

**EDUCAÇÃO MATEMÁTICA SEM FRONTEIRAS:
Pesquisa em Educação Matemática**

**UTILIZAÇÃO DO *SOFTWARE GEOGEBRA* NO ESTUDO DA FUNÇÃO
EXPONENCIAL: DINAMIZANDO OS PROCESSOS DE APRENDIZAGEM**

**USE OF *GEOGEBRA SOFTWARE* IN THE STUDY OF EXPONENTIAL
FUNCTION: DYNAMIC LEARNING PROCESSES**

Celso Eduardo Brito¹

Ícaro Benevides Simões²

Resumo

Considerando que a utilização de tecnologias digitais tem se tornado comum em sala de aula, o presente trabalho tem como objetivo geral verificar os pontos positivos e negativos da utilização do modelo desenvolvido no *software* para a aprendizagem da Função Exponencial. Para isso, necessitou-se da aplicação de uma Sequência Didática que foi intermediada pelo autor durante o período de sua participação na Residência Pedagógica em turma de 2º ano do Ensino Médio do IFBA – Campus Eunápolis. Cabe salientar que para o presente trabalho foi necessário o estudo de referenciais teóricos que serviram de embasamento e aprendizado para aprofundamento acadêmico, como por exemplo: TRRS (Teoria dos Registros de Representação Semiótica) e a Teoria da Instrumentação. Assim, temos como problema geral: Quais são os pontos positivos e negativos da inserção da tecnologia digital, mediante construção do modelo dinâmico no *software GeoGebra*, para o estudo da Função Exponencial relacionado a Progressão Geométrica em turma de 2º ano do Ensino Médio? Dessa forma, é importante ressaltar que os resultados obtidos foram por meio do percurso metodológico traçado: formulário aplicado aos estudantes, através do *Google Forms*, em consonância com a aplicação da Sequência Didática atrelada ao modelo desenvolvido no *software GeoGebra*.

Palavras-Chave: Tecnologias Digitais; Sequência Didática; *Software GeoGebra*; TRRS; Teoria da Instrumentação.

Abstract

Considering that the use of digital technologies has become common in the classroom, the present work has the general objective of verifying the positive and negative points of using the model developed in the *software* for learning the Exponential Function. For this, it was necessary to apply a Didactic Sequence that was intermediated by the author during the period of his participation in the Pedagogical Residence in a 2nd year high school class at IFBA - Campus Eunápolis. It should be noted that for the present work it was necessary to study theoretical references that served as a basis and learning for academic deepening, such as: TRRS (Theory of Semiotic Representation Records) and the Theory of Instrumentation. Thus, we have as a general problem: What are the positive and negative points of the insertion of digital technology, through the construction of the dynamic model in the *GeoGebra software*, for the study of the Exponential Function related to Geometric Progression in a 2nd year high school class? Thus, it is important to emphasize that the results obtained were through the methodological route traced: form applied to students,

¹ Prof. Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências, IFBA, celsoedu@ifba.edu.br.

² Graduando na Licenciatura em Matemática, IFBA, benevidys@gmail.com.

through *Google Forms*, in line with the application of the Didactic Sequence linked to the model developed in the *GeoGebra software*.

Keywords: Digital Technologies; Following Teaching; GeoGebra Software; TRRS; Instrumentation Theory.

Introdução

Observando a sociedade a qual vivemos hoje em dia, podemos perceber o quanto foi alterado o papel do professor em sala de aula, visto que esse deixou de ser apenas um mero transmissor do conhecimento e passou a ser um mediador do conhecimento, ou seja, seu papel agora é visto como um motivador da aprendizagem.

Considerando que a utilização de tecnologias digitais tem se tornado cada vez mais necessário e comum em sala de aula, observa-se que o emprego dessas ferramentas é capaz de trazer uma abordagem mais próxima da visão do estudante, causando a esse um esforço de abstração menor para compreender os acontecimentos estudados. Uma das ferramentas utilizadas para proporcionar o entendimento do discente às diferentes aplicações do objeto matemático Função Exponencial, por exemplo, é o *GeoGebra*, um *software* livre, educacional, e de fácil acesso, podendo ser baixado por qualquer pessoa, além de ser uma ferramenta de geometria dinâmica e manipulação acessível. Arelada a essas características próprias do programa, é interessante que o *GeoGebra* seja apresentado aos estudantes no decorrer das aulas, sendo que alguns exercícios e/ou exemplos são realizados estrategicamente através de suas funcionalidades.

Uma das teorias que apresentaremos como referência, bem como embasamento para nosso trabalho, se trata das ideias de DUVAL (1999) que nos dá sustentação expressiva no que tange o estudo da Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS). Segundo esse autor, falar de registro é problematizar a aprendizagem dando ao professor um meio de ajudá-lo a tornar mais acessível a compreensão matemática (DUVAL, 1999). A partir do conhecimento da noção de registro, tem-se a percepção da importância da mudança de registro considerando a necessidade de uma coordenação de registros. Assim, uma mudança de registro mostra as vantagens no que diz respeito ao tratamento podendo facilitar uma melhor compreensão no processo de aprendizagem.

A outra teoria aqui apresentada tem como fundamento as ideias de RABARDEL (1999) acerca da Teoria da Instrumentação. Esse teórico nos dá importantes contribuições no que concerne a utilização de tecnologias digitais de forma significativa. Ou seja, para

RABARDEL (1999) não basta utilizar do *software GeoGebra* como mais um recurso tecnológico, mas sim como um recurso que colabore no desenvolvimento de conceitos matemáticos haja vista que o *software* por si só não faz “Matemática”.

O presente trabalho envolve também uma expectativa de ensino, na qual se pretende tratar de uma forma dinâmica a intermediação do objeto matemático Função Exponencial utilizando recursos tecnológicos, tais como: o computador e o modelo desenvolvido no *software GeoGebra*. Com base em diversas situações pelas quais há um empecilho de aprendizagem dos conteúdos tratados nesta pesquisa por estudantes do Ensino Médio, procura-se responder a seguinte questão problema: Quais são os pontos positivos e negativos da inserção da tecnologia digital, mediante construção do modelo dinâmico no *software GeoGebra*, para o estudo da Função Exponencial em turma de 2º ano do Ensino Médio?

Assim, temos como objetivo principal verificar os pontos positivos e negativos da inserção da tecnologia digital, mediante construção do modelo dinâmico no *software GeoGebra*, para o estudo da Função Exponencial relacionado a Progressão Geométrica alicerçado na Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) e na Teoria da Instrumentação.

Como objetivos específicos para esse trabalho, traçamos os seguintes: construir um modelo dinâmico no *software GeoGebra* baseado na Teoria da Instrumentação; investigar as possibilidades do modelo criado na tecnologia digital, para a aplicação do estudo de Função Exponencial, atrelado à Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS); aplicar uma Sequência Didática (SD) atrelada ao modelo desenvolvido no *software* e alicerçada na TRRS; e utilizar o modelo desenvolvido no *software GeoGebra*, visando contribuir para a aprendizagem dos estudantes no estudo da Função Exponencial.

Nessa perspectiva, explicitaremos os referenciais teóricos que dão embasamento no que diz respeito ao presente trabalho.

A Teoria dos Registros de Representação Semiótica

Da mesma maneira que outras teorias existentes para a Didática da Matemática, a Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS), desenvolvida por DUVAL (1999), é intrínseca à prática docente. Além de ser bastante perceptível no processo de aprendizagem, uma vez que diversas vezes durante uma aula o professor de Matemática

realiza conversões dentro dos diferentes registros de representação com o fito de melhorar a abordagem dos tópicos matemáticos em geral, e dessa maneira otimizar o processo de ensino do objeto matemático em questão.

“A atividade matemática real não se limita jamais à utilização de um único registro. Ela ultrapassa sempre as produções explícitas no registro em que efetuamos os tratamentos. Mobilizamos também um segundo registro, seja para antecipar os tratamentos a realizar e, portanto, escolher o registro de tratamento, seja para controlar os tratamentos efetuados no registro escolhido [...]. Em outras palavras, em matemática, não pensamos jamais em um único registro, mas em vários ao mesmo tempo, mesmo se as produções vão privilegiar um único registro. E isso requer uma atividade incessante de conversões, que ficam implícitas, mas que devem ser mais ou menos espontâneas” (DUVAL, 2011, p.116).

Ademais, dentre as inúmeras tarefas as quais se podem trazer para a aula, mostram-se interessantes as que se tratam de situações problemas presentes no cotidiano dos educandos com o intuito de mostrá-los a correlação do objeto matemático com a realidade, bem como trabalhar no discente o registro língua materna para que ele possa desenvolver mais a questão da interpretação matemática e engajá-lo a fazer as devidas conversões de registros de representação semiótica. Salienta-se que no decorrer da resolução de tais tarefas o docente pode tranquilamente fazer o uso do tratamento que são transformações dentro de um mesmo registro. Por exemplo, ao se deparar com problemas que necessitam resolver uma equação, o discente precisa fazer manipulações todas dentro do registro algébrico.

“Os registros de representação permitem definir os fatores cognitivos que comandam a compreensão e a incompreensão na aprendizagem de matemática. Mas, esses fatores cognitivos são variáveis didáticas? Eles se traduzem concretamente na escolha e na organização de atividades de reconhecimento nas situações experimentais de exploração em sala de aula?” (DUVAL, 2011, p.139).

Nessa perspectiva, podemos verificar que para a utilização dos registros de representação é preciso dar a devida importância, visto que há a necessidade de não fugir do objetivo da tarefa, por exemplo. Ou seja, as tarefas propostas pelo docente não podem sair da linha de raciocínio de serem tarefas matemáticas e frisando à aquisição de conhecimentos matemáticos. DUVAL (2011) ainda nos relata que “muitos recusam considerar os registros como variáveis didáticas e julgam que os únicos fatores importantes, mesmo suficientes, são aqueles relativos aos conceitos matemáticos [...]”. Nesse contexto, é fácil perceber o quanto é preconizado ainda o ensino tradicional, por

exemplo, onde somente a pesquisa de situações, de ferramentas, de atividades que podem motivar a aprendizagem desses conceitos matemáticos.

Os registros são uma ferramenta para avaliar a pertinência cognitiva de sequências de atividades, isto é, sua adequação às condições necessárias para desenvolver a compreensão. Eles permitem definir O CAMPO DE TRABALHO COGNITIVAMENTE REQUERIDO para que os alunos possam atingir a compreensão dos conhecimentos matemáticos a adquirir (DUVAL, 2011, p.141).

Com o intuito de explicitar a praticidade dos registros de representação, podemos facilmente ter como exemplo o objeto matemático Função Exponencial, conteúdo esse que possibilita a utilização de variados registros de representação semiótica. Então, por diversas vezes perante uma situação problema o educando necessita primeiramente entender o que é solicitado dentro do registro da língua materna, para então consequentemente, a partir de sua interpretação, realizar a devida conversão para o registro algébrico. Além disso, em determinados momentos também é necessário fazer a conversão do registro algébrico para o registro gráfico com o objetivo de entender o comportamento das variáveis envolvidas.

A matemática é o único domínio em que o progresso dos conhecimentos está estreitamente ligado à invenção de novos sistemas semióticos. Seu desenvolvimento deu acesso a novos objetos matemáticos: o sistema decimal e suas extensões para acesso aos números naturais, relativos e racionais, a escrita algébrica e as representações gráficas para acesso às funções, a representação em perspectiva para a geometria projetiva e as transformações (por exemplo, a simetria) etc. (DUVAL, 2011, p.84).

Por fim, diante dessas discussões que permeiam a Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS), podemos enxergar o quanto DUVAL nos permite problematizar a aprendizagem de determinados objetos matemáticos aos quais se podem trabalhar neles os variados registros, a exemplo aqui explicitado o objeto matemático Função Exponencial, e assim consequentemente intermediar para o discente uma aprendizagem mais enriquecedora, mais atrativa, bem como mostrar um processo de aprendizagem mais efetivo.

A Teoria da Instrumentação

A partir deste momento trataremos aqui a Teoria da Instrumentação (RABARDEL, 1995) que fornece elementos primordiais no que concerne à aprendizagem com a utilização de ferramentas tecnológicas. RABARDEL trata, através dessa teoria,

ações dos sujeitos mediadas por instrumentos frente ao estudo das relações entre o aluno e objetos do tipo tecnologias digitais, o que está diretamente interligado ao nosso âmbito de estudo.

RABARDEL (1995) nos traz em sua Teoria duas terminologias que nos fazem entender melhor acerca da sua abordagem, o artefato e o instrumento, além de explicitar uma relação entre o sujeito (quem faz a ação), a ferramenta (artefato) e os Esquemas de utilização. Seguindo essa linha de raciocínio, temos que um artefato é apresentado para o sujeito solucionar determinada tarefa, e uma vez que esse sujeito se apropria desse artefato ele transforma-o em um instrumento. A partir desse processo de apropriação e transformação na perspectiva de diversos contextos de utilização é o que se chama Gênese Instrumental, e que por sua vez distingue dois processos: o de Instrumentação (entendida como a evolução dos esquemas de utilização dos artefatos) e o de Instrumentalização (entendida como a transformação dos artefatos no decorrer da sua apropriação).

Em sua Abordagem Instrumental, RABARDEL (1999) nos traz que:

A instrumentalização concerne a emergência e a evolução dos componentes artefato do instrumento: seleção, reagrupamento, produção e instituição de funções, transformações do artefato [...] que prolongam a concepção inicial dos artefatos. A instrumentação é relativa a emergência e a evolução dos esquemas de utilização: sua constituição, seu funcionamento, sua evolução assim como a assimilação de artefatos novos aos esquemas já constituídos (RABARDEL, 1999, p. 210)

Podemos perceber que os processos de Instrumentação e Instrumentalização decorrem do fato da transformação de um artefato em um instrumento, onde o artefato por si só pode ser compreendido como qualquer objeto que foi dependente de determinada ação humana, podendo esse objeto ser material ou simbólico. Nessa perspectiva, o artefato atribui a este objeto como sendo uma ferramenta sem o conhecimento de utilização ou sem saber qual é o tipo de função do objeto. Daí, temos que o artefato é transformado em um instrumento a partir do momento em que designa-se este artefato em situação de uso, e conseqüentemente ele passa a ser compreendido como uma “ferramenta tecnológica com funções que são carregadas de significados epistemológicos pelo usuário”, segundo TSUJI (2016, p. 5).

TSUJI (2016) nos traz que a gênese instrumental é um processo de construção, onde o artefato está submetido ao desenvolvimento dos esquemas de utilização:

Esses esquemas desenvolvidos pelos sujeitos podem ser divididos de duas formas para a compreensão da teoria – esquemas de uso e esquemas de ação

instrumentada. Os esquemas de uso são referentes as atividades relacionadas diretamente ao artefato; e os esquemas de ação instrumentadas são relativos às atividades ligadas ao objeto de ação, nas quais o artefato é um meio de ação (TSUJI, 2016, p. 5).

Vejamos que os elementos que constituem a gênese instrumental nos oferecem subsídios para melhor compreender as relações dos estudantes com as ferramentas tecnológicas no que diz respeito a aprendizagem. Nesse sentido, podemos refletir que essa discussão nos possibilita a fazer uma autoavaliação no que concerne a nossa prática docente, e que por sua vez impactará diretamente na forma em que enxergamos o processo de aprendizagem frente às nossas ações em sala de aula.

Relativamente ao uso de tecnologia na prática pedagógica do professor, quando falamos em integração, estamos querendo dizer um professor que se torna autônomo nesse uso. Ou seja, estamos nos referindo a uma integração crítica [...]. Investigar a gênese instrumental em situação de formação de professores é investigar como o professor cria os esquemas para o uso da tecnologia e como essa tecnologia vai transformar sua prática pedagógica de forma a contribuir com a aprendizagem do aluno (BITTAR, 2011, p. 162).

Neste sentido, podemos verificar que aderir uma postura, na qual se assume a importância da utilização de tecnologias digitais no processo de aprendizagem, é de suma elevação para o trabalho docente, visto que essa adesão de comportamento modificará a forma com que o professor leciona e como os estudantes passam a enxergar tanto seu percurso rumo ao conhecimento efetivo sobre determinado objeto matemático quanto a própria disciplina em estudo.

Teoria da Instrumentação na prática com a tecnologia digital

Com o intuito de explicitar um exemplo prático no que diz respeito a Teoria de RABARDEL com o presente trabalho, podemos facilmente pensar na utilização de um modelo criado no *software GeoGebra* que está diretamente atrelado ao objeto matemático Função Exponencial. O *software* por si só já se mostra atraente para o estudante uma vez que proporciona entretenimento para aprendizagem, entretanto, quando apresentado pela primeira vez ao usuário (sujeito), essa ferramenta é caracterizada como um artefato por conta desse usuário ainda não ter se apropriado dela. A partir do momento em que o sujeito se apropria desse artefato com o objetivo de solucionar estipulada tarefa, sendo esse artefato posto em situação de uso, conseqüentemente essa ferramenta tecnológica passa a ser carregada de significados epistemológicos pelo sujeito, transformando assim

para si o artefato em um instrumento.

Nessa perspectiva ainda, podemos compreender de forma prática acerca da Gênese Instrumental da seguinte forma: quando o sujeito transforma o artefato em instrumento através da apropriação do ponto de vista de diversos contextos de utilização, ou seja, manipulando o modelo no *software GeoGebra* possibilitando-o pensar que essa manipulação pode ser colocada em prática em outros âmbitos que não só aquele posto inicialmente para ele.

Na sequência, apresentamos os percursos metodológicos envolvidos na pesquisa realizada.

Percurso Metodológico

A partir de agora mostraremos aqui as tarefas propostas direcionadas aos estudantes do 2º ano do Ensino Médio, dado que a grade curricular para a série escolar anterior prevê o estudo do objeto matemático Função Exponencial, entretanto nessa turma foi trabalhado como um resgate do conteúdo (revisão). Cabe salientar também que esse trabalho está pautado nas questões éticas de pesquisa, pois está atrelado ao projeto macro do orientador intitulado como “Produção de Modelos e Atividades com o *GeoGebra*: Contribuições para o Processo de Ensino e Aprendizagem de Matemática”.

Apresentaremos também uma sequência didática (SD) elaborada para o uso do modelo criado no *software GeoGebra* por meio de computadores no desenvolvimento da tarefa proposta, e que tem como tempo estimado para sua realização em 2 aulas de 50 minutos abarcando desde a manipulação do modelo no *software* até a escrita da resolução das tarefas na folha da atividade entregue para os estudantes. Ressalta-se que o objetivo principal do presente trabalho é verificar os pontos positivos e negativos da inserção da tecnologia digital, mediante construção do modelo dinâmico no *software GeoGebra*, para o estudo da Função Exponencial alicerçado na Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) e na Teoria da Instrumentação.

Tratando do processo de criação do modelo no *software Geogebra*, é importante ressaltar o quanto foi necessário realizar pesquisas no que diz respeito a formas de se construir um “Cubo Mágico” a partir das formas geométricas dispostas quanto aos recursos do *software*, além de utilizar do próprio conhecimento no que diz respeito as ferramentas desse recurso tecnológico. Seguindo essa linha de raciocínio, podemos verificar que esse período de construção do modelo se caracterizou pelo uso do artefato

tecnológico ao passo de que esse processo foi se tornando uma transformação em instrumento no decorrer do surgimento de significados epistemológicos segundo as ideias de RABARDEL (1995).

Cabe ressaltar também que foi preciso usar de conhecimentos acerca da programação, pois já que o *GeoGebra* possibilita criação de vários modelos a partir de comandos, para o modelo em específico desse trabalho em questão necessitou-se de diversos comandos com o intuito de criar um “Cubo Mágico” embaralhado e posteriormente fazer com que o usuário que o manipulasse conseguisse fazer as devidas movimentações com o objetivo de montar suas faces. Assim, vencida essa etapa de construção da forma geométrica, precisou-se de investigações no próprio *GeoGebra* no que diz respeito a como iria atrelá-la ao objeto matemático em questão, levando em consideração o objetivo principal do presente trabalho.

Nesse momento, apresentaremos a sequência didática (atividade) entregue aos estudantes para a realização da tarefa no laboratório de informática. Lembrando que esse processo foi realizado por meio de computadores para a manipulação do modelo desenvolvido no *software*.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA: Atividade – Cubo Mágico da Função Exponencial

Instruções

Caro(a) estudante, esta atividade deverá ocorrer a partir da manipulação do modelo construído e disponibilizado no *software GeoGebra – Cubo Mágico da Função Exponencial*. Para tanto, sigam as seguintes orientações na sequência para o devido andamento da atividade.

1. No *software GeoGebra* você encontrará a construção de um Cubo Mágico “embaralhado”. Monte pelo menos duas das faces do cubo.

2. Agora, você deverá fazer o que se pede a seguir a partir da cor das faces do cubo que você montou:

2.1. Se você montou a Face Vermelha do cubo mágico, determine as imagens das seguintes funções, classificando as funções quanto ao crescimento ou decréscimo:

2.2. Se você montou a Face Laranja do cubo mágico, determine as imagens das seguintes funções, classificando as funções quanto ao crescimento ou decréscimo:

2.3. Se você montou a Face Azul do cubo mágico, determine os domínios das seguintes funções, classificando as funções quanto ao crescimento ou decréscimo:

2.4. Se você montou a Face Verde do cubo mágico, determine os domínios das seguintes funções, classificando as funções quanto ao crescimento ou decréscimo:

2.5. Se você montou a Face Amarelo do cubo mágico, determine as imagens das seguintes funções, classificando as funções quanto ao crescimento ou decréscimo:

2.6. Se você montou a Face Branca do cubo mágico, determine os domínios das seguintes funções, classificando as funções quanto ao crescimento ou decréscimo:

3. Após determinar o domínio e/ou imagem das funções respectivas às faces do Cubo Mágico que você montou, observe que acima do cubo há outras duas ou mais tarefas. Enumere e responda a solicitação de cada tarefa.

Procedimento de coleta de dados

Neste momento é objetivado explicitar de qual forma foi realizada a coleta de dados para o presente trabalho, visto que a proposta da abordagem metodológica é fazer o uso de uma pesquisa quanti-qualitativa. Desse modo, foi preciso utilizar da ferramenta tecnológica digital o aplicativo de gerenciamento de pesquisas lançado pelo *Google*, o *Google Forms*, com o intuito de criar um formulário para que os discentes pudessem responder a alguns questionamentos com o intuito de possibilitar a análise/discussão do processo de aprendizagem por parte deles frente ao objeto matemático de estudo.

Para tanto, foram separados 4 blocos de perguntas dispostas no formulário da seguinte maneira como se pode observar no quadro abaixo:

Tabela 1 - Perguntas referente ao objeto matemático

BLOCO 1: Quanto ao objeto matemático		
1) A partir da manipulação do modelo “Cubo Mágico da Função Exponencial” no <i>software GeoGebra</i> , você conseguiu classificar os gráficos das respectivas funções devidamente? Explique de que forma.	2) Você conseguiu determinar os domínios e/ou imagens das funções exponenciais a partir da análise de seus respectivos gráficos? Se não, explique como determinou os domínios e as imagens dessas funções.	3) A manipulação do modelo “Cubo Mágico da Função Exponencial” no <i>software GeoGebra</i> lhe ajudou a ter uma melhor compreensão acerca do objeto matemático Função Exponencial? Caso afirmativo ou negativo, explique o porquê.

Fonte: autoria própria.

Tabela 2 - Perguntas referente ao modelo no *software GeoGebra*

BLOCO 2: Quanto ao modelo no <i>software GeoGebra</i>		
4) Já conhecia o <i>software GeoGebra</i> antes da aplicação da atividade neste software?	5) O que você achou da aplicação do modelo “Cubo Mágico da Função Exponencial” no <i>software GeoGebra</i> ? Já havia realizado alguma atividade similar envolvendo outro software? Caso afirmativo, explicita qual software.	6) Teve dificuldades de manipular o modelo “Cubo Mágico da Função Exponencial” no <i>software GeoGebra</i> ? Caso afirmativo ou negativo, discorra.

Fonte: autoria própria.

Tabela 3 - Perguntas referente ao processo de aprendizagem

BLOCO 3: Quanto ao processo de aprendizagem			
7) Qual a sua auto avaliação em relação a aprendizagem acerca do objeto matemático Função Exponencial?	8) Quais as suas maiores dificuldades em aprender o objeto matemático Função Exponencial?	9) Como você avalia a forma como o seu professor lecionou o objeto matemático Função Exponencial para seu processo de aprendizagem?	10) De que forma a utilização do modelo “Cubo Mágico da Função Exponencial” no <i>software GeoGebra</i> contribuiu para sua aprendizagem acerca do objeto matemático?

Fonte: autoria própria.

Tabela 4 - Perguntas referente a avaliação quantitativa

BLOCO 4: Quanto a Avaliação Quantitativa		
11) Em uma escala de 0 a 10 (0 para péssimo e 10 para Excepcional), como você avalia seu entendimento acerca do objeto matemático Função Exponencial antes da aplicação da atividade?	12) Em uma escala de 0 a 10 (0 para péssimo e 10 para Excepcional), como você avalia o modelo “Cubo Mágico da Função Exponencial” no <i>software GeoGebra</i> ?	13) Em uma escala de 0 a 10 (0 para péssimo e 10 para Excepcional), como você avalia seu entendimento acerca do objeto matemático Função Exponencial depois da aplicação da atividade?

Fonte: autoria própria.

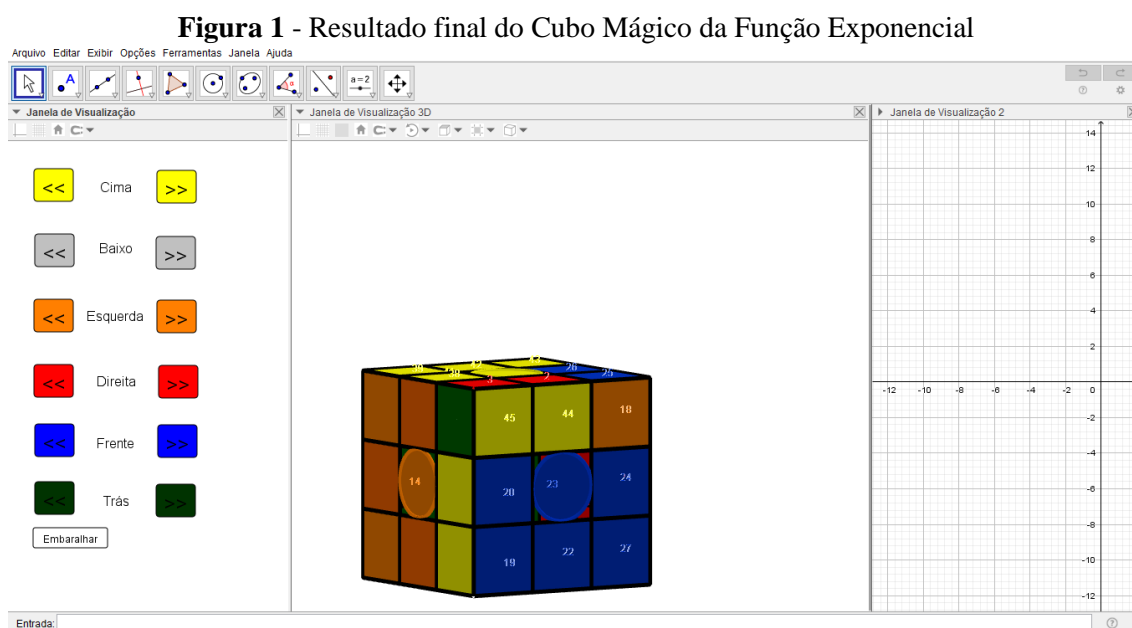
Por fim, com base nesse formulário podemos verificar que o objetivo é obter dados suficientes para realizar a análise do processo de aprendizagem por parte dos estudantes, bem como ter um feedback desses em relação a forma como foi intermediado o objeto matemático por meio da aplicação da sequência didática atrelada ao modelo desenvolvido no *software GeoGebra*, se os estudantes gostaram ou não da abordagem, dentre outras perspectivas.

Análise e Discussão dos Dados

A partir deste momento, trataremos acerca do resultado final do modelo “Cubo Mágico da Função Exponencial” construído no *software GeoGebra*, bem como da sequência didática aplicada e atrelada ao modelo mediante a Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) e a Teoria da Instrumentação.

Após a construção do modelo no *software GeoGebra*, foi preciso pensar em possibilidades de atrelar o objeto matemático Função Exponencial a ele. Dessa maneira, sob indicação do orientador conseguiu-se pensar em abordar esse objeto matemático de forma que os estudantes pudessem ter contato com pelo menos quatro registros de representação semiótica: registro algébrico, registro gráfico, registro figural e língua materna. Além disso, após a manipulação do modelo no *software GeoGebra* e respondido ao questionário aplicado, pensou-se em formas de analisar/discutir como que o artefato, inicialmente apresentado aos estudantes, poderia ser transformado em um instrumento.

Na **Figura 1** pode-se visualizar o resultado final do modelo disponibilizado aos estudantes para que realizassem as tarefas propostas na sequência didática.



Conforme a sequência didática aplicada aos estudantes, o objetivo era que eles manipulassem o cubo mágico através dos botões (que se encontra na Janela de Visualização) de forma a montarem pelo menos duas das seis faces do cubo. Assim que o estudante conseguisse montar duas dessas faces, ele conseguiria ir para o próximo passo

da atividade, que era determinar os domínios e/ou imagens das oito Funções Exponenciais respectivos a essas faces montadas, já que os meios das faces eram relacionados a questões que surgiam acima do cubo mágico, bem como classificar as funções quanto ao crescimento ou decrescimento, bastando apenas o estudante clicar em cada cubinho dessas faces.

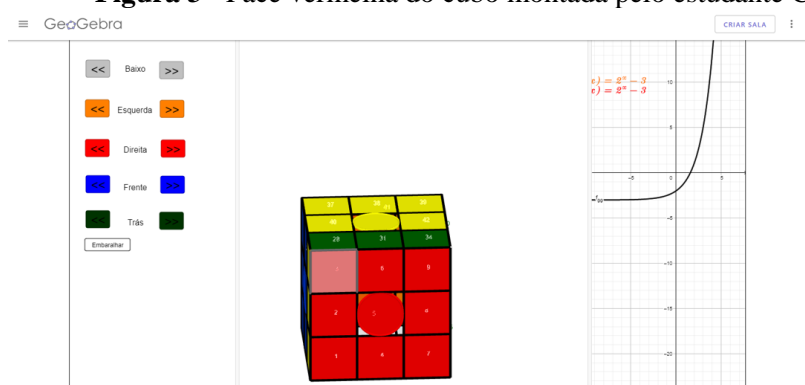
Figura 2 - Momento da aplicação da sequência didática



Fonte: autoria própria.

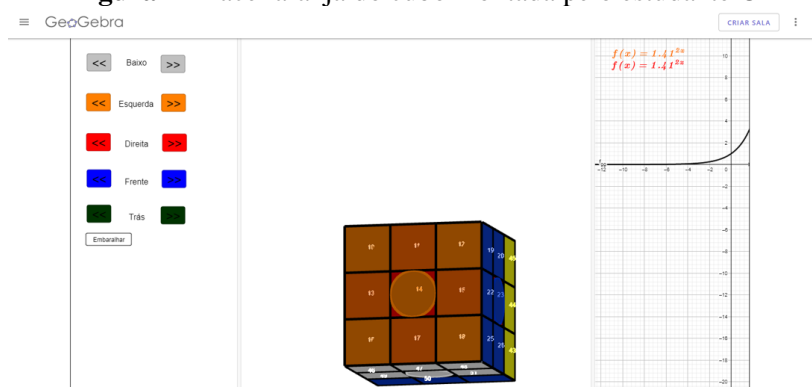
Nesse momento, podemos verificar que o estudante é possibilitado a trabalhar com os registros figural, gráfico e algébrico ao determinar os domínios e/ou imagens das funções. Vejamos o resultado das faces montadas pelo estudante C nas **Figuras 3 e 4**.

Figura 3 - Face vermelha do cubo montada pelo estudante C



Fonte: software GeoGebra

Figura 4 - Face laranja do cubo montada pelo estudante C



Fonte: software *GeoGebra*

Vejamos que o estudante C conseguiu realizar o primeiro passo da tarefa solicitada na sequência didática, montando as faces vermelha e laranja, mostrando assim sucesso quanto a manipulação do modelo correspondente ao registro figural. Sendo assim, esse estudante se encontrou apto para o próximo passo da tarefa, que era determinar o domínio e/ou imagem das oito funções exponenciais de cada uma dessas faces montadas.

Percebendo que cada cubinho estava enumerado, o estudante C foi clicando em cada cubinho e percebendo que uma vez montada essas faces, na Janela de Visualização aparecia o gráfico e sua correspondente função. Vejamos na figura a seguir que o estudante C conseguiu devidamente determinar a imagem da função de um dos cubinhos da face vermelha montada, mostrando assim que esse estudante tinha um certo domínio quanto ao registro algébrico e gráfico, uma vez que também conseguiu classificar a função quanto ao crescimento ou decrescimento.

Figura 5 - Resposta do estudante C quanto a determinação da imagem da função

3) $f(x) = 2^x - 3$
 $Im = \{y \in \mathbb{R} / y > -3\}$
↙ crescente

Fonte: Sequência Didática aplicada

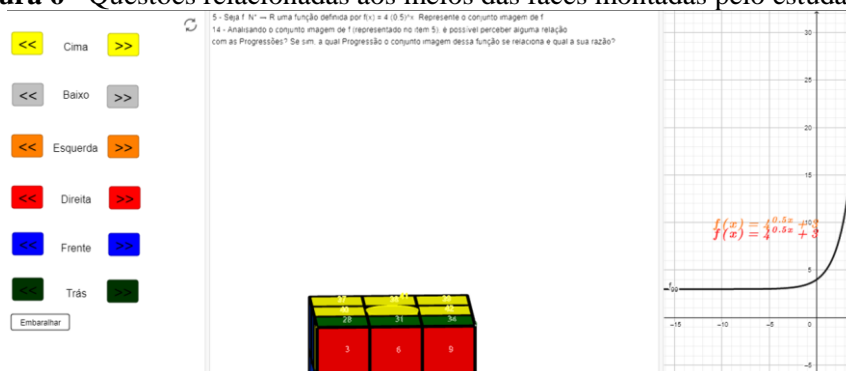
Notemos que a resposta do estudante C, que consta na **Figura 6**, é respectivo ao gráfico que consta na **Figura 4**, correspondente ao cubinho clicado da face montada.

Para os meios de cada face do cubo, foram atreladas questões que correlacionava o objeto matemático Função Exponencial com as Progressões Geométricas. Ou seja, a partir do momento em que o estudante obtinha duas faces montadas, ao invés de ter

funções e seus respectivos gráficos atrelados aos meios dessas faces, na Janela de Visualização surgiam duas questões, na língua materna, que possibilitava a relação com as Progressões Geométricas.

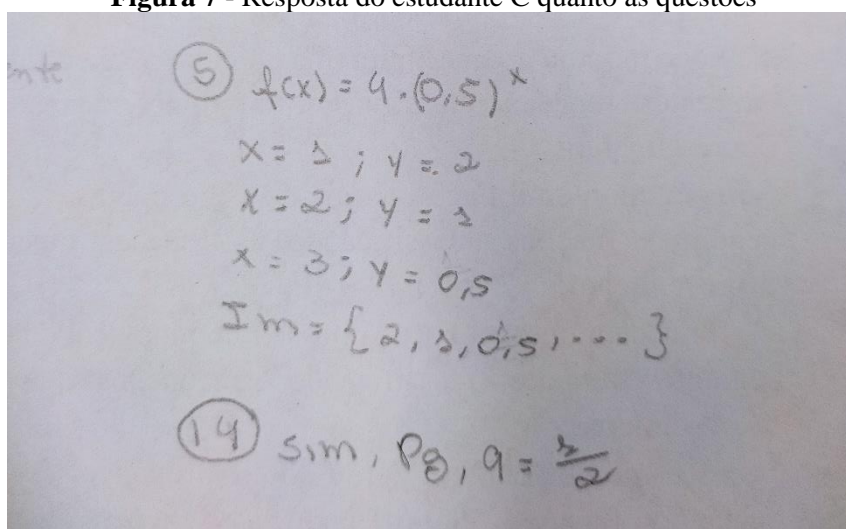
Na **Figura 6** podemos notar que acima do cubo mágico se encontra duas questões que correspondem aos meios das faces vermelha e laranja montadas pelo estudante C. O meio da face vermelha (enumerada como 5) solicitava que o estudante determinasse o conjunto imagem de uma dada função exponencial. O meio da face laranja (enumerada como 14) perguntava ao estudante se ele conseguia perceber alguma relação desse conjunto imagem com as Progressões, e se ele percebia essa relação, qual era e se conseguiria dizer a sua razão.

Figura 6 - Questões relacionadas aos meios das faces montadas pelo estudante C



Fonte: software *GeoGebra*

Figura 7 - Resposta do estudante C quanto as questões



Fonte: Sequência Didática aplicada

Na **Figura 7** podemos verificar que o estudante C conseguiu responder devidamente as questões propostas quanto aos meios das faces do cubo montadas por ele.

Assim, o estudante C obteve êxito ao determinar o conjunto imagem da função dada, caracterizando dessa forma conhecimento no registro algébrico, além de ter tido êxito em relacionar esse conjunto imagem com as Progressões Geométricas, caracterizando por fim conhecimento no registro numérico ao determinar devidamente a razão da progressão em questão. Por fim, podemos notar que para o estudante C houve a transformação do artefato em um instrumento, carregado assim de significados epistemológicos no que diz respeito ao processo da gênese instrumental.

Quanto a aplicação do questionário

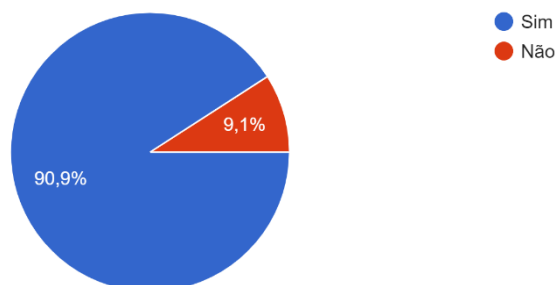
Levando em consideração que a maioria dos estudantes já tiveram contato com o *software GeoGebra*, é importante salientar que esse contato se deu por meio de Oficina aplicada no 1º ciclo da Residência Pedagógica ao qual o pesquisador do presente trabalho fez parte e intermediou esse processo com a turma. Ainda, ressalta-se que dos 23 estudantes que compõem a turma, 22 responderam ao questionário aplicado no que diz respeito ao processo de aplicação da sequência didática respectivo ao presente trabalho.

Fazendo parte do percurso metodológico, a aplicação do questionário serviu para verificar quais foram os pontos positivos e negativos do modelo construído no *software GeoGebra* no que diz respeito a aprendizagem do objeto matemático Função Exponencial, objetivo geral do presente trabalho. Ressalta-se ainda que o pesquisador organizou esse questionário em 4 blocos: quanto ao objeto matemático (Bloco 1), quanto ao modelo no *software GeoGebra* (Bloco 2), quanto ao processo de aprendizagem (Bloco 3) e quanto a avaliação quantitativa (Bloco 4). Uma das perguntas realizada no questionário que faz parte do Bloco 2 foi a seguinte: **“Já conhecia o *software GeoGebra* antes da aplicação da atividade neste *software*?”**

Gráfico 1 - Gráfico correspondente a pergunta 4 realizada no questionário

4) Já conhecia o software GeoGebra antes da aplicação da atividade neste software?

22 respostas



Fonte: Ferramenta Digital *Google Forms*.

Em relação ao processo de apropriação e transformação na perspectiva de diversos contextos de utilização do artefato em um instrumento, o que define a Gênese Instrumental apontada por RABARDEL, foi perguntado aos estudantes: “**Teve dificuldades de manipular o modelo “Cubo Mágico da Função Exponencial” no software GeoGebra? Caso afirmativo ou negativo, discorra.**”

Figura 8 – Resposta do Estudante E

Tive alguns problemas na realização da atividade porque o computador constantemente fechava o software e eu precisava refazer a atividade.

Fonte: Ferramenta Digital *Google Forms*.

Figura 9 – Resposta do Estudante F

Tive dificuldade de manipular o cubo, não por causa do software, mas porque eu não sei brincar.

Fonte: Ferramenta Digital *Google Forms*.

Figura 10 – Resposta do Estudante C

Não, o cubo a atividade é bem explicativa

Fonte: Ferramenta Digital *Google Forms*.

Diante dessas respostas, pode-se verificar que houve certos entraves no processo de manipulação do modelo no *software GeoGebra* por alguns estudantes, onde principalmente esses entraves ocorreram por conta dos computadores, o que caracteriza pontos negativos nesse quesito.

No **Bloco 3 – quanto ao Processo de Aprendizagem**, foi indagado aos estudantes: “Quais as suas maiores dificuldades em aprender o objeto matemático Função Exponencial?”. A partir das respostas dos entrevistados para essa pergunta podemos

verificar quais as principais dificuldades deles dentro dos registros de representação semiótica estudada por DUVAL (1999).

Figura 11 - Resposta do Estudante A

Foi de mover o objeto, tive algumas dificuldades em relação a travamentos e as funções que as cores tinha, fiquei meio confusa no começo, mas depois consegui entender de boas.

Fonte: Ferramenta Digital Google Forms.

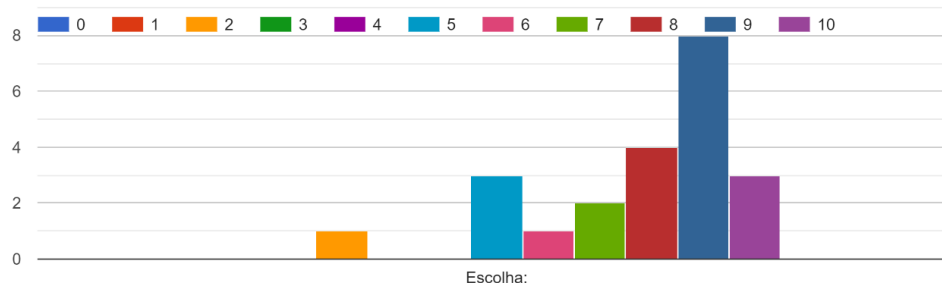
Diante da resposta do estudante A, podemos averiguar que além dos entraves ocorridos quanto a manipulação do modelo, ele avalia sua maior dificuldade relacionada ao registro figural, uma vez que inicialmente não compreendia as funções das cores das faces do cubo depois de montá-las. Entretanto podemos observar que esse estudante também apresentou dificuldade no registro língua materna visto que na tarefa entregue ao estudante continha as instruções necessárias para a realização da atividade.

Com o intuito de verificar a utilidade do modelo “Cubo Mágico da Função Exponencial” construído no *software* GeoGebra frente a avaliação dos estudantes que realizaram as manipulações, foi indagado no **Bloco 4 – quanto Avaliação Quantitativa**, o seguinte: “**Em uma escala de 0 a 10 (0 para péssimo e 10 para Excepcional), como você avalia o modelo Cubo Mágico da Função Exponencial no *software* GeoGebra?**”.

O **Gráfico 2** nos mostra a avaliação dos estudantes de forma geral quanto a avaliação quantitativa do modelo. Pela análise desse gráfico podemos notar que a maioria dos sujeitos avaliaram com nota 9, tendo ainda uma média entre 6 e 8, além de uma minoria ter avaliado com nota 2. Ainda assim, obteve-se também avaliação com nota 10.

Gráfico 2 – Gráfico correspondente a pergunta 12 realizada no questionário

12) Em uma escala de 0 a 10 (0 para péssimo e 10 para Excepcional), como você avalia o modelo “Cubo Mágico da Função Exponencial” no software GeoGebra?



Fonte: Ferramenta Digital *Google Forms*.

Considerações finais

Diante do que foi exposto no presente trabalho, deve-se levar em consideração a primordial necessidade que a escola possui de incorporar as tecnologias digitais no processo educativo haja vista a sociedade atual a qual estamos inseridos. Por isso, as instituições de ensino em geral devem utilizar de sua liberdade na elaboração do projeto pedagógico com o objetivo de efetivar o uso da citada ferramenta em prol de desígnios unicamente didáticos. Entretanto, antes dessas metas serem traçadas é imprescindível que haja uma inclusão digital na escola, e isso só ocorrerá mediante a disponibilização de computadores, bem como a de um laboratório de informática com uma infraestrutura adequada, o qual suporte confortavelmente as turmas de estudantes.

Ademais, o professor de Matemática precisa transformar o meio escolar num ambiente de experimentação, onde o discente é convidado a construir com autonomia e motivação o seu conhecimento. E ainda vale salientar que o alicerce das tecnologias digitais com outras metodologias alternativas de ensino pode fazer a disciplina de Matemática ser estudada com muito mais gosto pelos discentes.

Ressalta-se ainda o quanto se mostra importante e enriquecedor a utilização de tecnologias digitais no ensino quando atrelado a teorias da Didática da Matemática, como por exemplo, as teorias alicerçadas no presente trabalho, a Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) e a Teoria da Instrumentação. Enquanto a Teoria dos Registros de Representação Semiótica está atrelada diretamente com os objetos matemáticos, nesse caso com a Função Exponencial e a Progressão Geométrica, bem como ancorada com a Teoria da Instrumentação, essa por sua vez está diretamente relacionada com metodologia de ensino para uma abordagem mais ativa perante o estudante.

Dessa forma, utilizando das teorias TRRS e Teoria da Instrumentação, por exemplo, o docente consegue visualizar de modo mais objetivo quanto ao processo de ensino e de aprendizagem dos estudantes, bem como consegue também autoavaliar-se no que tange as suas metodologias de ensino, com o intuito de estar sempre buscando melhorar a sua forma de ensinar e ampliar cada vez mais seu conhecimento acerca de possibilidades de ensino dentro de sala de aula.

Referências

BITTAR, M. A abordagem instrumental para o estudo da integração da tecnologia na prática pedagógica do professor de matemática. Editora UFPR, Curitiba, 2011.

DUVAL, R. Semiosis y pensamiento humano: Registros semióticos y aprendizajes intelectuales. Cali: Universidad del Valle, 1999.

RABARDEL, P. Éléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. In: BAILLEUL, M. (Ed.). Actes de la Xème Ecole d'Été en Didactiques des Mathématiques. Houlgate: IUFM de Caen, 1999. p. 95; 202-213.

TSUJI, N. Um estudo do processo de gênese instrumental vivenciados por alunos do 9º ano do ensino fundamental. XX EBRAPEM. Curitiba – PR, 2016.