculas

Figura 9: Extrato de um mapa conceitual do grupo 1

Fonte: Autor (2018).

Já o segundo consegue fazer uma menção mais aprofundada dos conteúdos abordados e a respectiva conexão destes com as Séries de Fourier. Analisando a estrutura dos mapas (Figura 10), todos os conceitos-chave são apresentados em uma estrutura complexa e são conectados à nuvem referente às "Séries de Fourier", que está em uma posição lateral e não central, como se esperaria. Esses estudantes conseguem realizar ligações mais sólidas entre os subsunçores próprios e os conteúdos abordados no decorrer das oficinas.

Tigonoméricas

Continuas

Descontinuas

Descontinuas

Par

Indefinida

Produto
Interno

Criogonalidade

Aproximação de Funções

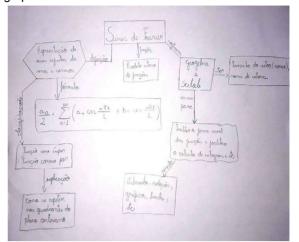


Figura 10: Extrato de um mapa conceitual do grupo 2

Fonte: Autor (2018).

Conclui-se na análise qualitativa, que os estudantes em período inicial do curso, mesmo obtendo um bom resultado no índice do ganho de aprendizagem, ainda não conseguiram assimilar de forma integrativa os conceitos que já sabem, com os aprendidos nas oficinas, como mostra a Figura 10. Embora, a Figura 10 apresente um mapa visivelmente mais evoluído em relação ao apresentado na Figura 9, é importante enfatizar que esses dois mapas foram elaborados por dois grupos heterogêneos em relação ao semestre que os estudantes se encontram. Visto que no grupo da Figura 9, eles estão em período inicial do curso, os mapas conceituais construídos por eles, não evidenciam o conceito mais geral "Séries de Fourier", embora tenham construído uma relação entre os conteúdos mais específicos dando um enfoque maior a estes conceitos. Enquanto que os da Figura 10 estão em período final, conseguindo assim fazer relações mais sólidas, articulando os conteúdos mais específicos aos mais gerais.

Considerações Finais

Recursos pedagógicos, como as tecnologias digitais, permitem aos sujeitos participantes do processo de ensino e aprendizagem novas formas de abordar e representar a informação, havendo um redimensionamento do papel do professor e dos estudantes, de forma que interações sejam estabelecidas a partir do potencial que essas tecnologias proporcionam em relação ao conteúdo. Alves (2017), enfatiza

o papel original que o professor desempenha frente à utilização das TIC, como mediador pedagógico, ou seja, aquele que planeja e dinamiza o processo de construção da aprendizagem do estudante.

A proposta de atividades desenvolvidas na Unidade de Aprendizagem visou responder "Quais as contribuições de uma Unidade de Aprendizagem Potencialmente Significativa utilizando os *softwares* Geogebra e Scilab no processo de ensino e aprendizagem das Séries de Fourier para licenciandos em Matemática?"

Para responder essa pergunta a UEPS proposta buscou inserir tal conteúdo, cujo ensino e aprendizagem apresenta algumas lacunas nos cursos de licenciaturas-Matemática devido à complexidade do tema, que envolve conceitos teóricos e de grande abstração. A caracterização do grau de complexidade para os estudantes, principalmente os iniciantes, é evidenciada quando a grande maioria deles não consegue relacionar os conceitos estudados com a modelagem e as aplicações práticas, como pode ser verificado no mapa conceitual elaborado por eles. No que se refere ao binômio ensino-aprendizagem, Pabón e Rios (2014) sinalizam para importância do fortalecimento de estratégias didático-pedagógicas adequadas, no intuito de se desenvolver metodologias mais apropriadas para o ensino de Séries de Fourier.

Os resultados desta pesquisa mostram que as tecnologias digitais utilizadas nas oficinas, auxiliaram no estabelecimento de um elo entre os conhecimentos que os estudantes já possuem e os adquiridos posteriormente. Essa assertiva é corroborada pela participação bastante ativa dos estudantes evidenciado no ganho de aprendizagem, tornando-se, assim, um agente motivador e atrativo para os estudantes no intuito de promover a aprendizagem significativa e obter índice do ganho de aprendizagem (Hake, 2002).

Potentially Significant Teaching Unit mediated Information and Comunication Technology for the teaching of Fourier Series

Abstract

This paper has had as an objective to develop, apply and evaluate a potentially significant proposal for the study of Fourier Series, embedded in Ausubel's Theory of significant learning, via the utilization of Information and Communications Technology. The adopted methodology was that of a qualitative and quantitative type involving pedagogical intervention, where the normalized percentual gain in learning was sought in accordance with the applying of the workshops. Inside this scenario, it is described the creation of a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU), in

the shape of themed workshops constituted by mathematical concepts and activities developed with free software, such as Geogebra and Scilab for the teaching of function approximations through Fourier Series. As subjects of research, 19 students of the Bachelor of Education in Mathematics of UNIPAMPA – Bagé campus, RS. Trough the method of gain normalized in the learning of Richard Hake, pre and post tests were used on the approached subject. As a result, it was observed a normalized gain in learning of 30% among the participants that found themselves in the first half of the course. With the intent of qualitatively ratifying the learning, conceptual maps elaborated by the students are presented and analyzed. The quali-quantitative analyses signal that there have been indications of meaningful learning. The educational production which results from this work consists in a material composed by three workshops using the GeoGebra and Scilab softwares.

Keywords: Mathematics teaching. Fourier series. Information and communication technologies. Meaningful learning.

Notas

- "Mapas conceituais podem ser usados para mostrar relações significativas entre conceitos ensinados em uma única aula, em uma unidade de estudo ou em um curso inteiro." Moreira (2012, p. 5)
- ² Palavra que é o mais próximo de uma tradução literal da palavra inglesa subsumere, se equivale a facilitador ou também ideia-âncora.
- ³ É uma equação diferencial parcial, que faz uso das séries de Fourier para o cálculo da solução analítica (SPIEGEL, 1974).
- Distribuído gratuitamente via Internet em www.scilab.org

Referências

ALVES, Alda Franciele Gomes; ALMEIDA, Myrlei Rocha; ABREU, Sandra Elaine Aires. UMA NOVA POSTURA DOCENTE-O PROFESSOR COMO MEDIADOR PARA O USO DAS TIC'S. **Anais**: Seminário de Pesquisa, Pós-Graduação, Ensino e Extensão do Campus Anápolis de CSEH. 2017.

AUSUBEL, David P.; NOVAK, J. D; HANESIAN, H. **Educational psychology**: a cognitive view. 2. ed. Nova York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Tradução: Lígia Teopisto. 1. ed. Lisboa: Paralelo editora. 2000.

AUSUBEL, David. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: Uma Perspectiva Cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

AUSUBEL, David. P. Educational psychology: a cognitive view. New York, Holt, Rinehart and Winston. 1968.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais, Parte III, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 2002. Disponível em: http://www.educacao.gov.br/. Acesso em: 15 maio 2018.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Resolução nº 2, de 1º de julho de 2015. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada. **Diário Oficial da União**, 2015.

CLAUDIO, G. B. (2019). Computação cientifica nas escolas através do software Scilab. **EXTRA-MUROS** - **Revista de Extensão da Univasf**, 6(1), 51-59.

COSTA, Mayara Capucho; DE SOUZA, Maria Aparecida Silva. O uso das TICs no processo ensino e aprendizagem na escola alternativa "Lago dos Cisnes". **Revista Valore**, v. 2, n. 2, p. 220-235, 2017.

DAMIANI, M. F.; ROCHEFORT, R. S.; DE CASTRO, R. F.; DARIZ, M. R., & PINHEIRO, S. S. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**. p. 57-67. 2013. Disponível em: https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/caduc/article/view/3822. Acesso em: 15 jun. 2018.

DEVRIES, Paul L. A. **First Course in Computational Physics**. Osford, OHIO: John Willey&Sons. 1994, p. 280-339.

ESCUDER, A., & FURNER, J. M. (2012). **The Impact of GeoGebra in Math Teachers' Professional Development**. Retrieved from archives. math. utk. edu/ICTM/vol23/s113/paperpdf. Acesso em: 16 jul. 2019.

HAKE, Richard. R. Assessment of student learning in introductory science courses. KAL Roundtable on the Future. Duke University, p. 1-3. 2002. Disponível em: http://www.pkal.org/events/roudtable2002/papers.htm. Acesso em: 12 jun. 2018.

LEMKE, R., SIPLE, I. Z., & de FIGUEIREDO, E. B. (2014). **OAs para o ensino de cálculo**: potencialidades de tecnologias 3D. RENOTE, 14(1). Acesso em: 16 de jul. de 2019.

LIMA. E. L. **Álgebra Linear**. 1. ed. Rio de Janeiro: IMPA, 2014. (Coleção Matemática Universitária), 357 p..

MELO, Viviane Suzey Gomes. Avaliação de inteligibilidade em salas de aula do ensino fundamental a partir de respostas impulsivas biauriculares obtidas com cabeça artificial de dimensões infantis. COPPE: UFRJ. Rio de Janeiro. p. 147. 2012.

MIRANDA, Gilberto José; ARAUJO, Tamires Sousa; MARCELINO, Izabelle Almeida. O absenteísmo acadêmico e suas consequências mais óbvias. **Revista Gestão Universitária na América Latina-GUAL**, v. 10. n. 1. p. 172-189. 2017.

MOREIRA, Marco Antônio. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. In: Marco Antônio Moreira. **Teorias de aprendizagem**. 2 ed. São Paulo: EPU. p. 159-173. 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. **O que é afinal aprendizagem significativa?**. Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais. Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso. p. 1-27. 2010.

MOREIRA, Marco Antonio. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, digramas V e Unidades de ensino potencialmente significativas. p. 41, 2012.

PAZ, Anderson R.; OLIVEIRA, Josilene MS; LEITE, Eliana R. Matemática: A Revolução da Tecnologia da Informatização e a Influência nos Processos Educacionais. **Anais**: SEMCITEC - Semana de Ciência, Tecnologia, Inovação e Desenvolvimento de Guarulhos. v. 1. n. 1. 2018.

PERIUS, Ana Amélia Butzen. **A tecnologia aliada ao ensino de matemática**. Cerro Largo, RS: UFRGS. p. 55. 2012.

PERRENOUD, P. 10 novas competências para ensinar. Porto Alegre: Artmed editora, 2000.

SPIEGEL, Murray R. Theory and problems of Fourier Analysis with applications to boundary value problems. Shaum's Outline Series. Nova Yorque, EUA: McGraw-Hill. p. 20-51. 1974.

RONCA, A. C. C. **Teorias de Ensino**: A contribuição de David Ausubel. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Psicologia da Educação. Temas em Psicologia. 1994.