

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO NA EDUCAÇÃO BÁSICA

VANESSA BAYERL CESANA

**ENSINO E APRENDIZAGEM DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS ENVOLVENDO
TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO: análise de
atividades com alunos do Ensino Médio**

SÃO MATEUS - ES

2023

VANESSA BAYERL CESANA

**ENSINO E APRENDIZAGEM DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS ENVOLVENDO
TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO: análise de
atividades com alunos do Ensino Médio**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica (PPGEEB) do Centro Universitário Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino na Educação Básica.

Orientador: Prof. Dr. Valdinei Cezar Cardoso.

SÃO MATEUS - ES

2023

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SÍBI/UFES e elaborada pelo autor

C421e Cesana, Vanessa Bayerl, 1985-
Ensino e aprendizagem de funções exponenciais envolvendo Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação: : análise de atividades com alunos do Ensino Médio / Vanessa Bayerl Cesana. - 2023.
155 f. : il.

Orientador: Dr. Valdinei Cezar Cardoso.
Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. Educação Matemática. 2. Ensino Médio. 3. Matemática (Ensino Médio). 4. Professores de ensino médio. 5. Metodologia de ensino. I. Cardoso, Dr. Valdinei Cezar. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. III. Título.

CDU: 37

VANESSA BAYERL CESANA

**ENSINO E APRENDIZAGEM DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS
ENVOLVENDO TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E
COMUNICAÇÃO: análise de atividades com alunos do Ensino
Médio**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino na Educação Básica.

Aprovada em 18 de julho de 2023.

COMISSÃO EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
VALDINEI CEZAR CARDOSO
Data: 20/07/2023 21:55:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof(a). Dr(a). Valdinei Cezar Cardoso
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador(a)



Documento assinado digitalmente
LUCIO SOUZA FASSARELLA
Data: 20/07/2023 10:08:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof(a). Dr(a). Lúcio Souza Fassarella
Universidade Federal do Espírito Santo



Documento assinado digitalmente
MICHELE CARVALHO DE BARROS
Data: 19/07/2023 14:57:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof(a). Dr(a). Michele Carvalho de
Barros**
**Universidade Tecnológica Federal do
Paraná UTFPR**

Dedico este trabalho ao meu bem maior: minha família. Especialmente aos meus filhos, Ricardo e Clara, por eles busco minha melhor versão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me conduzido nessa caminhada, dando-me força e sabedoria.

À minha família, que sempre foi minha base e minha rede de apoio para seguir com meus objetivos e, agora, conseguir alcançar mais um degrau na minha trajetória acadêmica. A meu esposo, Wanderson, pelo companheirismo e paciência. A meus pais, Terezinha e Deodoro, por todo apoio e amparo. À minha irmã, Andressa, por me fazer acreditar no meu potencial.

Ao meu orientador, Prof.º Dr. Valdinei Cezar Cardoso, por acreditar no meu projeto e por dedicar seu tempo para direcionar este trabalho até sua conclusão. Muito obrigada!

Ao Prof.º Dr. Lucio Fassarella e à Prof.ª Dra. Michele Carvalho de Barros pelas considerações atentas e detalhadas do meu trabalho na pré-qualificação e na qualificação, que contribuíram para o aperfeiçoamento da pesquisa e por terem aceitado, mais uma vez, participar da minha banca de defesa da dissertação.

Aos professores do PPGEB, pela dedicação nas aulas, possibilitando meu aprimoramento intelectual e pessoal, fazendo-me abrir novas janelas de conhecimento.

Às minhas amigas do mestrado, Deyse, Dhangeli, Franciely e Ivany, pelos aprendizados compartilhados nas disciplinas que estudamos juntas e pelo apoio nos momentos de alegrias e de dificuldades. Elas deixaram o caminho mais suave!

À Elisângela, Jussanã e Leydiane e ao Filipe, por compartilharem seus conhecimentos. Nossas conversas foram essenciais para as minhas investigações.

Aos alunos que aceitaram participar desta pesquisa.

À escola que permitiu desenvolver a pesquisa, dando o suporte necessário durante todo o processo.

Ao Governo e à Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo, por conceder benefícios aos professores efetivos da rede por meio do programa Pró-Docência Stricto Sensu.

E agradeço a todos que, de algum modo, contribuíram para concretização deste trabalho.

(...) se, na verdade, não estou no mundo para simplesmente a ele me adaptar, mas para transformá-lo; se não é possível mudá-lo sem um certo sonho ou projeto de mundo, devo usar toda possibilidade que tenha para não apenas falar de minha utopia, mas participar de práticas com ela coerentes.

Paulo Freire

RESUMO

As tecnologias digitais têm presença constante em nossa sociedade, marcando seu desenvolvimento à medida que apresentam inovações, ampliam os acessos às informações e proporcionam diversificados modos de comunicação, permitindo que surjam novos métodos para os processos de ensino e de aprendizagem. Esta pesquisa foi desenvolvida buscando analisar possíveis contribuições da utilização de TDIC, nos processos de ensino e de aprendizagem das funções exponenciais em uma turma da 2ª série do Ensino Médio. Fundamentados nos contextos de utilização das tecnologias na Educação Matemática com as fases desenvolvidas por Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014) e Borba, Souto e Junior (2022), na Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia de Mayer (2009) para avaliação de multimídias direcionadas para o ensino, e, nos documentos oficiais da educação do estado do Espírito Santo, criamos e aplicamos um Plano de Atividades que utiliza multimídias e o *software* GeoGebra para trabalhar o conteúdo das Funções Exponenciais. A metodologia utilizada é de abordagem qualitativa e exploratória, com os dados coletados por meio de diário de bordo, resolução de atividades e questionário. As análises dos dados seguiram um caminho metodológico construído com base no processo sequencial de atividades descritos por Gil (2002) e em algumas técnicas da Análise de Conteúdo de Bardin (2021). Construímos quatro categorias: As multimídias em sala de aula, Funcionalidades do GeoGebra, Transformações gráficas e Uso da linguagem matemática. As análises categoriais mostraram que as TDIC, utilizadas no Plano de Atividades, contribuíram para facilitar os processos de ensino e de aprendizagem do conteúdo e para que os alunos pudessem perceber as principais relações que se estabelecem entre as leis das funções e seu gráfico, por meio das transformações entre os seus registros, utilizando o GeoGebra.

Palavras-chave: TDIC. TCAM. Educação Matemática. Categorização.

ABSTRACT

Digital technologies have a constant presence in our society, marking its development as they introduce innovations, expand access to information and provide diversified modes of communication, allowing new methods to emerge for teaching and learning processes. This research was developed seeking to analyze possible contributions of the use of TDIC, in the teaching and learning processes of exponential functions in a class of the 2nd grade of high school. Based on the contexts of use of technologies in Mathematics Education with the phases developed by Borba, Scucuglia and Gadanidis (2014) and Borba, Souto and Junior (2022), in Mayer's Cognitive Theory of Multimedia Learning (2009) for the evaluation of multimedia aimed at teaching, and, in the official education documents of the state of Espírito Santo, we created and applied an Activities Plan that uses multimedia and GeoGebra software to work on the content of Exponential Functions. The methodology used is a qualitative and exploratory approach, with data collected through a logbook, resolution of activities and a questionnaire. Data analyzes followed a methodological path built based on the sequential process of activities described by Gil (2002) and some Content Analysis techniques by Bardin (2021). We built four categories: Multimedia in the classroom, GeoGebra Functionalities, Graphic Transformations and Use of Mathematical Language. The categorical analyzes showed that the TDIC, used in the Activity Plan, contributed to facilitate the teaching and learning processes of the content and so that the students could perceive the main relationships that are established between the laws of the functions and their graph, through transformations between its records, using GeoGebra.

Keywords: TDIC. TCAM. Mathematics Education. Categorization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Cena da videoaula com destaque na definição	49
Figura 2 - Cena da videoaula com construção do gráfico	49
Figura 3 - Cenas da videoaula com telas alternadas	50
Figura 4 - <i>Slide</i> com definição de função exponencial.....	53
Figura 5 - Gráfico exponencial de crescimento vegetativo	54
Figura 6 - Slide com variações da curva exponencial	54
Figura 7 - Slides com excesso de informações.....	55
Figura 8 - Esboço dos gráficos da função exponencial crescente e decrescente.....	65
Figura 9 - Instruções de véspera da pesquisa	76
Figura 10 – <i>QR code</i> para a videoaula – função exponencial	77
Figura 11 - Nuvem de palavras	79
Figura 12 - Lembrete para TDIC	81
Figura 13 - Orientações para questionário.....	83
Figura 14 - Respostas relacionadas à videoaula	85
Figura 15 - Respostas relacionadas à apresentação de <i>slides</i>	86
Figura 16 - <i>Slides</i> com gráficos de funções exponenciais	86
Figura 17 - Respostas sobre as facilidades e as dificuldades no GeoGebra	88
Figura 18 - Interface do GeoGebra com teclado numérico	89
Figura 19 - Interface do GeoGebra com teclado alfabético.....	89
Figura 20 - Respostas sobre as contribuições do GeoGebra	90
Figura 21 - Construção do item a na atividade 1	91
Figura 22 - Construção do item b na atividade 1.....	92
Figura 23 - Resolução da atividade 1 pelo aluno B.....	93
Figura 24 - Resolução da atividade 1 pelo aluno K.....	94
Figura 25 - Gráficos da Atividade 2 com variações de c.....	95
Figura 26 - Resposta do aluno A à Atividade 2.....	97
Figura 27 - Gráficos dos itens c e d da atividade 2	98
Figura 28 - Resposta do aluno E ao item e da Atividade 2	99
Figura 29 - Gráfico com ilustração das interpretações	99
Figura 30 - Gráficos da Atividade 3 com variações de b	101
Figura 31 - Gráficos dos itens c e d da atividade 3	102
Figura 32 - Resposta do aluno H para Atividade 2	103

Figura 33 - Resposta do aluno H à atividade 2.....	106
Figura 34 - Resposta do aluno F à atividade 3	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Associação entre habilidade e competência específica	60
Quadro 2 - Competências e habilidades para as Funções Exponenciais	73
Quadro 3 - Respostas ao item a da Atividade 2.....	96
Quadro 4 - Respostas dos alunos à Atividade 4	104

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Revisão da função exponencial a partir da videoaula.....	78
Fotografia 2 - Observações sobre as funções do tipo exponencial.....	80
Fotografia 3 – Resoluções com <i>smartphone</i>	82
Fotografia 4 – Resoluções com <i>Chromebook</i>	82

LISTA DE SIGLAS

AC	Análise de Conteúdo
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CETIC	Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação
CEUNES	Centro Universitário Norte do Espírito Santo
OMS	Organização Mundial da Saúde
PNE	Plano Nacional de Educação
PPGEEB	Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica
TCAM	Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia
TD	Tecnologia Digital
TDIC	Tecnologia Digital de Comunicação e Informação
TI	Tecnologia da Informática
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	24
2.1	O USO DO <i>WHATSAPP</i> NAS PESQUISAS EDUCACIONAIS	24
2.2	AS FUNÇÕES EXPONENCIAIS POR MEIO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS	29
3	FUNDAMENTOS TEÓRICOS E DIÁLOGOS ESTABELECIDOS.....	35
3.1	AS TDIC E A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	35
3.1.1	O Vídeo nos Processos de Ensino e de Aprendizagem de Matemática.....	39
3.1.2	As Possibilidades do GeoGebra no Ensino de Matemática.....	42
3.2	TEORIA COGNITIVA DA APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA	44
3.2.1	A videoaula a partir dos princípios da TCAM	47
3.2.2	Os <i>slides</i> a partir dos princípios da TCAM.....	52
3.3	ENSINO DE MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS NOS DOCUMENTOS OFICIAIS DA EDUCAÇÃO	56
3.4	AS FUNÇÕES EXPONENCIAIS	62
3.4.1	Definição de Função Exponencial	62
4	PERCURSO METODOLÓGICO.....	66
5	A PESQUISA	71
5.1	O PLANO DE ATIVIDADES.....	71
5.2	AS ESCOLHAS DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA E DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	75
5.3	DESCRIÇÃO DAS OBSERVAÇÕES DO DIÁRIO DE BORDO.....	76
6	ANÁLISE DOS DADOS	84
6.1	AS MULTIMÍDIAS EM SALA DE AULA	84
6.2	FUNCIONALIDADES DO GEOGEBRA	87
6.3	TRANSFORMAÇÕES GRÁFICAS	90
6.4	USO DA LINGUAGEM MATEMÁTICA	105

7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
	REFERÊNCIAS.....	116
	APÊNDICE	121
	APÊNDICE A – Slides	121
	APÊNDICE B –Atividades.....	130
	APÊNDICE C – Questionário	135
	APÊNDICE D – Parecer Consubstanciado do CEP	137
	APÊNDICE E – Declaração de concordância da instituição coparticipante	142
	APÊNDICE F – Termo de compromisso do pesquisador responsável	143
	APÊNDICE G – Registo de assentimento livre e esclarecido.....	144
	APÊNDICE H – Registo de consentimento livre e esclarecido - alunos menores	147
	APÊNDICE I – Registo de consentimento livre e esclarecido - alunos maiores	151
	APÊNDICE J – Termo de autorização de uso de imagem e som de voz	155

1 INTRODUÇÃO

O tema deste trabalho foi definido a partir de reflexões da minha experiência como professora de Matemática da Educação Básica da rede estadual do Espírito Santo, desde 2006, lecionando para turmas do Ensino Médio, nas quais trabalho com os conteúdos referentes às funções - as polinomiais do primeiro e do segundo graus, exponenciais, logarítmicas e trigonométricas. E, nesse contexto, percebo as dificuldades dos alunos para fazerem as construções manuais dos gráficos das funções e para interpretarem as informações apresentadas. Assim, quando possível, recorro ao uso de *softwares* matemáticos, que além de facilitar esse processo também contribuem atraindo a atenção dos alunos por se tratar de uma proposta diferente utilizando computadores, *smartphones* ou outros recursos tecnológicos.

Para a etapa do Ensino Médio, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)¹, apresentada em Brasil (2018), propõe construir a Matemática numa visão mais integrada, mostrando suas relações com a realidade, considerando o contexto social dos alunos, o mercado de trabalho e o desenvolvimento tecnológico. Diante dessas situações, os recursos tecnológicos digitais, os aplicativos e os *softwares* têm grande importância para o desenvolvimento das aprendizagens matemáticas e para a continuidade do pensamento computacional, iniciado na etapa anterior do Ensino Fundamental.

O documento, Currículo do Espírito Santo, apresenta um currículo mais específico, que considera as especificidades do estado e destaca o papel importante, de colaboração nas aprendizagens, entre a Matemática e as tecnologias para formação global dos alunos. E, utilizando as competências e habilidades a serem desenvolvidas nos alunos da educação básica, da BNCC, propõe, para os conteúdos de funções, que os alunos desenvolvam habilidades para construir os gráficos das funções, analisarem o comportamento deles, compreenderem as funções como relações entre duas variáveis, recorrendo ou não a recursos de tecnologias gráficas (ESPÍRITO SANTO, 2018a).

O Currículo do Espírito Santo, em Espírito Santo (2018b), considera a garantia das aprendizagens essenciais na Educação Básica como uma parte dos desafios enfrentados

¹ A BNCC é um documento que organiza a Educação Básica em todo Brasil, buscando garantir as aprendizagens essenciais aos alunos durante as etapas do Ensino Fundamental e Médio.

nas escolas brasileiras, mas há ainda a dificuldade de garantir a permanência dos alunos nas escolas, principalmente, nas séries finais do Ensino Médio, que apresentam altos índices de evasão e de reprovação, mesmo diante das políticas educacionais desenvolvidas no país.

Consideramos que a utilização de metodologias diferenciadas e que utilizam recursos que são comuns do cotidiano dos alunos, como as Tecnologias Digitais de Comunicação e Informação (TDIC²), colaboram para o desenvolvimento das aprendizagens e para a garantia da permanência até conclusão da Educação Básica, pois trabalham numa perspectiva que caminha junto aos interesses pessoais, do mercado de trabalho e das possibilidades de estudos em níveis superiores (BRASIL, 2018).

Trabalhando de acordo com as propostas dos documentos oficiais, costumo utilizar, para as construções manuais dos gráficos das funções, o papel milimetrado, que facilita o traçado dos gráficos e a sua interpretação, sendo um recurso que facilita as marcações, as medições e os traçados das construções matemáticas na realização das atividades em sala de aula. Mas, para fazer as interpretações gráficas, quando são analisadas as variações dos gráficos no plano cartesiano, ou, quando a análise requer mais precisão, construí-los no papel não é viável, pelo tempo gasto e pelas imprecisões que essas construções podem apresentar. Para isso, de acordo com as possibilidades da escola, recorro à utilização de *softwares* para resolução de atividades, o que costuma atrair a atenção dos alunos, contribuir para as interpretações gráficas e auxiliar no processo de aprendizagem desses conceitos.

Diante da situação apresentada, pretendemos, neste trabalho, investigar os processos de ensino e de aprendizagem das funções exponenciais com uso de TDIC, em uma turma da segunda série do Ensino Médio de uma escola pública.

O conteúdo das funções exponenciais foi escolhido devido a sua grande possibilidade de aplicação em situações reais³, pressupondo uma aprendizagem efetiva que permita aos alunos fazerem análises e interpretações corretas dos dados fornecidos em fórmulas,

² Para esta pesquisa, utilizaremos a definição de TDIC como aquela que envolve “[...] técnicas, instrumentos, métodos que permitem obter, transmitir, reproduzir, transformar ou mudar a informação” (TORTAJADA; PELÁEZ, 1997, apud KENSKI, 2003, p. 53).

³ Podemos citar algumas aplicações das funções exponenciais em situações que envolvem juros compostos, decomposição de Carbono 14 em fósseis, decaimento radioativo, culturas de bactérias, entre outras.

tabelas ou gráficos, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento computacional⁴, como considera a BNCC, e para formação para vida, permitindo acesso às informações com conhecimento científico e com criticidade.

As atividades propostas sobre as funções exponenciais estão direcionadas num Plano de Atividades, apresentado na Seção 5.1. Este Plano foi criado com base em competências e habilidades da BNCC, relacionadas ao conteúdo de Função Exponencial, e apresenta os conteúdos contemplados, os objetivos, os materiais necessários e o tempo estimado para a realização das quatro etapas, inclusive uma descrição detalhada para o desenvolvimento de cada uma. O Plano de Atividades visa orientar e guiar o professor no processo de ensino e de aprendizagem para o desenvolvimento das etapas e das atividades que são propostas nele.

As atividades propostas no Plano de Atividades objetivam perceber as relações entre os coeficientes da função e seu gráfico com auxílio do *software* GeoGebra e, para isso, foram organizadas em quatro grupos, sendo: a Atividade 1: *Percebendo as características básicas do gráfico no plano cartesiano*; a Atividade 2: *E se eu somar uma constante à potência da função exponencial?*; Atividade 3: *E se eu multiplicar a potência por um número real b ?* e a Atividade 4: *Faça comparações!*

As resoluções dessas atividades devem obedecer à ordem em que são apresentadas e, para fazer as construções gráficas, escolhemos usar o GeoGebra, por ser um *software* gratuito e de fácil acesso, podendo ser utilizado *online* em computadores ou *Chromebooks* ou por meio do aplicativo em *smartphones*, além de possuir diversas ferramentas que possibilitam as transformações dos objetos matemáticos, em especial para as funções matemáticas.

Para que os alunos consigam fazer as transformações dos objetos matemáticos, entre leis e gráficos das funções, os recursos das TDIC são grandes aliados. Apoiados nas ideias de Kenski (2003, p. 55), concordamos que

As atuais tecnologias digitais de comunicação e informação nos orientam para novas aprendizagens. Aprendizagens que se apresentam como

⁴ A BNCC caracteriza o pensamento computacional como aquele que “[...] envolve as capacidades de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos” (BRASIL, 2018, p. 474).

construções criativas, fluidas, mutáveis, que contribuem para que as pessoas e a sociedade possam vivenciar pensamentos, comportamentos e ações criativas e inovadoras, que as encaminhem para novos avanços socialmente válidos no atual estágio de desenvolvimento da humanidade.

Temos que considerar que nem sempre é possível utilizar essas tecnologias no ambiente escolar, seja por não ter equipamentos disponíveis para os alunos seja pelas dificuldades do professor em preparar aulas com uso das tecnologias, pois demandam mais tempo para o seu planejamento, além de conhecimentos básicos de utilização dos *softwares* e dos aplicativos.

Os professores que não tiveram sua formação docente inicial direcionada para o uso das tecnologias nos processos de ensino e de aprendizagem, normalmente, necessitam de formações continuadas, cursos extras ou empenho pessoal para desenvolverem habilidades que explorem e evidenciem a relação das tecnologias com os processos educacionais. Com efeito, concordamos com Carvalho, Kruger e Bastos (apud RAMOS, 2012, p. 8) quando afirmam que

A educação em suas relações com a Tecnologia pressupõe uma rediscussão de seus fundamentos em termos de desenvolvimento curricular e formação de professores, assim como a exploração de novas formas de incrementar o processo ensino-aprendizagem.

Entendamos que inserir as tecnologias de forma a trazer um contexto educacional diferente, não apenas sendo utilizadas como um acessório que acaba por funcionar como uma extensão do livro ou do quadro, mas que permitam o desenvolvimento de um pensamento matemático mais crítico, depende também de mudanças curriculares, além de formação para professores e de equipamentos disponibilizados nas escolas.

No Plano de Atividades, além das atividades com as funções exponenciais no GeoGebra, utilizamos uma videoaula que apresenta a definição, as restrições e a construção do gráfico da função exponencial e uma apresentação de *slides* (APÊNDICE A – *Slides*) com definição, exemplos contextualizados e gráficos das funções do tipo exponencial. A construção dos *slides* e a escolha da videoaula levaram em consideração os princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, de Richard Mayer, considerando que o uso de imagens e palavras juntas fornecem uma aprendizagem mais efetiva dos conceitos.

Durante os estudos iniciais no mestrado, surgiu a possibilidade de acrescentar, à nossa proposta de trabalho, o aplicativo *WhatsApp*, a partir de estudos a respeito do seu uso nas

pesquisas sobre ensino de Matemática. Esse aplicativo permite o envio e o recebimento de mensagens de texto, documentos, fotos e vídeos, disponibilização de localização e a realização de chamadas. Outro recurso é a formação de grupos de pessoas para interação simultânea em que se aplicam todas as permissões descritas anteriormente. Diante dessas possibilidades, o aplicativo terá importância para esta pesquisa, pois poderá proporcionar um ambiente de interação entre os alunos e a professora, uma vez que todos os alunos da turma na qual a pesquisa será desenvolvida possuem um *smartphone*.

Pela versatilidade na utilização e a sua popularização diante da acessibilidade da *Internet* e dos *smartphones*, dispositivo móvel onde o aplicativo *WhatsApp* pode ser utilizado, podemos determinar possibilidades de seu uso no processo educacional, que, nesta pesquisa, será como meio para troca de informações e materiais a serem usados durante a investigação entre a professora e os alunos.

De acordo com o Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação, CETIC (2020), 83% dos alunos de escolas em área urbana usavam a *Internet*, 98% através de dispositivo móvel; e o uso do aplicativo *WhatsApp* para a realização de atividades escolares passou de 6%, em 2014, para 61%, em 2019. Não levantamos aqui as situações relacionadas às escolas de áreas não urbanas e a qualidade do acesso à *Internet*, sem desconsiderar a importância dessas informações.

Analisando as vantagens e as possibilidades do uso de tecnologias nas aulas de Matemática para o trabalho com gráficos de funções, propomos nesta pesquisa utilizar multimídias e o *software* GeoGebra valendo-nos da ferramenta de comunicação, o *WhatsApp*, a fim de analisar os processos de ensino e de aprendizagem das funções exponenciais em uma turma da 2ª série do Ensino Médio.

Planejamos, após a aplicação do Plano de Atividades proposto nesta pesquisa, compreender se ocorreram contribuições para o ensino e para a aprendizagem do conceito de funções exponenciais, a partir das análises dos comportamentos de seus gráficos com as mudanças de seus respectivos coeficientes. Gil (2002, p. 42) afirma que as pesquisas exploratórias são “[...] as que habitualmente realizam os pesquisadores sociais preocupados com a atuação prática [...]”. Assim, esta pesquisa fez as análises qualitativas dos resultados, com base na exploração dos dados, que envolvem levantamento

bibliográfico, aplicação de questionário (APÊNDICE C – Questionário) e resolução de atividades.

Para tanto, determinamos a questão que guiará esta investigação e para a qual buscamos respostas: **Como as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação contribuem para os processos de ensino e de aprendizagem das funções exponenciais em uma turma da 2ª série do Ensino Médio, com foco nas relações estabelecidas entre os coeficientes e os gráficos das funções?**

Para atender a tal questão traçamos os seguintes objetivos:

OBJETIVO GERAL:

- Analisar possíveis contribuições da utilização de TDIC, nos processos de ensino e de aprendizagem das funções exponenciais, em uma turma da 2ª série do Ensino Médio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Indicar as potencialidades e as fragilidades do uso de multimídias e do GeoGebra nos processos de ensino e de aprendizagem das funções exponenciais, a partir da aplicação do Plano de Atividades;
- Inferir sobre as aprendizagens dos alunos na resolução das atividades propostas no Plano quanto às relações entre os gráficos e os coeficientes das funções exponenciais;
- Confrontar as observações da aplicação da pesquisa, as respostas do questionário e as interações do ambiente criado no aplicativo *WhatsApp* com os resultados encontrados com a aplicação do Plano de Atividades.

A importância desta pesquisa se justifica por apresentar uma proposta de utilização de TDIC para o processo de ensino e de aprendizagem que permite explicar como os recursos aqui utilizados possibilitam a construção do conhecimento matemático, mostrando, como na ideia de Borba, Souto e Junior (2022), que as tecnologias permitem que os alunos desenvolvam um papel de protagonista para o processo de aprendizagem.

Este trabalho está estruturado em sete capítulos. Após este da introdução, o capítulo 2 – Revisão de Literatura – apresenta as duas revisões de literatura realizadas para esta

pesquisa. A primeira com o foco no uso do WhatsApp e a outra sobre o ensino de função exponencial com o uso de tecnologias. Em ambas, realizamos um levantamento de trabalhos já publicados a partir dos objetivos de identificar como cada tema estava sendo tratado nos trabalhos acadêmicos. Identificar pesquisas que se assemelham com nosso tema e com nosso problema de pesquisa teve grande importância, pois contribuiu no direcionamento das teorias e das metodologias adotadas que apoiam nossas investigações.

O capítulo 3 – Fundamentos Teóricos – traz as teorias estudadas e que deram embasamento a toda investigação. Discutimos sobre as relações das TDIC e sobre a Educação Matemática, apresentando as cinco fases de utilização das tecnologias na Educação Matemática, a partir dos estudos de Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014) e Borba, Souto e Junior (2022); abordamos também como os vídeos e o software GeoGebra podem contribuir para o processo de ensino e de aprendizagem de Matemática. Esse capítulo apresenta a TCAM de Mayer (2009) e analisa as multimídias utilizadas nas investigações, a partir dos seus princípios, e discute como o Ensino de Matemática e o uso de tecnologias são tratados nos documentos oficiais da educação no Espírito Santo: a BNCC e o Currículo do Espírito Santo. E finaliza com a demonstração de uma definição das funções exponenciais.

No capítulo 4 – Percurso Metodológico –, apresentamos os métodos e os caminhos seguidos nas investigações desta pesquisa. Caracterizamos a pesquisa a partir de seus objetivos e descrevemos as técnicas e os instrumentos para a coleta de dados, com base nas ideias de Flick (2009), Gil (2002) e Fiorentini e Lorenzato (2009), Bogdan e Biklen (1994) e Castro, Ferreira e Gonzalez (2013). E construímos o método para a análise dos resultados embasados no processo sequencial de atividade de Gil (2002) e em algumas técnicas da Análise de Conteúdo de Bardin (2021).

O capítulo 5 – A Pesquisa – descreve todo o processo de desenvolvimento da pesquisa, apresenta o Plano de Atividades e a turma participante da pesquisa e traz as descrições das observações de cada etapa do Plano a partir do diário de bordo.

No capítulo 6 – Análise dos Resultados –, discutimos os resultados da pesquisa dentro de quatro categorias: As multimídias em sala de aula; Funcionalidades do GeoGebra; Transformações gráficas e Uso da linguagem matemática.

No sétimo e último capítulo – Considerações Finais –, buscamos responder à questão problema dessa investigação, destacando a relevância do referencial teórico e metodológico para os resultados encontrados. E ponderamos algumas considerações de dados da pesquisa que ainda não haviam sido discutidos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo está dividido em duas seções que surgiram da necessidade da pesquisa. Inicialmente, pensamos numa pesquisa com foco nas contribuições que o aplicativo *WhatsApp* teria para os processos de ensino e de aprendizagem em Matemática com uso de TDIC, fizemos então uma primeira revisão, buscando trabalhos que trouxessem interações discursivas em Matemática pelo *WhatsApp*, apresentada na Seção 2.1. Nos resultados encontrados não tivemos pesquisas que abordassem outros aspectos da nossa investigação, como as funções exponenciais, as multimídias e os softwares de construção gráfica, assim não foi possível ter uma visão amplificada dentro da questão de investigação e dos objetivos propostos para esta pesquisa. Para tanto, fizemos novas buscas no *Google Acadêmico* e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), identificando trabalhos que tratam do ensino e da aprendizagem de funções exponenciais com uso de tecnologias digitais, e essa revisão está apresentada na Seção 2.2.

2.1 O USO DO *WHATSAPP* NAS PESQUISAS EDUCACIONAIS

Para a construção desta revisão de literatura, foram considerados artigos científicos publicados em periódicos, dissertações e teses, publicados entre os anos de 2019 e 2020. A pesquisa foi realizada no *Google Acadêmico* e utilizamos para a busca o termo: “interações discursivas em Matemática pelo *WhatsApp*”, buscando identificar como os diálogos formados a partir das interações no aplicativo *WhatsApp* podem contribuir com os processos de ensino e de aprendizagem. Delimitamos a revisão nesse período com vistas a analisar contextos mais recentes do uso do *WhatsApp* e sem relações com o período pandêmico.

Foram encontrados 1630 resultados e, a partir da leitura dos títulos, selecionamos aqueles que apresentaram palavras ou termos relacionados com *WhatsApp*, tecnologias digitais ou ensino de Matemática, restando 56 trabalhos. Com a leitura dos resumos, destacamos sete trabalhos que desenvolveram as pesquisas com alunos da Educação Básica e utilizando o aplicativo *WhatsApp*.

Dentre esses trabalhos, identificamos quatro dissertações: do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Sergipe (PEREIRA, 2019), do Programa de

Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional, da Universidade Federal da Fronteira Sul (BELLOTTO, 2019), do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Matemática da Universidade Federal de Pelotas (CAMARGO, 2020) e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (MONTENEGRO, 2020) e três artigos publicados em revistas científicas: na ENCITEC - Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista (OLIVEIRA; AMARAL, 2020), na Relacult – Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade (BRUM; PEREIRA, 2019) e na Revista Científica da FAMINAS (SANTOS; STAHL, 2020).

Nesses trabalhos, percebemos as possibilidades de uso e as contribuições que as tecnologias digitais podem trazer para os processos de ensino e de aprendizagem, com enfoque para a utilização dos *smartphones* com o aplicativo *WhatsApp*, em contextos educacionais, voltados à interação entre professores e alunos. Notamos que os grupos formados no aplicativo criam um ambiente virtual que possibilita a troca de informações tanto no espaço escolar, quanto fora dele. O *WhatsApp* foi utilizado pelos professores, para manter o diálogo com os alunos, tirando dúvidas em relação aos conceitos estudados ou às atividades a serem realizadas (BRUM; PEREIRA, 2019; OLIVEIRA; AMARAL, 2020; PEREIRA, 2019; CAMARGO; 2020); para disponibilizar materiais para estudos e receber atividades realizadas pelos alunos (BRUM; PEREIRA, 2019; PEREIRA, 2019; BELLOTTO, 2019; MONTENEGRO, 2020); para momentos de discussões e tomadas de decisões no desenvolvimento das atividades (BRUM; PEREIRA, 2019; PEREIRA, 2019; CAMARGO, 2020; MONTENEGRO, 2020) e para análise dos resultados e conclusões das pesquisas (CAMARGO, 2020; SANTOS; STAHL, 2020).

Os grupos formados no aplicativo *WhatsApp* possibilitaram aos professores um ambiente virtual com o contato direto entre professor e estudantes e estes entre si, facilitando as interações na escola ou fora dela, como no trabalho de Brum e Pereira (2019) que propõe estratégias para inserção de diversas tecnologias digitais nas aulas de Matemática para produção de histórias matemáticas, com o uso de *smartphones*, do *software* GeoGebra, do *WhatsApp* e do *Facebook*. No desenvolvimento, um grupo de *WhatsApp* foi utilizado para interação das pesquisadoras com os alunos e para a disponibilização de materiais a serem utilizados nas aulas, e essas interações favoreceram a aprendizagem colaborativa.

Para responder à questão “Mas, e os alunos, o que eles pensam do uso de aplicativos em sala de aula?”, Oliveira e Amaral (2020) investigaram um grupo com 29 alunos de uma

turma do 9º ano do Ensino Fundamental dos Anos Finais, de uma escola municipal de São Paulo, realizando atividades que utilizaram aplicativos diversos em *smartphones* nas aulas de Matemática, *Socrative*, *Lensoo Create*, Criador de Painel em Quadrinhos, *Stripcreator* e *WhatsApp*, este permitiu o “[...] esclarecimento de dúvidas em período fora do horário de aula [...]” (OLIVEIRA; AMARAL, 2020, p. 43).

Pereira (2019) investigou as possibilidades de uso dos *smartphones* com acesso à *Internet* nos diferentes *espaçostempos*⁵ do cotidiano escolar para a busca da aprendizagem, a partir do desenvolvimento de um projeto na disciplina de Iniciação Científica, intitulado “Meu celular, sem você eu não consigo nem respirar”. O aplicativo *WhatsApp* foi utilizado para a criação de um grupo em que o professor/pesquisador e os alunos trocavam informações sobre os trabalhos que estavam sendo desenvolvidos, bem como para as discussões que levaram à escolha dos possíveis aplicativos que seriam usados na criação de *memes*, *gifs* e *audiocast* propostos no projeto.

Constatamos que os grupos de *WhatsApp* se tornaram uma extensão da sala de aula, possibilitando aos alunos o esclarecimento de dúvidas e um ambiente para conversas sobre as vivências que aconteciam durante a realização das atividades, como no trabalho de Camargo (2020), que, a partir de uma investigação qualitativa, do tipo pesquisa-ação, organizou um curso básico de fotografia, chamado: “Fotomatizando, uma jornada fotográfica pela Matemática”, cujo objetivo era analisar como alunos relacionam os conceitos matemáticos de proporcionalidade, simetria, ângulos e perspectivas a partir de técnicas de fotografia.

Os trabalhos aqui revisados também apontaram o uso do *WhatsApp* para o compartilhamento e a publicação das produções realizadas nas pesquisas. Vemos em Pereira (2019, p. 44) que: “[...] os *memes* produzidos pelos alunos foram publicados e compartilhados no *Instagram* e pelo *WhatsApp*”.

A dissertação de Bellotto (2019) busca compreender como se desenvolve o processo de autonomia dos alunos, a partir da personalização do ensino e dos estudos de conteúdos de Matemática. A autora utiliza as metodologias ativas para o planejamento e a execução de atividades, propostas em sequências didáticas, utilizando recursos tecnológicos. Os

⁵ Pereira (2019) utiliza termos unidos formando uma só palavra e em itálico em sua dissertação baseados na compreensão de Alves (2013).

mapas mentais, produto de uma das atividades, eram encaminhados ao professor por *WhatsApp*, *e-mail* ou *Instagram*.

Montenegro (2020) investigou as repercussões das interações que ocorrem no ambiente de Modelagem Matemática na aprendizagem a partir de um sistema de atividades que culminaram numa Performance Matemática Digital. A pesquisa desenvolveu-se em três etapas, em que cada grupo de alunos escolhia um tema para a investigação, produzia um texto, organizava a produção da Performance Matemática Digital e enviava para a professora. “Nessa etapa [a terceira], os grupos deveriam realizar a gravação em áudio e vídeo de suas produções. Essas gravações foram editadas e passadas para a professora via *WhatsApp*, *e-mail* ou por *pen drive* [...]” (MONTENEGRO, 2020, p. 54).

Os diálogos construídos nos grupos de *WhatsApp* contribuíram para as análises de resultados e as conclusões das pesquisas, como em Camargo (2020, p. 60)

Como instrumentos de coleta, considerei [...] conversas no grupo de *WhatsApp* (que foi criado para postar as atividades propostas e esclarecer dúvidas), os quais me possibilitaram captar todos os detalhes necessários a uma análise microgenética dos dados [...].

Santos e Stahl (2020, p. 95) discutem o seguinte problema: “Como os educandos podem construir conhecimentos em ciências biológicas por meio de interações colaborativas, utilizando o *WhatsApp* como ferramenta pedagógica? ”. Para isso, foi feita uma análise das conversas entre alunos em ambiente virtual, nos grupos de *WhatsApp*, sobre um problema referente à disciplina. “A coleta e análise de dados se deram à luz da abordagem qualitativa, por meio da apreciação documental dos registros escritos obtidos nas discussões [...]” (SANTOS; STAHL, 2020, p. 96).

Analisando os resultados e as conclusões dos trabalhos destacados nessa revisão de literatura, percebemos que a utilização do aplicativo *WhatsApp* favoreceu os processos de ensino e de aprendizagem, pois possibilitou um contato mais próximo entre os professores e os alunos, inclusive fora do ambiente escolar. Foi possível tirar dúvidas, conversar com os colegas sobre as atividades que estavam sendo desenvolvidas nos projetos e compartilhar os materiais produzidos. Os pesquisadores consideraram que, nesses trabalhos, o uso de tecnologias estimulou os alunos na participação dos projetos e na realização das atividades e que os grupos de *WhatsApp* possibilitaram ambientes de aprendizagem colaborativa, como na pesquisa de Brum e Pereira (2019).

Oliveira e Amaral (2020) concluíram que os alunos consideram que o uso dos aplicativos deve contribuir para atrair a atenção durante as aulas, motivar e estimular o compromisso com os estudos em Matemática.

Pereira (2019) destacou que a imersão dos alunos no desenvolvimento das atividades propostas no cotidiano escolar e o uso dos *smartphones* proporcionaram a troca de experiências entre os alunos, por meio de mensagens e compartilhamento de aplicativos nas atividades do projeto, além de contribuírem para a edificação das relações sociais e das rotinas escolares.

Outro ponto de destaque com o uso do *WhatsApp* está nas relações estabelecidas entre professores e alunos que se mantiveram ao fim das pesquisas e refletiram nos momentos em sala de aula seguintes.

As relações estabelecidas entre os alunos do curso Fotomatizando se conservaram por meio do grupo de *WhatsApp* que se manteve ativo, apesar do seu objetivo inicial ser para a realização da pesquisa proposta por Camargo (2020), inclusive com envio de fotos tiradas, aplicando os conhecimentos adquiridos no curso. Nas conclusões, Santos e Stahl (2020) destacaram que as relações estabelecidas com as interações no grupo do *WhatsApp* contribuíram para intensificar a participação dos estudantes nas aulas presenciais, manifestando opiniões, defendendo pontos de vista e contribuindo com informações adicionais aos conteúdos estudados. Podemos destacar que, com as análises do projeto, os estudantes produziram diversos significados para a questão proposta no ambiente virtual e algumas interlocuções determinaram um campo mais rico para a análise das ideias emergentes.

Percebemos que os trabalhos se tangenciam na forma como os grupos do *WhatsApp* foram utilizados, com objetivos de permitir um contato mais direto entre os envolvidos nas pesquisas (professores/pesquisadores e alunos) e como repositório de atividades propostas ou já realizadas. Ressaltamos a importância e as contribuições dessas interações para os processos de ensino e de aprendizagem e como a utilização de metodologias baseadas no uso de tecnologias incentivaram a participação dos alunos e possibilitaram novas relações dentro do ambiente escolar.

A partir das pesquisas, identificamos as possibilidades de uso do aplicativo *WhatsApp* nos processos de ensino e de aprendizagem, que nos servirá como base para o uso do

aplicativo no trabalho. Devemos ressaltar que, em algumas pesquisas, outros aplicativos ou outros meios foram disponibilizados para o desenvolvimento dos trabalhos, que não o *WhatsApp*, como o uso de outras redes sociais, o *e-mail* e o *pen drive* poderiam substituí-lo em sua função.

Outro ponto que devemos ter atenção é que, nas conclusões e/ou considerações finais dos trabalhos analisados, o *WhatsApp* não aparece em destaque nos processos de ensino e de aprendizagem; os autores destacam as tecnologias de modo mais amplo e que, apesar de ter sido utilizado em todas as pesquisas, apenas Santos e Stahl (2020) aponta outras possibilidades a serem exploradas no aplicativo *WhatsApp* nas situações educacionais.

Diante do problema de pesquisa proposto para este trabalho e dos outros focos que este trabalho aponta, como o ensino de Função Exponencial e o uso de outras TDIC, realizamos uma segunda revisão de literatura, com objetivo de perceber como o conceito de Função Exponencial é trabalhado, por meio do uso de tecnologias digitais.

2.2 AS FUNÇÕES EXPONENCIAIS POR MEIO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS

Nesta revisão de literatura, buscamos analisar alguns trabalhos acadêmicos já publicados, que possuem relação com o nosso tema de pesquisa: o ensino e a aprendizagem de funções exponenciais com uso de tecnologias digitais, a fim de identificarmos similaridades e diferenças com a nossa investigação, o que pode contribuir para o desenvolvimento da nossa pesquisa.

A partir de buscas nas plataformas do *Google Acadêmico* e da *BDTD*, utilizando como palavras chaves os termos “ensino e aprendizagem de funções exponenciais” e “ensino e aprendizagem de funções exponenciais e as tecnologias digitais”, selecionamos quatro trabalhos. Para a escolha desses trabalhos, inicialmente, foi feita a leitura dos títulos e dos resumos, depois os sumários foram analisados. Por fim, um estudo mais aprofundado dos trabalhos, levando em conta as metodologias, os resultados e as conclusões das pesquisas.

Com um artigo de revisão de literatura, que integra uma pesquisa de doutorado sobre a prática do professor de Matemática e o uso de Tecnologias Digitais no processo de ensino e de aprendizagem, Souza e Costa (2021) buscam identificar como o tema das Funções

Exponenciais e Logarítmicas é abordado dentro das pesquisas acadêmicas nacionais dentro da área de ensino, identificando suas contribuições dentro dessa temática.

A busca da revisão de literatura de Souza e Costa (2021) foi realizada no banco de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e 15 dissertações foram selecionadas. Os autores agruparam os trabalhos em três eixos analíticos que se interligam por tratarem do ensino de Matemática.

O eixo analítico (I) “formação inicial e continuada do professor” analisa cinco trabalhos, dentro dos quais, Souza e Costa (2021) destacam dois que investigaram os conhecimentos de professores de Matemática quanto aos conceitos de função e de utilização de ferramentas para processo de ensino, e quanto às práticas pedagógicas usadas para ensino de logaritmo em sala de aula. Os outros três trabalhos têm ponto de interseção com esta pesquisa, pois investigaram o conhecimento dos professores em relação ao *software* GeoGebra em processos de formação continuada e minicursos.

Nesses trabalhos foi possível concluir que os professores sabem da importância e das vantagens da utilização das tecnologias em sala de aula, mas a falta de habilidade na utilização de *softwares* impacta para a escolha de outras propostas pedagógicas. Souza e Costa (2021) evidenciaram os cinco trabalhos desse eixo por buscarem compreender práticas e tecnologias usadas no ensino de Matemática, em distintos contextos da ação docente.

No eixo analítico (II) “relação professor/aluno”, um trabalho foi classificado e tinha, como objetivo, identificar as contribuições do *software* GeoGebra nos processos de ensino e de aprendizagem das funções matemáticas estudadas no ensino básico, de modo a torná-los mais atraentes aos alunos e aos professores. Os resultados apontaram que a utilização do GeoGebra contribuiu para a compreensão dos conceitos e das propriedades das funções, despertando uma postura investigativa dos alunos no desenvolvimento das atividades propostas. Souza e Costa (2021) consideram que esse estudo é relevante na medida em que observa a importância da relação professor/aluno como fundamental nos processos de ensino e de aprendizagem.

O eixo (III) “aprendizagem do aluno” foi evidente em nove trabalhos que desenvolveram pesquisas de cunho qualitativo, em que um *software* educacional foi usado como aporte no processo de aprendizagem. Esses trabalhos buscavam perceber as contribuições que o

uso de recursos tecnológicos pode trazer nos processos de aprendizagem das funções exponenciais e logarítmicas para alunos do Ensino Médio.

Cinco desses trabalhos do eixo “aprendizagem do aluno” utilizaram o *software* GeoGebra a partir do desenvolvimento de atividades durante as aulas de Matemática. Souza e Costa (2021) destacam que as atividades propostas objetivavam a aprendizagem dos conceitos das funções com auxílio do GeoGebra, o estudo do comportamento dos gráficos das funções e a percepção das potencialidades do *software* nesse processo. Os resultados obtidos mostraram que a utilização do *software* GeoGebra permitiu que as atividades fossem desenvolvidas de forma mais dinâmica, possibilitando uma melhor compreensão dos gráficos e sua visualização associada à representação algébrica da função. Essas permissões resultaram em aprendizagens matemáticas significativas, nas quais as dificuldades de associação das funções com exemplos reais de aplicação puderam ser minimizadas e a compreensão dos conceitos facilitada.

Souza e Costa (2021) mostram que os outros quatro trabalhos desse eixo III direcionam suas pesquisas para o uso de situações problema para o ensino e a aprendizagem de funções e utilizam outros recursos tecnológicos, como planilhas do Excel, aplicativo MalMath e Winplot, para o desenvolvimento das atividades. Os resultados desses trabalhos mostraram que a utilização dos recursos possibilita aos alunos mais autonomia na realização das atividades, incentiva-os com propostas pedagógicas diferentes das utilizadas comumente, facilita a compreensão dos conceitos e comportamentos gráficos e permite a manipulação de registros de representação semiótica⁶.

Em suas conclusões, os autores Souza e Costa (2021) destacam que o número de pesquisas em mestrados e doutorados, no Brasil, que discutem os processos de ensino e de aprendizagem de funções exponenciais e logarítmicas é muito pequeno quando comparado ao total de pesquisas já finalizadas. Apenas 15 dos 1401 trabalhos encontrados nas buscas por Souza e Costa (2021) discutem essa temática que contribui para construção de conhecimento matemático. Deixando esse campo do saber da Matemática, que tem

⁶ A Teoria dos Registros de Representação Semiótica proposta por Raymond Duval considera “que o processo de aprendizagem na disciplina de matemática não pode ser considerado pelo professor como ele disponível em outras disciplinas [...]. A especificidade das representações consideradas semióticas na matemática consiste no fato delas pertencerem a um sistema particular de signos, linguagem, escritura algébrica ou cartesiana, onde elas podem ser convertidas em representações consideradas “equivalentes” em um outro sistema semiótico, mas podendo atribuir significações diferentes pelo sujeito que as utiliza” (SOUSA; COSTA, 2021, p. 46-47).

relação direta com contextos cotidianos, excluído. E reforçam que as pesquisas nessa área devem se aprofundar em identificar os conhecimentos já existentes sobre a forma como as Funções Exponenciais e Logarítmicas são tratadas em pesquisas acadêmicas, apontando quais as melhorias precisam ser alcançadas.

Apresentamos a seguir três dissertações que estão relacionadas com nossa pesquisa, discutindo o ensino e/ou a aprendizagem das funções exponenciais com uso das tecnologias digitais. Destacamos os objetivos e os resultados de cada trabalho, e suas relações com esta pesquisa.

Em sua dissertação, Bonotto (2015) investiga o ensino de funções exponenciais com foco nas possibilidades que os objetos de aprendizagem podem trazer para o desenvolvimento de habilidades investigativas nos alunos. A pesquisa, de cunho qualitativo, foi feita com os vinte alunos de uma turma da 2ª série do Ensino Médio em que a pesquisadora atua como professora de Matemática. Bonotto (2015) organizou uma sequência didática com três blocos de atividades que tratam de funções exponenciais e permitem aos alunos investigar diferentes formas de resolução das situações.

A pesquisadora aplicou as etapas descritas na Investigação Matemática⁷ em cada bloco da sequência didática e concluiu que a realização das atividades mediante essa metodologia favoreceu o desenvolvimento de habilidades investigativas nos alunos a partir das buscas pelas soluções das situações postas por meio dos problemas, conseguindo atingir os objetivos na realização das atividades de cada bloco. Algumas dificuldades para as resoluções das atividades propostas na sequência didática foram identificadas, mas superadas com a intervenção da professora, exercendo o papel de mediadora no processo de ensino e de aprendizagem.

Seguindo as ideias de atividades organizadas em seções, Cruz (2018) desenvolve sua dissertação aplicando quatro blocos de atividades que desenvolvem os conceitos de função exponencial, desde as propriedades de potência até sua aplicação na Matemática financeira. Tem como objetivo principal

⁷ Ponte, Brocado e Oliveira (2009, apud BONOTTO, 2015, p. 29) definem “o conceito de investigação matemática, como atividade de ensino-aprendizagem, ajuda a trazer para a sala de aula o espírito de atividade matemática genuína, constituindo, por isso, uma poderosa metáfora educativa. O aluno é chamado a agir como um matemático, não só na formulação de questões e conjecturas e na realização de provas e refutações, mas também na apresentação de resultados e na discussão e argumentação com seus colegas e professor”.

Identificar e analisar as potencialidades da utilização do GeoGebra por meio do *smartphone* no desenvolvimento do conteúdo de funções exponenciais para alunos do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da região norte do estado de Minas Gerais (CRUZ, 2018, p. 29).

Com uma abordagem qualitativa, os dados foram coletados por meio da aplicação de dois questionários, um no início e outro ao final da pesquisa, do desenvolvimento de atividades divididas em quatro blocos e de um diário de campo produzido pela professora-pesquisadora (CRUZ, 2018).

As atividades em blocos foram desenvolvidas de forma sequencial e os alunos organizados em duplas. Durante a realização das atividades, os alunos apresentaram algumas dificuldades para a realização de cálculos, tanto mentalmente quanto com o algoritmo, na interpretação dos problemas e na utilização dos comandos do GeoGebra para a construção dos gráficos. Nesses momentos, a intervenção da professora-pesquisadora foi necessária para continuidade das atividades propostas.

Embasada nas Teoria da Mediação de Vygotsky e na Teoria do Aprendizagem Móvel, Cruz (2018) concluiu que as atividades desenvolvidas com uso dos *smartphones* e do *software* GeoGebra contribuíram para que os alunos pudessem construir conhecimentos relacionados à função exponencial de modo colaborativo e interativo, sendo os recursos tecnológicos considerados como mediadores do processo de ensino e de aprendizagem. A pesquisadora destaca a importância em potencializar a ação pedagógica com o uso das tecnologias como recurso para promover o aprendizado da Matemática de forma inovadora e mais dinâmica.

Defendendo uma ideia de construção e amplificação de conceitos sobre o domínio da Função Exponencial e utilizando a Teoria das Situações Didáticas e da Engenharia Didática, Angelucci (2013) propõe, em sua dissertação, uma abordagem diferente para o ensino de função exponencial no Ensino Médio. Construiu e aplicou cinco etapas de atividades interligadas com problemas e exercícios, objetivando uma aprendizagem significativa da propriedade fundamental das funções exponenciais, $f(m + n) = f(m) \cdot f(n)$, para domínio de números naturais, inteiros, racionais e reais, em uma turma da primeira série do Ensino Médio, numa escola pública estadual do município de Itápolis, São Paulo. As atividades foram trabalhadas com os alunos organizados em duplas ou trios.

A pesquisa possibilitou um aprendizado mais concreto dos conceitos de função exponencial, com domínios que vão desde os números naturais estendendo-se até os reais.

Angelucci (2013) acrescenta que sua pesquisa pode contribuir para minimizar os erros conceituais que ocorrem nos processos de ensino e de aprendizagem desse assunto, bem como preencher as lacunas presentes na formação dos professores de Matemática do Ensino Médio quanto aos expoentes racionais e irracionais.

Diferente das duas dissertações apresentadas anteriormente, Angelucci (2013) utilizou planilhas eletrônicas como recurso tecnológico e não utilizou o *software* GeoGebra e desenvolveu uma pesquisa mais centrada em apenas um problema: de trazer uma forma diferente para que os alunos pudessem entender a função exponencial, a partir da amplificação do seu domínio, não se adentrando em conteúdos diversos dentro do tema, como resolução de problemas e análise gráfica.

Os trabalhos discutidos acima mostram pesquisas que foram desenvolvidas sobre o tema das Funções Exponenciais trabalhadas com auxílio de tecnologias digitais. Percebemos que cada pesquisador busca adaptar metodologias diferentes para o ensino do conteúdo de forma a obter processos de aprendizagem com alunos mais participativos, que eles consigam desenvolver seus conhecimentos de modo mais autônomo e que os recursos sejam facilitadores desse processo. Destacam que trabalhar com as tecnologias digitais traz alguns desafios, pois requer suporte de instrumentos para os alunos, domínio no uso dos *softwares* e aplicativos por parte dos alunos e dos professores e um preparo dos professores que tomam o lugar de medidores dentro das propostas apresentadas, saindo do lugar comum que é posto nas aulas tradicionais⁸.

Esta pesquisa se assemelha às aqui apresentadas, pois busca analisar possíveis contribuições do uso de TDIC para as aprendizagens de conceitos das funções exponenciais, porém damos destaque nas relações estabelecidas entre os coeficientes reais das funções exponenciais e seu gráfico no *software* GeoGebra, com suporte de multimídias, neste caso, uma videoaula e uma apresentação de *slides*, e do aplicativo *WhatsApp*.

⁸ Neste trabalho, consideramos como aula tradicional aquela em que o professor se coloca como detentor do conhecimento e os alunos como receptores, que desenvolvem suas aprendizagens por meio de exercícios de fixação.

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS E DIÁLOGOS ESTABELECIDOS

Neste capítulo, traremos de uma breve discussão das teorias que serviram de base para este trabalho. Inicialmente, a TDIC e a Educação Matemática, apresentando como aconteceu a inserção e o desenvolvimento do uso de tecnologias na Educação Matemática no Brasil, destacando as contribuições e as ressalvas para uso de vídeos nos processos de ensino e de aprendizagem e as possibilidades do GeoGebra no ensino de Matemática.

Trazemos a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM) desenvolvida por Mayer (2009), que defende que o processo de aprendizagem depende das percepções do canal duplo e do pensamento, usando as vias visual e auditiva para o processamento cognitivo. Descrevemos os princípios que norteiam as multimídias para determinar uma aprendizagem efetiva e analisamos a videoaula e a apresentação de *slides* usadas no Plano de Atividades a partir desses princípios.

Analisamos como os documentos oficiais da educação, orientadores das escolas estaduais do Espírito Santo, a BNCC e o Currículo do Espírito Santo, tratam e relacionam o ensino de funções exponenciais e o uso de TDIC na etapa do Ensino Médio. E apresentamos uma das definições das funções exponenciais trabalhadas nesta pesquisa, com uma descrição mais aprofundada dos conceitos.

3.1 AS TDIC E A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

Não podemos deixar de notar o papel marcante que as tecnologias assumem em nossa sociedade, trazendo inovações de modo bastante acelerado (BORBA, SCUCUGLIA, GADANIDIS, 2014). Kenski (2003) destaca que o avanço das tecnologias interfere no desenvolvimento da sociedade, transformando suas formas de organização, de comunicação, sua cultura e conseqüentemente seu modo de aprendizagem.

De acordo com Pierre Lévy (1998, apud KENSKI, 2003), as tecnologias são desenvolvidas em cada lugar e em cada época na medida que o homem necessita superar obstáculos e garantir sua existência, melhorando a sua qualidade de vida, e, assim, constrói novas aprendizagens.

Atualmente, as tecnologias digitais ampliam o acesso às informações e trazem novas formas de comunicação e interação nas sociedades que as utilizam, fazendo emergir as novas formas de aprendizagem e novos desafios que são refletidos, inclusive, no ambiente escolar.

As escolas inseridas nessa sociedade, transformada pelas TDIC, enfrentam, de perto, esses novos desafios. Destacamos o papel crucial que têm os professores de usar as tecnologias para contribuírem no processo de ensino e de aprendizagem “[...] visando ao desenvolvimento de novas habilidades de aprendizagem, atitudes e valores pessoais e sociais” (KENSKI, 2003, p. 53). A mesma autora indica que

[...] quando a proposta de ensino envolve um mínimo de interação (com a informação ou com outras pessoas) e exige a personalização dos caminhos de aprendizagem, os recursos decorrentes do uso do computador (e seus periféricos e *softwares* específicos) e da Internet dão novas características para o desenvolvimento de aprendizagens [...] (KENSKI, 2003, p. 52).

O uso das TDIC exige que as escolas possuam suporte adequado de equipamentos e rede de Internet e que os professores tenham conhecimentos na área para o uso dos recursos e de sua aplicação no processo educacional. Além disso, vale ressaltar a importância em se ter mais tempo para planejamento das aulas. Essas dificuldades acabam tornando escassas as atividades desenvolvidas nesse contexto, uma vez que a realidade da maioria das escolas no país não se encaixa nessas necessidades.

Percebemos que, apesar dos desafios postos, as TDIC permitem que a educação seja redirecionada para dentro de contextos mais atuais, em que “as dimensões da inovação tecnológica permitem a exploração e o surgimento de cenários alternativos para a educação e, em especial, para o ensino e aprendizagem de Matemática [...]” (BORBA, SCUCUGLIA, GADANIDIS, 2014, p. 17).

Os autores citados acima organizaram e discutiram a utilização das tecnologias na Educação Matemática em quatro fases⁹, acrescida recentemente de mais uma (a quinta fase será tratada mais à frente nesse texto). Embasados em estudos feitos sobre a Educação Matemática no Brasil nas últimas décadas, perceberam que as tecnologias eram usadas em diversas situações, propostas e perspectivas dentro das investigações matemáticas. “[...] Em nossas reflexões, nos pareceu pertinente e interessante argumentar

⁹ A organização das quatro fases das tecnologias digitais na Educação Matemática é discutida e apresentada pelo livro de Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014) e pelo artigo de Borba (2012).

acerca de uma perspectiva estruturada em quatro fases para discutirmos o uso de tecnologias na Educação Matemática no Brasil” (BORBA, SCUCUGLIA, GADANIDIS, 2014, p. 18).

De forma breve, mostraremos os marcos de passagem entre as quatro primeiras fases. A primeira fase, que teve início na década de 1980, foi marcada pela utilização das calculadoras simples e científicas, além do *software* LOGO. Segundo Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014), a perspectiva teórica do construcionismo de Papert¹⁰ embasava o uso pedagógico do LOGO, por meio de comandos que determinam ações para serem feitas por uma tartaruga na tela do computador, formando figuras geométricas. A utilização da linguagem de programação para criar comandos dentro desse *software* mostra as representações do pensamento matemático, sendo usada como ferramenta pedagógica que relaciona a linguagem algébrica e a representação geométrica, permitindo o desenvolvimento dos níveis de abstração dos usuários (alunos).

Na década de 90, iniciou-se a segunda fase, marcada pela ampliação do acesso e do uso dos computadores pessoais e pela criação de diversos *softwares* de geometria dinâmica e de gráficos para as construções de objetos matemáticos como *Winplot*, *Graphmatica* e *Cabri Géomètre*. Esses *softwares* permitiam a visualização das construções para estudos gráficos e geométricos de modo mais dinâmico e sem necessidade do uso de linguagens para programação. Durante as duas primeiras fases, o termo Tecnologias Informáticas (TI) era usado para representar o computador e os *softwares*.

A terceira fase, que teve início no ano 1999, foi marcada pela utilização da Internet, como fonte de buscas de informações e proporcionando mudanças favoráveis à ampliação na disponibilidade e no acesso dos cursos a distância, já que era possível manter contato por meio de fóruns, *chats* e *e-mail*. Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014, p. 32) mostram que as novas possibilidades que emergiram com a Internet trouxeram termos como “[...] tecnologias da informação” e “[...] Tecnologias da Informação e Comunicação” (TIC). Borba (2012) destaca a importância da educação a distância no Brasil, graças a facilidade

¹⁰ “Seymour Papert nasceu em Pretória, África do Sul, em 1928. Matemático e educador, trabalhou com Piaget na *University of Geneva*, de 1958 a 1963. Centrou suas pesquisas e ações no estudo de aspectos voltados à chamada inteligência artificial, tornando-se referência na história da Informática na Educação. Pela sua proximidade com aspectos da teoria psicogenética piagetiana, [...] defende que as ferramentas, sobretudo as tecnológicas, favorecem o aprender fazendo, em busca de o aluno construir aquilo que julgar significativo para ele, envolvendo-se, portanto, afetiva e cognitivamente com aquilo que está sendo produzido” (CASTRO e LANZI, 2017, p. 1499).

de acesso que proporciona em um país que tem uma grande extensão territorial e uma concentração das universidades na região sudeste.

Em 2004, com o acesso rápido à Internet distinguiu-se a quarta fase. As Tecnologias Digitais (TD) passaram a ter papel de destaque na Educação Matemática com ferramentas para auxiliar nos processos de ensino e de aprendizagem, além de possibilitar uma melhora significativa na comunicação *online*. Os aparelhos portáteis, como os *smartphones*, os repositórios de vídeos digitais, o GeoGebra e a *performance* matemática digital, são exemplos de alguns aspectos que as TD proporcionaram a essa fase (BORBA; SCUCUGLIA; GADANIDIS, 2014).

[...] As fases foram apropriadas por parte da comunidade em Educação Matemática para falar sobre diferentes aspectos do uso de tecnologias digitais na “nova sala de aula de Matemática”, ou mesmo para pensar em como as tecnologias digitais transformam ou são constitutivas da Educação Matemática (BORBA; SOUTO; JUNIOR, 2022, p. 19).

Cada fase ficou marcada pelo desenvolvimento tecnológico da época, porém, elas não se excluem, ao contrário, se complementam como subconjuntos, o surgimento de uma não implicou o fim dos estudos dentro das possibilidades desenvolvidas em outra.

Borba, Souto e Junior (2022) apresentam, em seu livro, as justificativas e os desdobramentos da passagem para a quinta fase das tecnologias digitais em Educação Matemática no Brasil, sendo seu marco determinante o novo coronavírus (SARS-CoV-2), que surgiu no final de 2019, na China, e se espalhou globalmente com grande velocidade causando a doença da COVID-19 e acarretando uma pandemia. Os autores discutem a obra sobre a seguinte condição: “[...] o importante é reconhecer que um vírus, o SARS-CoV-2, influenciou a presença de tecnologias digitais em Educação Matemática com uma intensidade que nenhum programa desenhado por humanos (ou humanos-com-tecnologias) alcançou [...]” (BORBA; SOUTO; JUNIOR, 2022, p. 26).

Para reduzir as chances de contágio da COVID-19 (doença causada pelo vírus SARS-CoV-2), a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomendou, dentre outras medidas, que fosse feito isolamento social, e, após a possibilidade da vacinação contra a doença, as medidas foram sendo afrouxadas até o retorno das atividades de forma “normal”. Essas recomendações interferiram diretamente nas escolas, inicialmente com seu fechamento, seguido de seu retorno gradual. O trabalho remoto e híbrido ao qual o espaço escolar esteve submetido nesse período obrigou uma revisão em todo o processo de ensino e de

aprendizagem, em que as TD desempenharam papel fundamental para atender a esse novo modelo de escola, principalmente na Educação Básica, na qual as tecnologias eram usadas com foco em situações presenciais. As TD assumem novos papéis na Educação Matemática, “[...] antes da pandemia, tinha passos lentos em relação ao modo como elas eram desenvolvidas, apropriadas e utilizadas em outras atividades rotineiras [...]” (BORBA; SOUTO; JUNIOR, 2022, p. 104).

Os vídeos digitais, o aplicativo *WhatsApp*, as aulas *online*, as plataformas para gerenciar as relações entre professores e alunos, como o *Google Classroom*, foram algumas das opções utilizadas para que as escolas continuassem seus trabalhos diante das necessidades que os ensinos remoto e híbrido colocaram, sendo essas opções incorporadas à rotina escolar, mesmo com o retorno presencial das aulas.

As desigualdades sociais e a dificuldade de acesso às TDIC foram grandes desafios na implementação do novo modelo de escola, posta e necessária durante o período de isolamento, e, mesmo com as iniciativas do governo, acarretaram o distanciamento ainda maior entre os alunos de diferentes classes sociais no Brasil. Poderíamos destacar outros desfechos desse processo passado pelas escolas, ligados aos professores e às famílias, mas o tema não cabe à proposta desta pesquisa.

Percebemos então que as TDIC têm papel importante na Educação Matemática. O desenvolvimento das tecnologias e as inovações da Educação Matemática estão entrelaçados, com processos de desenvolvimentos interdependentes nos quais a Educação Matemática se apoia nas tecnologias, e essas evoluem a partir das necessidades postas pela educação.

Para esta pesquisa, apoiamo-nos na utilização de multimídias, como o vídeo, e na do *software* GeoGebra, para o desenvolvimento das atividades propostas do Plano de Atividades. A seguir apresentamos as contribuições que essas ferramentas tecnológicas podem trazer para o processo de ensino e de aprendizagem de Matemática.

3.1.1 O Vídeo nos Processos de Ensino e de Aprendizagem de Matemática

“O vídeo combina a comunicação sensorial-cinestésica com a audiovisual, a intuição com a lógica, a emoção com a razão. Combina, mas começa pelo sensorial, pelo emocional e

pelo intuitivo, para atingir posteriormente o racional” (MORAN, 1995, p. 28-29). Essa combinação declara os recursos que os vídeos usam para atraírem a atenção e para mantê-la no que está sendo apresentado. Essa fórmula pode ser levada para o contexto educacional, utilizando vídeos nos processos de ensino e de aprendizagem.

Atualmente, a facilidade de acesso a vídeos digitais, inclusive direcionados ao contexto educacional, permite que os professores e os alunos utilizem esse recurso com finalidade pedagógica, possibilitando uma nova metodologia para o ensino de Matemática.

O uso de vídeos deve ser cauteloso para que possa verdadeiramente contribuir no processo de aprendizagem. Em sala de aula, não deve ser utilizado para substituir o professor em situações atípicas, como na sua ausência; nem sem estar ligado ao conteúdo estudado pela turma; ou ainda sem que se faça uma discussão no contexto da aula, seguindo o que Moran (1995) considera como usos inadequados, vídeo tapa-buraco; vídeo-enrolação; só vídeo, respectivamente.

É importante que o uso de vídeos faça parte de um planejamento de aula, que esteja relacionado e integrado aos conteúdos que estão sendo desenvolvidos, que contribua para dinamizar a aula e estimular os processos cognitivos. Souza e Oliveira (2021) destacam que os alunos precisam ser colocados em posição ativa diante dos vídeos, por exemplo, por meio de perguntas durante ou após a sua exibição, auxiliando na reflexão das ideias principais trazidas.

O planejamento torna-se fundamental, pois direciona o uso do vídeo a partir dos objetivos da aula, considerando o melhor momento para que seja exibido e o tipo a ser utilizado. Podemos considerar, por exemplo, o seu uso com pausas para esclarecimentos ou aprofundamentos dos conceitos apresentados.

Amaral (2013) discute três formas de utilização de vídeos em sala de aula, destacando a importância de considerá-las durante a elaboração da aula. Os vídeos podem ser utilizados com objetivos de trazer informações sobre os conceitos matemáticos ou contribuir na formação ou no aprofundamento desses conceitos. Uma segunda possibilidade de utilização está relacionada ao momento em que o vídeo é usado, se na introdução do conteúdo ou se como exemplo de aplicação do conteúdo já estudado. A última possibilidade, que se relaciona as anteriores, é o vídeo como material pedagógico

integrado com os outros recursos disponíveis em sala de aula.

A mesma autora afirma que os vídeos requerem uma avaliação teórica de sua elaboração, podendo ser informativos e/ou formativos, assim o professor dará, em sala de aula, o foco necessário dentro da perspectiva de uso proposta para o planejamento da aula. Vídeos que apresentam soluções muito diretas para problemas matemáticos, podem ser utilizados como formativos, por exemplo, com o professor desenvolvendo uma resolução mais detalha e então aprofundando os conceitos ali utilizados.

O professor deve perceber qual tipo de vídeo, formativo ou informativo, poderá contribuir de forma mais eficaz para o objetivo da aula planejada, buscando contribuir no processo de ensino e de aprendizagem daqueles conceitos matemáticos. “[...] Não se deve procurar qual das duas opções é melhor [...]” (AMARAL, 2013, p. 43).

No planejamento do Plano de Atividades aplicado nesta pesquisa, o vídeo foi utilizado para retomar o conteúdo de função exponencial. Foi escolhido, então, pelo canal do *Youtube*, uma videoaula¹¹ que apresenta a definição, as restrições da base da potência, a construção gráfica de uma função crescente e outra decrescente e a resolução de algumas questões sobre o conteúdo.

Como os alunos já haviam estudado esse conteúdo no primeiro trimestre desse mesmo ano letivo (2022) e o objetivo era fazer uma revisão dos conceitos de função exponencial, não foi apresentada para os alunos a última parte do vídeo com as resoluções das questões. O conteúdo apresentado no vídeo foi discutido com os alunos, reforçando os conceitos e buscando sanar suas eventuais dúvidas. Segundo as ideias de Amaral (2013), para esta pesquisa, trouxemos um vídeo informativo na introdução do Plano de Atividades para relembrar, junto com os alunos, os conceitos de função exponencial.

Sobre a utilização dos vídeos nos processos de ensino e de aprendizagem, concordamos com Moran (1995, p. 27) quando afirma que

[...] o vídeo ajuda o professor, atrai os alunos, mas não modifica substancialmente a relação pedagógica. Aproxima a sala de aula do cotidiano, das linguagens de aprendizagem e comunicação da sociedade urbana, e também introduz novas questões no processo educacional.

¹¹ Vídeo Função exponencial do canal Brasil Escola, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QG0x9yAvztM>.

Assim, o papel do professor deve ser de mediador nos processos de ensino e de aprendizagem, ele deve atuar para compreender esses processos e agir para relacionar os conhecimentos trazidos pelos alunos e os que estão se formando com o desenvolvimento daquelas atividades, sendo essa a postura tomada diante da pesquisa.

3.1.2 As Possibilidades do GeoGebra no Ensino de Matemática

O GeoGebra é um *software* de matemática dinâmica que foi criado para ser utilizado em todos os níveis da educação, reunindo álgebra, geometria e cálculo de modo interconectados. É aberto e possui versões em diversos idiomas.

Foi desenvolvido por Markus Hohenwarter, em sua tese de mestrado, na Universidade de Salzburg, Áustria, na busca de construir um *software* mais completo que integrasse geometria dinâmica e álgebra computacional e deu continuidade no trabalho com o *software* durante o doutorado com um projeto sobre aplicações pedagógicas do GeoGebra em escolas austríacas.

O *software* GeoGebra ganhou vários prêmios na área educacional e repercussão mundial, sendo utilizado por pesquisadores em seus projetos e como apoio para o ensino de Matemática, inclusive em livros didáticos. “[...] O mecanismo matemático da GeoGebra alimenta centenas de *sites* educacionais em todo o mundo de diferentes maneiras, desde demonstrações simples até sistemas de avaliação *on-line* completos” (GEOGEBRA).

A plataforma do GeoGebra dá acesso gratuito ao *software* e aos seus aplicativos para *download* ou uso *online*¹². Oferece tutoriais que auxiliam o uso do *software* e materiais didáticos prontos para uso educacional com atividades, simulações, jogos, dentre outras opções.

Com todas as possibilidades apresentadas para o *software* e considerando a facilidade de manuseio de seus comandos, percebemos seu potencial como uma TDIC para os processos de ensino e de aprendizagem de Matemática. Na Seção 2.2: as funções exponenciais por meio das tecnologias digitais da Revisão de Literatura feita neste trabalho, vimos alguns exemplos de utilização do *software* GeoGebra em pesquisas educacionais, mostrando aplicações em ambientes escolares.

¹² Site para acesso a plataforma do GeoGebra: <https://www.GeoGebra.org/>.

Devemos considerar que apenas oportunizar o uso da tecnologia no ambiente educacional não garante o êxito desses processos. Becker, Ravitz e Wong (1999, apud HOHENWARTER; LAVICZA, 2007) afirmam que o processo para incluir o uso das tecnologias em sala de aula acontece de forma lenta e complexa e, para o desenvolvimento de práticas bem-sucedidas com uso de tecnologias, como o GeoGebra, sugerem que formação adequada e apoio no espaço escolar são estímulos para que os professores utilizem as tecnologias no processo de ensino.

Em sala de aula, o trabalho com o *software* GeoGebra exige habilidades diferentes do que é exigido no ensino tradicional da Matemática, tanto dos professores quanto dos alunos. É importante que a tecnologia faça uma transformação da atividade Matemática, que o GeoGebra não seja uma extensão do quadro, mas que possibilite novas experiências e reflexões, que não poderiam ser vivenciadas sem o *software*.

O *software* de geometria dinâmica usado como extensão do quadro é uma das armadilhas que De Villiers (2007) apresenta e, para contornar essas situações, é necessária mudança de ênfase no currículo, trazendo revisões na ordenação e nas alternativas de tópicos dos conteúdos.

Podemos ponderar relevantes, para esta pesquisa, outras duas armadilhas consideradas pelo autor supracitado: a utilização de *software* para o desenvolvimento de atividades não exige dos alunos um conhecimento integral do *software*. É necessário que os alunos possam explorar, compreender e utilizar as ferramentas que serão aplicadas para o desenvolvimento da aprendizagem. Isso pode ser feito a partir de atividades descritivas e do uso de esboços que permitam funções de arrastar, visualizar animações e construções, sendo necessário que os alunos desenvolvam habilidades específicas para manuseio daquelas ferramentas que serão usadas na atividade.

A outra armadilha recai em acreditar que a aprendizagem acontece de forma imediata com o uso do *software*, como se, por exemplo, ao manipular as ferramentas e visualizar as transformações que acontecem entre as representações algébrica e gráfica das funções exponenciais (como no caso desta pesquisa), garantirá a aprendizagem efetiva por parte do aluno. É preciso que o aluno desenvolva certa criticidade diante dos resultados encontrados e observados com o *software*, que tem, como vantagens, para essa possibilidade, a precisão dos resultados, o retorno visual instantâneo e a possibilidade de analisar, em pouco tempo, diversos exemplos das situações.

Percebemos que o *software* GeoGebra atende aos anseios propostos de seu desenvolvimento, mas devemos ponderar a forma como é utilizado para o trabalho com as atividades matemáticas em sala de aula. Numa condição ideal, seria necessário apoio pedagógico e técnico, professores com formação adequada e escolas com estruturas e direcionamento educacional que apontem para a utilização de TDIC de forma crítica, dando o suporte necessário para que o processo de ensino de Matemática alcance as aprendizagens efetivas.

3.2 TEORIA COGNITIVA DA APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA

Para a escolha do vídeo e para a construção da apresentação em *slides* que foram utilizados nas propostas do Plano de Atividades, buscamos embasamento na TCAM de Richard Mayer, em que se destaca que a aprendizagem é mais bem efetivada quando o conteúdo é apresentado tanto por palavras quanto por imagens – sendo consideradas palavras escritas e faladas, e imagens como ilustrações, símbolos e animações.

Como descrito na primeira seção deste capítulo, o vídeo utilizado no Plano de Atividades é uma videoaula de função exponencial. A aula é ministrada por um professor que aparece no vídeo e explica os conteúdos de forma oral e usando uma mesa digitalizadora para apresentar e escrever os conceitos, como definição e construção de gráficos da função.

Os *slides*¹³ tinham o objetivo de apresentar as funções do tipo exponencial, por meio de exemplos contextualizados, sobre crescimento vegetativo e quantidade de carbono-14 em fósseis; perceber as leis das funções; definição da função e comportamentos dos gráficos, utilizando imagens de construções no GeoGebra. Organizamos cada *slide* para mostrar o conteúdo por meio de palavras escritas e de imagens, ficando a professora com a explicação oral dos conceitos e utilizando o quadro branco para representar os cálculos e as construções matemáticas. Os cálculos e as construções matemáticas serão considerados imagens e não palavras escritas, como delimita Thees (2019, p. 214), “[...] as fórmulas, símbolos e conectores usados na Matemática foram considerados como imagens [...]”.

Cardoso (2014, p. 89) destaca, sobre a teoria de Mayer, que “[...] a imagem, a linguagem escrita e a linguagem oral ocupam um lugar de destaque nas situações de ensino.

¹³ Os *slides* também podem ser acessados pelo Google Drive através do link: https://drive.google.com/file/d/1mbV5XxU2agt4mXOGfCq6ymCOhPlrJILG/view?usp=share_link.

Nenhuma delas é subordinada à outra; ao contrário, elas se complementam na construção do conhecimento”.

Para desenvolver a TCAM, Mayer conduziu vários experimentos, durante mais de vinte anos, na Universidade de Cambridge, buscando verificar quais recursos, utilizados para as instruções com multimídias, poderiam promover aprendizagem. Mayer (2009) considera três processos essenciais à aprendizagem, que são: seleção de material relevante, organização do material selecionado e integração do material selecionado com o conhecimento já existente no aluno.

Reafirmamos, com Mayer (2009), que o processo de aprendizagem é pessoal, acontece dentro do sistema cognitivo do indivíduo e ocorre quando suas experiências modificam o novo conhecimento adquirido e utiliza um modelo para representar, como acontecem os processamentos das informações pelos indivíduos.

A TCAM “[...] defende que a aprendizagem depende da percepção e do pensamento e assume que o ato de aprender passa por duas vias: a visual e a auditiva, cada uma com capacidade de processamento limitada [...]”, como descreve Cardoso (2014, p. 88).

Os processos cognitivos ocorrem na memória do aluno, na memória sensorial, de trabalho e de longo prazo. A memória sensorial recebe as informações apresentadas nas multimídias, por meio dos canais visual e auditivo, e passam para a memória de trabalho. Nela, os conhecimentos se mantêm e acontecem as conexões das informações recebidas pelos dois canais, que ainda se juntam aos conhecimentos prévios da memória de longo prazo, dando sentido às informações e promovendo uma aprendizagem (MAYER, 2009).

A TCAM, baseada em doze princípios, busca contribuir para que as instruções feitas com as multimídias forneçam conteúdo com qualidade e quantidade que favoreça todo esse processo cognitivo para desenvolvimento da aprendizagem de modo efetivo. Esses princípios são categorizados em três grupos.

No primeiro grupo, para *reduzir o processamento estranho na aprendizagem multimídia*, temos cinco princípios, que visam filtrar informações que não são relevantes para o entendimento do conteúdo, evitando que a capacidade cognitiva do aluno fique sobrecarregada. Esses princípios primam por garantir essa etapa de processamento da aprendizagem.

O *princípio da coerência* sugere que os elementos irrelevantes para a aprendizagem não sejam utilizados nas mídias. Mesmo que pareçam interessantes, eles geralmente são usados para enfeitar e atrair a atenção, mas acabam atrapalhando o processo de aprendizagem. O *princípio da sinalização* organiza a apresentação de forma que os pontos mais importantes ganhem destaque e direcionem a atenção dos alunos. No *princípio da redundância*, é considerado que as mídias podem contribuir melhor para a aprendizagem se apresentarem imagens e narrações ao invés de imagens, textos escritos e narração. Isso porque a narração e os textos escritos apresentam a mesma informação por dois canais diferentes, o auditivo e o visual. E os *princípios de proximidade espacial e temporal* dizem que apresentar as imagens e as palavras correspondentes próximas e de forma simultânea contribui para a aprendizagem, uma vez que o aluno não precisará dispor de esforço cognitivo para buscar essas relações.

Garantir esses cinco princípios pode não ser suficiente para evitar a sobrecarga na memória de trabalho, portanto, para a contenção desse problema, passamos ao grupo dos *princípios para gerenciar o processamento essencial no aprendizado multimídia*, que são três.

O *princípio da segmentação* considera que os materiais apresentem os conteúdos organizados em etapas de forma sequencial, evitando que uma nova etapa surja sem que a anterior tenha sido aprendida. O *princípio do pré-treinamento* considera que é importante que os alunos tenham conhecimentos dos nomes e das características dos conteúdos que serão apresentados pelas multimídias. E, no *princípio da modalidade*, o uso de imagens e palavras escritas devem dar lugar ao uso de imagens e palavras faladas, neste caso, os estímulos chegam aos alunos a partir dos dois canais (visual e auditivo) de modo que o processo cognitivo possa acontecer de forma mais eficiente para a aprendizagem.

Considerando que esses três princípios garantam o gerenciamento do material apresentado pelas multimídias, é necessário que o material apresentado estabeleça uma “[...] estrutura mental coerente com o intuito de consolidar e relacionar esse novo conteúdo com o conhecimento prévio [...]” (THEES, 2019, p. 138). Para alcançar tal objetivo, seguimos com os quatro *princípios para promover o processamento generativo na aprendizagem multimídia*.

O *princípio multimídia* considera que os alunos aprendem melhor quando são usadas

palavras e imagens do que apenas palavras, pois conseguem “[...] construir seus modelos mentais verbais e visuais e estabelecer conexões entre eles” (Mayer, 2009, p. 223, tradução nossa¹⁴). Para o *princípio de personalização*, é importante que as palavras sejam faladas de maneira informal, de forma amigável e com vocabulário adequado ao cotidiano dos alunos, para que eles se sintam participantes de uma conversa e interessados em compreender o conteúdo. O *princípio da voz* consiste em utilizar uma voz humana amigável ao invés de uma voz de máquina, gerando no aluno o sentimento de estarem falando diretamente para ele, que contribui numa aprendizagem de qualidade. O *princípio da imagem* é que a presença do narrador junto ao conteúdo, como num vídeo, não necessariamente contribui para promoção da aprendizagem, essa presença pode motivar um processamento estranho.

Com efeito, vários estudos, apoiados nessa teoria e nos seus princípios, certificaram-se de efetivar, de forma mais aprofundada, a aprendizagem dos alunos. Portanto garantir que as mídias sejam utilizadas, conforme a TCAM, traz a segurança de proporcionar aos alunos um conteúdo que irá contribuir com seu aprendizado mais aprofundado, já que cada um, com suas especificidades, podem acessar os conceitos apresentados por palavras escritas e faladas e por de imagens como vídeos e ilustrações.

A videoaula e os *slides* utilizados para esta pesquisa atenderam a maioria dos princípios da TCAM, utilizando a imagem, a linguagem escrita e a linguagem oral de forma a contribuir com os processos de ensino e de aprendizagem das funções exponenciais.

Seguimos com uma análise de cada multimídia a partir dos princípios que foram explicitados acima, em que iremos identificar quais os princípios foram cumpridos pela multimídia, quais não foram cumpridos e aqueles que exigiram algumas considerações dentro das propostas da TCAM.

3.2.1 A videoaula a partir dos princípios da TCAM

A videoaula usada no Plano de Atividades, mencionada na subseção 3.1.1, é apresentada por um professor que utiliza uma mesa digitalizadora para mostrar a definição, a construção de gráficos da função exponencial e os cálculos necessários ao longo das

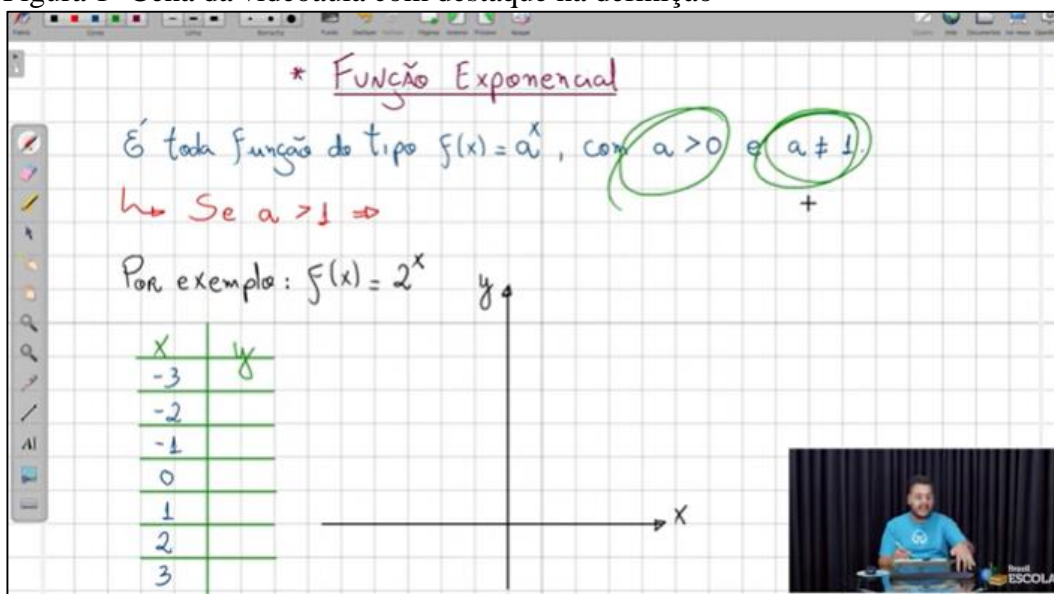
¹⁴ No original: *to build a visual mental model and make connections between the verbal and visual mental models.*

explicações. Destacamos que oito dos doze princípios propostos pela TCAM foram cumpridos durante toda a videoaula: os princípios da sinalização, da proximidade espacial, da proximidade temporal, da segmentação, da modalidade, da multimídia, da personalização e da voz.

Observamos que, ao longo da videoaula, o professor utiliza cores diferentes para diferenciar tópicos exibidos e destaca, circulando os detalhes da apresentação feita, como faz com a lei da função exponencial, a variável x e a sua base, durante a explicação da definição de função – princípio da sinalização; as imagens dos cálculos e das construções gráficas são apresentadas de forma simultânea às explicações e próximas da lei da função e da tabela que auxilia a construção dos gráficos – princípios de proximidade espacial e temporal; o ritmo das explicações e as retomadas de conceitos feitas pelo professor podem fazer com que o aluno compreenda o que está sendo falado e dá uma sequência entre os conceitos – princípio da segmentação; as imagens são acompanhadas de explicações orais e não de palavras escritas – princípio da modalidade; os conceitos matemáticos são apresentados por meio de imagens e palavras, na maior parte palavras faladas – princípio da multimídia; as explicações, apesar dos termos matemáticos, usam uma linguagem informal, comum ao contexto escola do Ensino Médio e com a própria voz do professor – princípios de personalização e de voz.

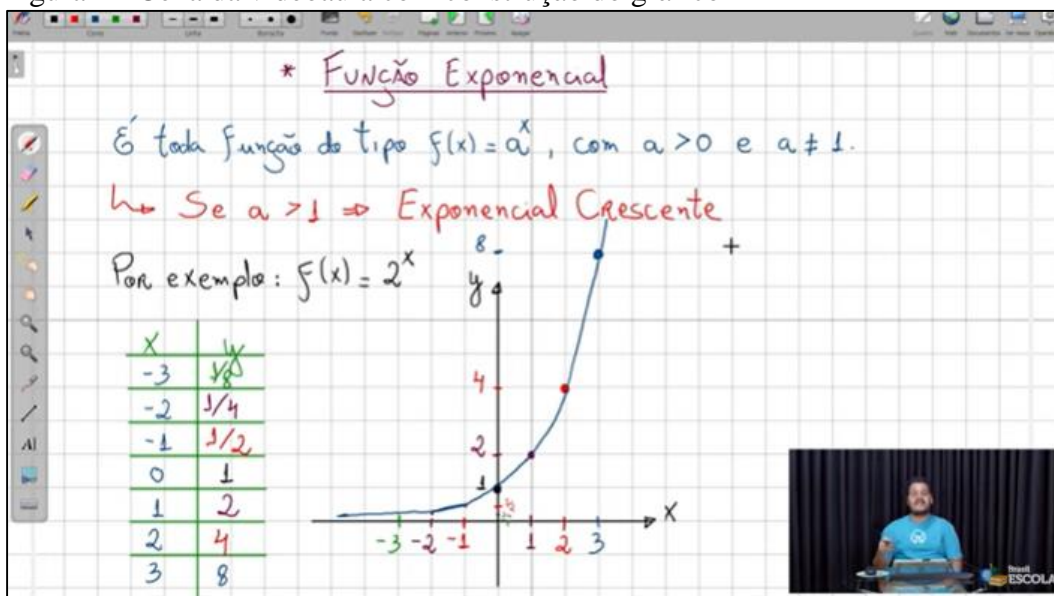
A Figura 1 e a Figura 2 abaixo podem exemplificar algumas das afirmações feitas anteriormente. Na tela da Figura 1, notamos que as restrições da base da potência da função exponencial estão circuladas, e esses destaques são feitos na medida em que o professor faz as explicações dessas restrições durante a videoaula - princípio da sinalização.

Figura 1- Cena da videoaula com destaque na definição



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=QG0x9yAvztM>

Figura 2 - Cena da videoaula com construção do gráfico

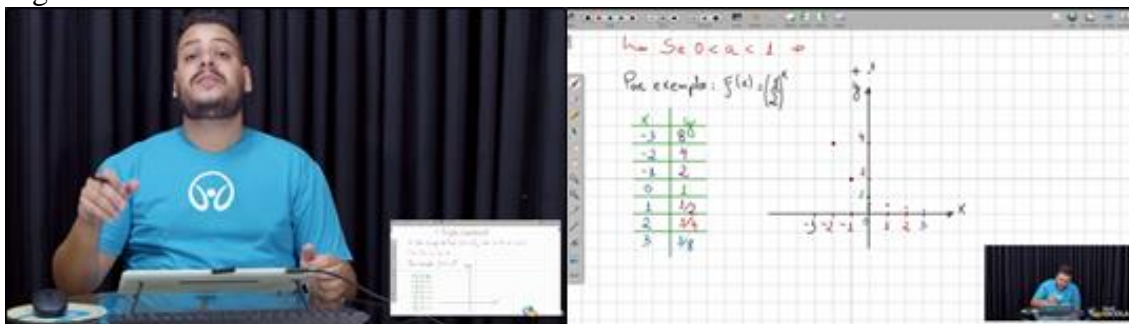


Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=QG0x9yAvztM>

Feita uma observação simples entre as cenas apresentadas pelas figuras acima, vemos que as construções da tabela e do gráfico no plano cartesiano estão próximas e são construídas simultaneamente às explicações – princípios da proximidade espacial e temporal. Podemos destacar que o conteúdo é apresentado principalmente por símbolos matemáticos, e poucas palavras escritas, que geralmente trazem nomes específicos de conceitos do conteúdo de função exponencial, ficando o professor com as explicações – princípio multimídia.

Os quatro princípios que não foram atendidos ou que deixaram alguma inconsistência serão apontados e contextualizados. Na videoaula, a imagem alterna entre o professor fazendo as explicações e o “quadro” gerado com a mesa digitalizadora, enquanto uma ocupa o tamanho total da tela (que seria a imagem principal), a outra se sobrepõe reduzida no canto inferior direito, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Cenas da videoaula com telas alternadas



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=QG0x9yAvztM>

Nessa movimentação de telas, percebemos um descumprimento do princípio da coerência, pois o conteúdo da tela reduzida pode tirar o foco do aluno da tela principal. Esse princípio também deixa de ser considerado no início do vídeo em dois momentos, quando o professor se apresenta e surge um quadro com seu nome fazendo um chiado e, enquanto o tema da aula é falado, aparece uma propaganda do canal do Youtube ao qual o vídeo pertence. A imagem reduzida, o quadro e a propaganda podem ser classificados como elementos estranhos ou desnecessários para o objetivo da videoaula.

Enquanto a definição de função exponencial é explicada, poderíamos considerar que o princípio da redundância não é atendido, pois a mesma informação é apresentada na forma escrita e por narração, ou seja, a mesma informação está sendo captada por pelos dois canais, visual e auditivo.

Mas vale destacarmos que, segundo Mayer (2009), em algumas situações a redundância nas palavras podem ser úteis, como, por exemplo, em textos que contêm termos técnicos como é o caso das definições matemáticas. O autor ressalta ainda que uma apresentação cuidadosa e sob um ritmo que permita a compreensão dos alunos podem eliminar os efeitos do uso da redundância.

Como na videoaula, essa situação acontece para uma linha curta de palavras escritas que são explicadas com calma e no ritmo dos alunos, iremos considerar que o princípio da redundância é cumprido na videoaula.

Os cálculos que são realizados durante a videoaula e apresentam narração e escrita simultâneas não serão considerados como descumprimento do princípio da redundância, pois os símbolos matemáticos serão considerados imagens e não palavras escritas. O processo de construção dos gráficos, por exemplo, pode ser visto na Figura 1 e na Figura 2, apresentadas anteriormente.

O princípio do pré-treinamento não foi atendido na videoaula em momentos em que o professor traz termos matemáticos como “base” e “expoente” sem defini-los. Ele poderia ter feito a relação entre a lei da função exponencial e uma potência, levando o aluno a buscar, em sua memória de longo prazo, os conhecimentos prévios necessários para a aprendizagem daquele novo conceito de função exponencial.

Considerando que a imagem do professor narrando as explicações acontecem ao longo de toda a videoaula, poderíamos considerar que o princípio da imagem não foi cumprido. Mas, devemos analisar que a imagem do professor e do “quadro” da mesa digitalizadora não dividem a tela com destaque: enquanto um está em tela cheia o outro está reduzido; a imagem do professor ganha destaque nos momentos em que faz explicações orais, como, por exemplo, para reforçar os conceitos e os cálculos que haviam sido apresentados. Considerando que Mayer (2009, p. 261, tradução nossa¹⁵) afirma que “embora a pesquisa relatada nesta seção não incentive a inclusão da imagem do instrutor na tela, pode haver situações em que incluir a imagem do instrutor pode ser eficaz na promoção do aprendizado [...]”.

Diante do exposto, notamos que a videoaula utilizada tem grande potencial para contribuir no processo de ensino e de aprendizagem do que é proposto no Plano de Atividades desta pesquisa, com o objetivo de revisar a definição de função exponencial e a construção do gráfico. Devemos destacar que além de atender as propostas da TCAM outra característica importante para escolha dessa videoaula deu-se pelo fato de tratar dos conceitos de função exponencial de forma correta.

¹⁵ No original: *Although the research reported in this section does not encourage including the instructor's image on the screen, there may be situations in which including the instructor's image might be effective in promoting learning.*

3.2.2 Os *slides* a partir dos princípios da TCAM

Mayer (2009, p. 5, tradução nossa¹⁶) considera que “[...] outro exemplo de instrução multimídia é uma apresentação em *PowerPoint* na qual alguém apresenta *slides* de um computador projetados em uma tela e fala sobre cada um deles [...]”.

A apresentação de *slides* utilizada no Plano de Atividade foi construída pela própria pesquisadora buscando seguir a ideia principal da TCAM de que “pessoas aprendem melhor com palavras e imagens do que somente com palavras [...]”, como mostra Mayer (2009, p. 1, tradução nossa¹⁷). E, como descrito no início da Seção 3.2, o objetivo do uso desses *slides* era apresentar as funções do tipo exponencial, com a resolução de exemplos contextualizados com as leis das funções, a definição da função e as construções de seu gráfico.

Os *slides* apresentaram o conteúdo a partir de imagens e de palavras escritas, e a professora fez as explicações orais e as construções matemáticas no quadro branco, a fim auxiliar o processo de ensino e de aprendizagem na pesquisa.

Dentre os doze princípios propostos pela TCAM, a apresentação dos *slides*, feita junto à explicação oral, cumpriu nove princípios, a saber: da sinalização, da proximidade espacial, da proximidade temporal, da segmentação, do pré-treinamento, da modalidade, da multimídia, da personalização e da voz.

É possível perceber, nos *slides*, que são utilizadas setas, quadros e palavras escritas em negrito ou cores diferentes para chamar a atenção dos alunos – princípio da sinalização; as imagens dos gráficos e das figuras vêm acompanhadas das palavras escritas que as descrevem de forma concomitante – princípios da proximidade espacial e temporal; os conceitos tratados nos *slides* estão organizados de forma sequencial e com momentos para discussão que permitiam aos alunos refletir e tirar dúvidas – princípio da segmentação; antes de tratar diretamente das funções do tipo exponencial, é feita uma revisão que retoma conceitos básicos e necessários para tal conteúdo – princípio do pré-treinamento; as imagens dos gráficos são apresentadas e sua explicação é feita de forma oral, por

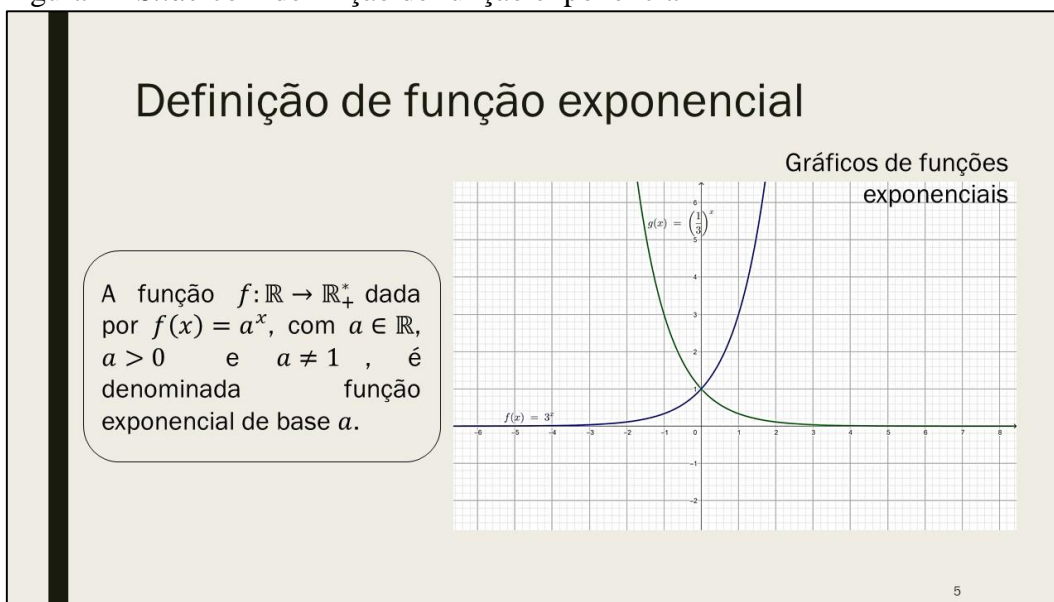
¹⁶ No original: *Another example of multimedia instruction is a PowerPoint presentation in which someone presents slides from a computer projected onto a screen and talks about each one.*

¹⁷ No original: *People learn better from words and pictures than from words alone.*

palavras faladas – princípio da modalidade; os *slides* apresentam palavras escritas e imagens, e as explicações se encarregam das palavras faladas – princípio da multimídia; a linguagem utilizada para as palavras escritas e faladas eram de modo informal e direcionada aos alunos – princípio da personalização; e as explicações foram feitas em tom de conversa – princípio da voz.

Podemos ilustrar alguns dos princípios descritos acima com os *slides* apresentados nas figuras a seguir. Na Figura 4, o *slide* mostra a definição de função exponencial, que tem o objetivo de retomar conceitos básicos necessários para o entendimento do novo conteúdo que será abordado, as funções do tipo exponenciais, exemplificando o cumprimento do princípio do pré-treinamento.

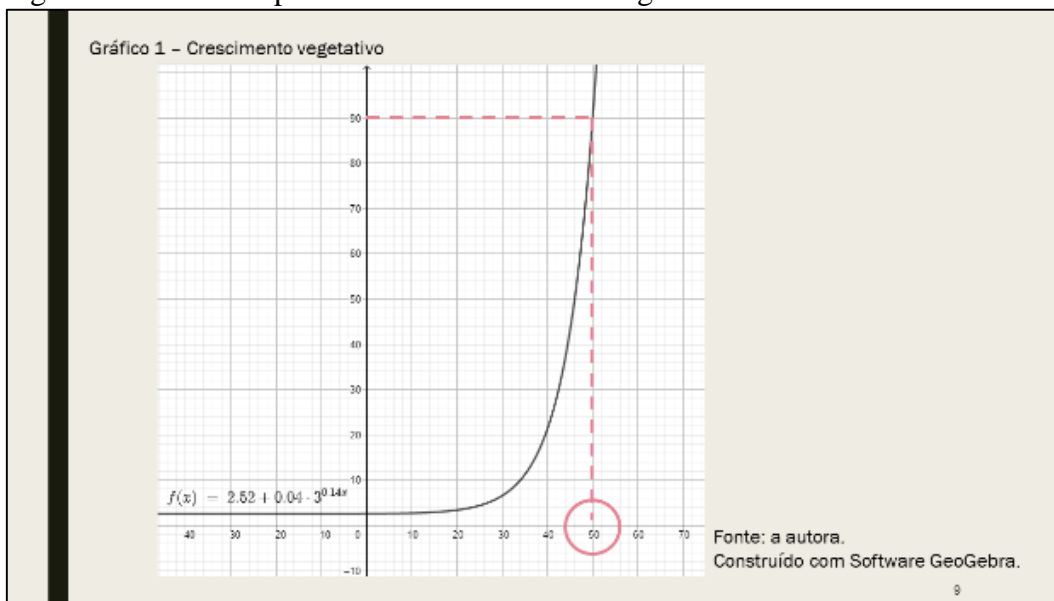
Figura 4 - *Slide* com definição de função exponencial



Fonte: arquivo próprio.

A Figura 5, a seguir, traz a resolução de um problema contextualizado sobre o crescimento vegetativo a partir de um gráfico construído com auxílio do GeoGebra – em destaque a solução do problema –, exemplificando o uso do princípio da sinalização.

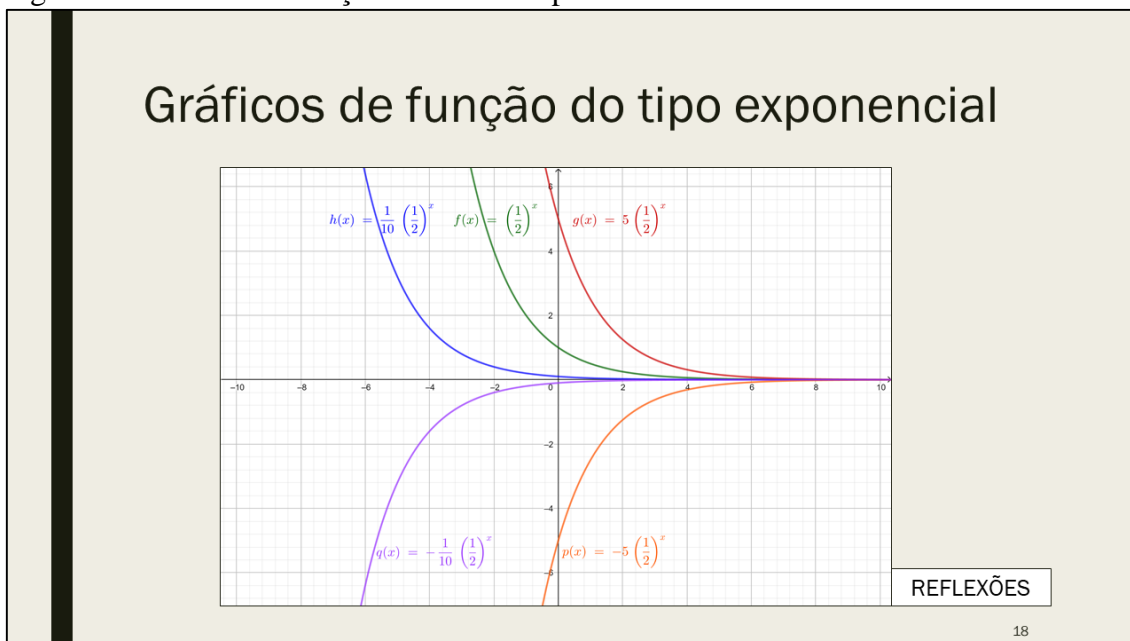
Figura 5 - Gráfico exponencial de crescimento vegetativo



Fonte: arquivo próprio.

Na Figura 6, exemplificamos as variações da curva exponencial a partir da multiplicação da função exponencial por uma constante; apresentamos a construção de alguns gráficos com as leis das funções correspondentes. Notamos que o gráfico e sua lei estão próximos e com a mesma cor – princípio da proximidade espacial, e foram apresentados simultaneamente – princípio da proximidade temporal.

Figura 6 - Slide com variações da curva exponencial



Fonte: arquivo próprio.

Vamos esclarecer os três princípios que não foram cumpridos ou necessitam de serem vistos com mais profundidade. O princípio da coerência deixou de ser atendido, pois alguns *slides* tiveram excesso de informações, como no *slide* com a nuvem de palavras em que aparecem algumas informações do *site* e do código que foi utilizado para que ela pudesse ser gerada e naqueles que apresentam as resoluções dos problemas em que aparecem informações sobrepostas, como vemos na Figura 7.

Figura 7 - Slides com excesso de informações



Fonte: arquivo próprio.

Percebemos que o princípio da redundância, aparentemente, não foi cumprido nas apresentações das definições e dos problemas, uma vez que as palavras escritas foram lidas pela professora. Mas, como já trouxemos anteriormente, na análise da videoaula, Mayer (2009) considera a redundância favorável em alguns casos como em textos que contém termos técnicos como é o caso das definições matemáticas e em textos muito longos e detalhados, como é o caso dos problemas. Considerando que as leituras foram feitas com clareza e as explicações permitiram a compreensão dos alunos, podemos considerar que as consequências negativas das redundâncias foram anuladas.

Novamente retomaremos uma situação já descrita na análise da videoaula, no caso, para o princípio da imagem. A imagem da professora está presente em todo o processo de apresentação dos *slides*, pois ela fez as explicações orais de forma presencial com os alunos. Se considerarmos o princípio da imagem de forma direta, iremos concordar que ele não foi cumprido, mas, considerando as particularidades dessa situação, podemos considerar que a imagem da professora possibilitou “[...] estimular uma resposta social e contribuir positivamente para a qualidade do aprendizado [...]” (THEES, 2019, p. 140).

Vale acrescentar que a professora/pesquisadora era também a regente das aulas regulares de Matemática da turma na qual a pesquisa foi desenvolvida, e, portanto, sua imagem já era comum para os alunos, o que pode contribuir para que não causasse estranheza ou

curiosidade a eles.

A partir dessas análises, podemos caracterizar os *slides* e sua apresentação como um método positivo no processo de ensino e de aprendizagem sobre os conceitos de função do tipo exponencial dentro das propostas do Plano de Atividades.

Na próxima seção, analisamos como os documentos oficiais, a BNCC e o Currículo do Espírito Santo, se apropriam das tecnologias no processo de ensino e de aprendizagem em Matemática para a etapa do Ensino Médio, direcionando para o conteúdo de função exponencial.

3.3 ENSINO DE MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS NOS DOCUMENTOS OFICIAIS DA EDUCAÇÃO

Nesta seção, pontuamos o que trazem os dois documentos oficiais da educação utilizados pelas escolas estaduais do Espírito Santo, a BNCC e o Currículo do Estado do Espírito Santo, sobre o ensino de Matemática, as tecnologias digitais no processo de ensino e de aprendizagem e o conteúdo de funções exponenciais.

A BNCC¹⁸ é um documento, homologado em 2018, que apresenta as normas que orientam os processos de aprendizagem e as aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas da Educação Básica, garantindo o cumprimento dos direitos prescritos no Plano Nacional de Educação (PNE).

O documento é referência para construção dos currículos e das propostas pedagógicas dos sistemas de ensino da educação básica em todo país, contribuindo para o alinhamento na formação de professores, nos métodos avaliativos, na elaboração dos conteúdos educacionais e nos critérios de adequação da infraestrutura, com vistas ao desenvolvimento da educação.

A partir de dez competências gerais, que valem para toda educação básica, a BNCC busca assegurar as aprendizagens essenciais a todos os alunos. A BNCC define competência como “[...] a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades

¹⁸A íntegra do documento, informações sobre seu histórico e implementação podem ser acessadas no *site* o <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>.

(práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (BRASIL, 2018, p. 8).

A utilização de tecnologias e o mundo digital são considerados em diversas competências dentre as dez gerais da Educação Básica: para explicar e compreender a realidade, para investigar e resolver problemas das diferentes áreas de conhecimento, para expressar experiências e ideias utilizando diferentes linguagens e para comunicar e produzir conhecimento. Essa última consideração está diretamente ligada às propostas desta pesquisa, indicada dentro da competência geral 5:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (BRASIL, p. 9, 2018).

As TDIC ganham destaque nessa competência, como um recurso que auxilia a aprendizagem dos conteúdos e mobiliza saberes que contribuem para a formação pessoal e social dos estudantes. Buscamos, na proposta desta pesquisa, que os alunos percebam que as possibilidades de aprendizagens, geradas com auxílio das TDIC que foram utilizadas, são exclusivamente acessadas com sua utilização, que elas permitem reflexões e criticidade sobre as soluções buscadas nas atividades propostas, diferente do que acontece com as aulas no modelo tradicional.

Na BNCC, na etapa do Ensino Médio, as aprendizagens essenciais são organizadas dentro das áreas do conhecimento: Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas; e, para cada área, temos as competências específicas que, por sua vez, se apoiam em habilidades¹⁹ que devem ser desenvolvidas em cada etapa do Ensino Médio. Como traz Brasil (2018, p. 471)

O conjunto das competências específicas e habilidades definidas para o Ensino Médio concorre para o desenvolvimento das competências gerais da Educação Básica e está articulado às aprendizagens essenciais estabelecidas para o Ensino Fundamental [...].

¹⁹ As habilidades apresentam objetos de conhecimento, isto é, aprendizagens essenciais que devem ser garantidas no Ensino Médio e são indicadas por um código alfanumérico, por exemplo EM13MAT303, que mostra a etapa de desenvolvimento (EM), o intervalo com as séries que deve ser desenvolvida (13), a área ou componente curricular (MAT), o número da competência (3) e da habilidade (03).

O Currículo do Espírito Santo²⁰ apoia-se na BNCC para estruturar a educação básica do estado. Na etapa do Ensino Médio, na qual nossa pesquisa foi desenvolvida, o documento constitui-se em duas partes: a Formação Geral Básica e os Itinerários Formativos: Aprofundamentos.

A Formação Geral Básica organiza as competências e habilidades dentro das áreas de conhecimento como estabelecido na BNCC, inclusive apropria-se das mesmas competências e habilidades na organização dos componentes curriculares. Os Itinerários Formativos são organizados a partir da sistematização de diferentes componentes curriculares permitindo aprofundamento dentro das áreas do conhecimento, para prosseguimento dos estudos após o Ensino Médio ou visando à formação profissional que contribuam para o contexto local dos alunos.

Os documentos orientam que, na área de Matemática e suas Tecnologias, o trabalho deve ser voltado para o desenvolvimento das suas habilidades e das suas competências específicas, de forma que contribuam para ampliar os conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, com atividades mais abstratas e que trate os conteúdos de modo mais integrado com as outras áreas de conhecimento e com a realidade.

É importante destacar que os jovens alunos dessa geração contemporânea possuem grande familiaridade com o mundo digital, são nascidos na “[...] Era da Internet [...]” e entraram para a escola durante a quarta fase das tecnologias digitais em Educação Matemática, reforçando ainda mais a importância das TIC no processo educacional (ESPÍRITO SANTO, 2018b, p. 5).

No Ensino Médio, as potencialidades das tecnologias digitais devem ser exploradas no trabalho com os alunos evidenciando sua importância no desenvolvimento de atividades em todas as áreas de conhecimento, nas práticas sociais e relacionadas ao mundo do trabalho. Considerando isso, as competências e habilidades que direcionam a atividade prática desta pesquisa estão pautadas nas ideias de que os alunos aprendam a utilizar as mídias para a busca de dados e informações percebendo vantagens na sua utilização e possíveis riscos; para utilização de ferramentas de *softwares* para compreender conteúdos e manipular as diferentes formas de registros de representação de objetos matemáticos; e para investigação de soluções de problemas apoiadas em recursos tecnológicos que

²⁰ Disponível no site: <https://curriculo.sedu.es.gov.br/curriculo/documentos/>.

explorem o raciocínio lógico, o pensamento computacional e a criatividade dos alunos (BRASIL, 2018).

Considerando os objetivos da área de Matemática para o Ensino Médio, em consolidar, ampliar e aprofundar as aprendizagens essenciais adquiridas pelos alunos no Ensino Fundamental, convém destacar o que a BNCC e o Currículo do Espírito Santo propõem para a área de Matemática e suas Tecnologias nesta etapa de ensino e que está ligada às propostas desta pesquisa.

Brasil (2018) coloca que, no Ensino Fundamental, os alunos devem desenvolver o pensamento algébrico identificando a relação de dependência entre duas grandezas, utilizando a escrita algébrica para representá-las; adquirir habilidades que possibilitem identificar proporcionalidade ou não em representações gráficas da variação de grandezas no plano cartesiano; e utilizar tecnologias que estimulem o pensamento computacional, como calculadoras e planilhas.

Para desenvolver as competências e habilidades da área de Matemática e suas Tecnologias no Ensino Médio, devemos considerar todas as aprendizagens já desenvolvidas no Ensino Fundamental, partindo delas para alcançar conhecimentos que exijam processos mais reflexivos e de abstração, de modo mais autônomo e utilizando os recursos matemáticos.

Para que esses propósitos se concretizem nessa área, os estudantes devem desenvolver habilidades relativas aos processos de investigação, de construção de modelos e de resolução de problemas. Para tanto, eles devem mobilizar seu modo próprio de raciocinar, representar, comunicar, argumentar e, com base em discussões e validações conjuntas, aprender conceitos e desenvolver representações e procedimentos cada vez mais sofisticados (BRASIL, 2018, p. 529).

As habilidades são as bases que sustentam as competências. Para tanto, essas habilidades darão suporte para que os alunos adquiram competências para utilizarem diferentes representações para um objeto matemático. Sendo essa uma “vantagem” da Matemática, “[...] nessa área é possível verificar de forma inequívoca a importância das representações para a compreensão de fatos, ideias e conceitos, uma vez que o acesso aos objetos matemáticos se dá por meio delas [...]” (BRASIL, 2018, p. 529). Os alunos precisam dessas competências para resolverem as atividades de Matemática que são direcionadas a essa etapa final da Educação Básica, para utilizarem a linguagem Matemática de modo apropriado e com segurança na busca de soluções e respostas. Reafirmando a importância

de levar os alunos, durante o Ensino Médio a “[...] construir uma visão mais integrada da Matemática, estabelecendo conexões internas à área e com outras áreas de conhecimento e de sua aplicação à realidade [...]” (ESPÍRITO SANTO, 2018a, p. 2).

Destacamos, no Quadro 1, algumas competências específicas indicadas na BNCC para a área de Matemática e suas Tecnologias que estão relacionadas ao ensino de função exponencial, análise e construção de gráficos e uso de tecnologias em sala de aula e algumas habilidades relacionadas a elas – vale lembrar que o Currículo do Espírito Santo utiliza as mesmas competências e habilidades.

Quadro 1 - Associação entre habilidade e competência específica

Habilidade	Competência Específica
(EM13MAT303) Interpretar e comparar situações que envolvam juros simples com as que envolvem juros compostos, por meio de representações gráficas ou análise de planilhas, destacando o crescimento linear ou exponencial de cada caso.	3. Utilizar estratégias, conceitos, definições e procedimentos matemáticos para interpretar, construir modelos e resolver problemas em diversos contextos, analisando a plausibilidade dos resultados e a adequação das soluções propostas, de modo a construir argumentação consistente.
(EM13MAT403) Analisar e estabelecer relações, com ou sem apoio de tecnologias digitais, entre as representações de funções exponencial e logarítmica expressas em tabelas e em plano cartesiano, para identificar as características fundamentais (domínio, imagem, crescimento) de cada função.	4. Compreender e utilizar, com flexibilidade e precisão, diferentes registros de representação matemáticos (algébrico, geométrico, estatístico, computacional etc.), na busca de solução e comunicação de resultados de problemas.
(EM13MAT503) Investigar pontos de máximo ou de mínimo de funções quadráticas em contextos envolvendo superfícies, Matemática Financeira ou Cinemática, entre outros, com apoio de tecnologias digitais.	5. Investigar e estabelecer conjecturas a respeito de diferentes conceitos e propriedades matemáticas, empregando estratégias e recursos, como observação de padrões, experimentações e diferentes tecnologias, identificando a necessidade, ou não, de uma demonstração cada vez mais formal na validação das referidas conjecturas.

Fonte: Brasil (2018).

Percebemos que as ações indicadas nas habilidades contribuem para o desenvolvimento da competência específica associada. No Quadro 1, escolhemos apresentar apenas uma habilidade relacionada a cada competência, aquela que está mais direcionada aos três temas descritos anteriormente, de função exponencial, análise e construção de gráficos e

uso de tecnologias em sala de aula, mas, nos documentos da BNCC e do Currículo do Espírito Santo, podemos encontrar as outras habilidades que convergem para o alcance da competência de forma consolidada.

No Currículo do Espírito Santo, nesse caso específico da parte de Matemática e suas tecnologias, vemos quadros que organizam os Campos Temáticos, os Objetos de Conhecimento, as Habilidades, as Competências Específicas e os Temas Integradores e Interdisciplinaridade para cada série do Ensino Médio. Podemos delinear as relações entre a habilidade EM13MAT303 associada à competência específica 3, do Quadro 1, que estão interligadas aos objetos de conhecimentos de juros e de equações/ sistemas de equações dentro do campo temático de álgebra e funções. A habilidade EM13MAT403 ligada à competência específica 4 e a habilidade EM13MAT503 associada à competência específica 5 estão interligadas ao objeto de conhecimento de funções dentro do campo temático de álgebra e funções.

As habilidades EM13MAT403 e EM13MAT503, apresentadas no Quadro 1, contribuem para aprendizagens de funções relacionando suas representações por tabelas e gráficos, identificando as características essenciais e relacionando com outras áreas de conhecimento. Essas aprendizagens se apoiam nas tecnologias como recurso facilitador e que “[...] reforçam a capacidade de raciocinar logicamente, formular e testar conjecturas, avaliar a validade de raciocínios e construir argumentações” (BRASIL, 2018, p. 536). O trabalho direcionado ao desenvolvimento dessas habilidades irá contribuir para que o aluno atinja as competências específicas, garantindo as aprendizagens essenciais das competências gerais.

Nesse texto, não discutiremos os Itinerários Formativos: Aprofundamentos que compõem uma outra via do Currículo do Espírito Santo para a etapa do Ensino Médio, uma vez que fica fora das propostas desta pesquisa, e caberiam estudos em outras vertentes e mais aprofundados para análise dos contextos em que a função exponencial é tratada.

Com objetivo de fundamentar os conceitos matemáticos tratados nesta pesquisa, apresentamos, na seção a seguir, as definições das funções exponenciais.

3.4 AS FUNÇÕES EXPONENCIAIS

Como mostrado na seção anterior, o ensino das funções exponenciais é direcionado para a etapa do Ensino Médio em situações que abrangem interpretação de gráficos que evidenciem as características de crescimento (ou decréscimo) dessas funções, análise das características fundamentais desses gráficos e identificação dos conceitos de funções exponenciais em aplicações dentro da Matemática assim como em outras áreas de conhecimento envolvendo fenômenos biológicos, físicos, econômicos e populacionais.

Considerando as possibilidades de aplicação da função exponencial em contextos reais, é importante que sua aprendizagem aconteça de forma efetiva, que permita aos alunos fazerem interpretações concisas a partir de seus conhecimentos concretos dos conceitos de função exponencial.

Nesta seção, apresentaremos as definições de função exponencial e do tipo exponencial baseados no livro de Lima et al. (2005).

3.4.1 Definição de Função Exponencial

Dados a , x e y , números reais quaisquer, com $a > 0$ e $a \neq 1$, valem as seguintes propriedades:

- I. $a^x \cdot a^y = a^{x+y}$;
- II. $a^1 = a$;
- III. $x < y \Rightarrow a^x < a^y$ se $a > 1$ e;
 $x < y \Rightarrow a^x > a^y$ se $0 < a < 1$.

Considere a aplicação $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ dada por $f(x) = a^x$, sendo $a > 0$ e $a \neq 1$.

Iremos demonstrar algumas propriedades da função, que está bem definida para todos os números reais, e que seu conjunto imagem é o conjunto dos números reais positivos, excluindo o zero, denotado por \mathbb{R}_+^* .

Pela propriedade I, tem-se

$$f(x + y) = a^{x+y} = a^x \cdot a^y = f(x) \cdot f(y),$$

Isso é, a função f não assume o valor 0 (zero), a não ser que seja identicamente nula. Para tanto, considere $x_0 \in \mathbb{R}$ tal que $f(x_0) = 0$ então,

$$f(x) = f(x_0 + (x - x_0)) = f(x_0) \cdot f(x - x_0) = 0 \cdot f(x - x_0) = 0, \forall x \in \mathbb{R}$$

O que implicaria na função ser identicamente nula.

Considerando ainda a propriedade I e que a função $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ não é identicamente nula, tem-se que

$$f(x) = f\left(\frac{x}{2} + \frac{x}{2}\right) = f\left(\frac{x}{2}\right) \cdot f\left(\frac{x}{2}\right) = \left[f\left(\frac{x}{2}\right)\right]^2 > 0, \forall x \in \mathbb{R},$$

ou seja, $\text{Im}(f) \subset \mathbb{R}_+^*$.

Por outro lado, dado um número $x \in \mathbb{R}_+^*$ qualquer, tem-se que $\log_a x \in \mathbb{R}$ e

$$f(\log_a x) = a^{\log_a x} = x.$$

Logo, $\mathbb{R}_+^* \subset \text{Im}(f)$. Desta forma, $\text{Im}(f) = \mathbb{R}_+^*$.

Pela propriedade II temos que $a^1 = f(1) = a$, assim dadas as propriedades I e II da função $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ e tomando $n \in \mathbb{N}$ tem-se

$$f(n) = f(1 + 1 + 1 + \dots + 1) = f(1) \cdot f(1) \cdot f(1) \cdot \dots \cdot f(1) = a \cdot a \cdot a \cdot \dots \cdot a = a^n.$$

Em contrapartida, para todo número racional $r = \frac{m}{n}$, com $n \in \mathbb{N}$ e $n \neq 0$ tem-se pela definição de potência de número racional que $a^r = \sqrt[n]{a^m}$. Deste modo, como $m = nr$, temos

$$f(r)^n = a^{rn} = f(nr) = f(m) = a^m = f(1)^m.$$

Logo,

$$f(r)^{\frac{n}{n}} = f(1)^{\frac{m}{n}} \rightarrow f(r) = f(1)^{\frac{m}{n}} = f(1)^r \rightarrow f(r) = a^r, \forall r \in \mathbb{Q}.$$

Assim, $f(r) = a^r = \sqrt[n]{a^m}$ é a única função $f: \mathbb{Q} \rightarrow \mathbb{R}^+$, onde $f(r + s) = f(r) \cdot f(s), \forall r, s \in \mathbb{Q}$ e $f(1) = a$, isto é, a função está bem definida para todos os números racionais.

Pela propriedade III tem-se que a função exponencial $f(r) = a^r, \forall r \in \mathbb{Q}$ é crescente se $a > 1$ e é decrescente se $0 < a < 1$.

Por fim, analisaremos o caso em que a função $f(x) = a^x$ assume valores irracionais para x .

Considere o seguinte Lema: “[...] Fixado um número real positivo $a \neq 1$, em todo intervalo de \mathbb{R}^+ existe alguma potência, a^r , com $r \in \mathbb{Q}$ ” (LIMA et al., 2005, p. 177).

Se $a > 1$, então a^x tem a seguinte propriedade:

$$r < x < s, \text{ com } r, s \in \mathbb{Q} \implies a^r < a^x < a^s.$$

Não podem existir dois números reais diferentes, digamos $A < B$, com a propriedade acima, pois se existissem tais A e B teríamos

$$r < x < s, \text{ com } r, s \in \mathbb{Q} \implies a^r < A < B < a^s,$$

e então o intervalo $[A, B]$ não conteria nenhuma potência de a com expoente racional, contrariando o lema anterior.

Desse modo, a^x é o único número real cujas aproximações por falta são a^r , onde $r < x$ e $r \in \mathbb{Q}$, e cujas aproximações por excesso são a^s , onde $x < s$ e $s \in \mathbb{Q}$, em outras palavras, a função está bem definida para todos os números irracionais.

Portanto, a aplicação $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ dada por $f(x) = a^x$, sendo $a > 0$ e $a \neq 1$ está bem definida para todo número real e satisfaz todas as três propriedades. Denominaremos essa aplicação de Função Exponencial de base a .

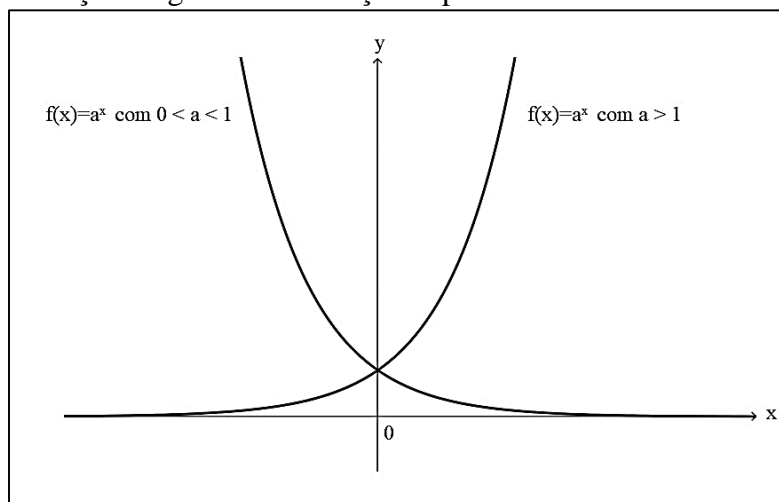
Algumas observações sobre as restrições da base a :

- Se $a < 0$ a função exponencial de base a não estaria definida para todo $x \in \mathbb{R}$. Consideremos a função $f(x) = (-2)^x$. Tome $x = \frac{1}{2}$, assim $f\left(\frac{1}{2}\right) = (-2)^{\frac{1}{2}} \notin \mathbb{R}$.
- Se $a = 0$ e $x < 0$ os valores de 0^x não podem ser definidas considerando a impossibilidade de aplicação da definição de potência de expoente negativo $b^{-n} = \frac{1}{b^n}$, já que para o caso $b = 0$ não está definida.
 - Se $a = 0$ e $x = 0$ temos a potência 0^0 que é indeterminada.
 - Se $a = 0$ e $x > 0$ a função exponencial $f(x) = 0^x$ torna-se a função constante $f(x) = 0$.

- Se $a = 1$ a função $f(x) = 1^x$ torna-se uma função constante, já que $1^n = 1, \forall n \in \mathbb{R}$.

Abaixo o gráfico de $f(x) = a^x$ para os casos de $a > 1$ e $0 < a < 1$.

Figura 8 - Esboço dos gráficos da função exponencial crescente e decrescente



Fonte: arquivo próprio.

Considere os valores de x variando da esquerda para direita. No caso de $a > 1$ a curva exponencial $y = a^x$ apresenta crescimento bastante lento enquanto x é negativo e à medida que os valores de x aumentam, o crescimento de y se torna cada vez mais acelerado. Já no caso $0 < a < 1$ a curva de $y = a^x$ apresenta um decrescimento rápido para valores de x negativos e, quando os valores de x aumentam, esse decrescimento acontece cada vez mais lento.

Ao fazer algumas modificações na função exponencial, chegamos à função $g: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$, definida como $g(x) = b \cdot a^x + c$, onde a, b e c são constantes reais, $a > 0$ e $a \neq 1$. Essa aplicação é chamada de função do tipo exponencial. Essa forma de função mantém as propriedades da função exponencial, tais como monotonicidade (ou seja, sempre crescente ou sempre decrescente) e injetividade (ou seja, associação unívoca entre os elementos do domínio e da imagem).

Essas definições foram apresentadas, pensando em dar um embasamento acerca das definições direcionadas aos professores, para que possam avaliar as propostas do livro didático de forma crítica, permitindo ampliar os conceitos apresentados e sugerindo possibilidades de aprendizagem mais efetivas aos alunos.

4 PERCURSO METODOLÓGICO

Neste capítulo, caracterizamos a pesquisa, apresentamos os seus princípios metodológicos que se adequam ao contexto de aplicação, os sujeitos envolvidos, as técnicas usadas para a coleta de dados e o método de análise utilizado para os resultados.

Caracterizamos este trabalho como uma pesquisa qualitativa e apoiamo-nos em Flick (2009, p. 23) para identificar os seus aspectos essenciais.

[...] Na escolha adequada de métodos e teorias convenientes; no reconhecimento e na análise de diferentes perspectivas; nas reflexões dos pesquisadores a respeito de suas pesquisas como parte do processo de produção de conhecimento; e na variedade de abordagens e métodos.

Para nos aproximarmos do problema investigado, desenvolvemos uma pesquisa exploratória, que torna o problema de investigação ainda mais evidente. E considerando o objetivo principal desta pesquisa, de analisar possíveis contribuições da utilização de TDIC, nos processos de ensino e de aprendizagem das funções exponenciais em uma turma da segunda série do Ensino Médio, seu caráter exploratório colabora com a obtenção de “[...] informações ou dados mais esclarecedores e consistentes [...]”, permitindo um melhor redirecionamento da pesquisa (FIORENTINI E LORENZATO, 2009, p. 69).

Na pesquisa qualitativa, a coleta de dados é feita de forma direta no local da pesquisa e o pesquisador deve estar presente, visto que seu entendimento do contexto da pesquisa tem grande importância nas análises dos dados, é “[...] o instrumento-chave de análise [...]” (BOGDAN E BIKLEN, 1994, p. 48). A possibilidade de contato do pesquisador de forma mais direta e por mais tempo com as situações a serem investigadas, permitem entender como essas situações se desenvolvem naquele período observado.

Foi feito, nesta pesquisa, a aplicação do Plano de Atividades, que visou ensinar as funções exponenciais por meio das TDIC e incluiu uma atividade sobre as funções do tipo exponencial que objetivou perceber se os alunos identificam as relações entre os coeficientes da função e o seu gráfico. Na turma em que o Plano foi trabalhado, a pesquisadora era professora regente da disciplina de Matemática no ano letivo corrente (2022). Esse fato contribuiu para sua participação durante todo o processo de

desenvolvimento da pesquisa e para que o comportamento dos alunos não mudasse de maneira expressiva diante da presença da pesquisadora.

Como ressaltam Bogdan e Biklen (1994, p. 68)

[...] como os investigadores qualitativos estão interessados no modo como as pessoas normalmente se comportam e pensam nos seus ambientes naturais, tentam agir de modo a que as atividades que ocorrem na sua presença não difiram significativamente daquilo que se passa na sua ausência [...].

O desenvolvimento do Plano de Atividades possibilitou trabalhar com diversificados métodos para obtenção dos dados. Fiorentini e Lorenzato (2009) trazem essa diversidade como típica das pesquisas exploratórias, e, nesta pesquisa, se deu por meio da resolução das atividades do Plano, do diário de bordo, da aplicação de um questionário (Apêndice C) aos alunos da turma e de conversas no grupo de *WhatsApp*

Assumimos a ideia de Goldenberg (2004, p. 50) quando apresenta que os dados da pesquisa qualitativa devem “[...] possibilitar a compreensão do significado e a ‘descrição densa’ dos fenômenos estudados em seus contextos [...]”. Completamos com Bogdan e Biklen (1994, p. 48), afirmando que os pesquisadores “[...] tentam analisar os dados em toda a sua riqueza, respeitando, tanto quanto o possível, a forma em que estes foram registados ou transcritos”.

No diário de bordo, procuramos trazer apenas informações narrativas observadas durante a realização das atividades pelos alunos. Foram descritas as observações de cada etapa do desenvolvimento da pesquisa, informações sobre as atividades desenvolvidas em cada aula, sobre o comportamento dos alunos e as ações da professora. Esses registros não aconteceram concomitante à aplicação da pesquisa, já que a professora era a pesquisadora, e, portanto, além de observar também participou da pesquisa, eles foram feitos ao final de cada dia de aplicação da atividade, ainda na escola.

O fato de poder observar e participar do contexto de aplicação da pesquisa, como é o que ocorre com a observação participativa, pode contribuir para as análises dos dados, com observações que não puderam ser obtidas a partir das outras formas de coletas e para a comparação entre eles (CASTRO; FERREIRA; GONZALEZ, 2013).

Após a aplicação do Plano de Atividades, os alunos responderam ao questionário, com questões abertas sobre os recursos de TDIC utilizados para desenvolver o Plano de Atividades e, com questões fechadas, que visou avaliar o desenvolvimento das aulas e a sua participação nelas. E, quanto ao uso do aplicativo do *WhatsApp* como recurso metodológico, permitiu analisar as interações entre a professora e os alunos durante a aplicação da pesquisa.

Para realizarmos as análises dos dados desta investigação, a partir das suas formas de coletas de dados e da sua abordagem qualitativa, embasamo-nos nas ideias de Gil (2002), que apresenta um processo sequencial de atividades, e de Bardin (2021), com algumas técnicas da Análise de Conteúdo (AC).

Gil (2002, p. 133) considera que

[...] a análise qualitativa depende de muitos fatores, tais como a natureza dos dados coletados, a extensão da amostra, os instrumentos de pesquisa e os pressupostos teóricos que nortearam a investigação. Pode-se, no entanto, definir esse processo como uma sequência de atividades, que envolve a redução dos dados, a categorização desses dados, sua interpretação e a redação do relatório.

A AC oferece, de modo sistematizado, uma metodologia para análise de conteúdos que vai para além da palavra unicamente “escrita”. Bardin (2021, p. 44) define a AC como

um método de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objectivos [sic] de descrição do conteúdo das mensagens (indicadores quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

Ambos os autores propõem métodos com semelhanças que iremos utilizar para a análise dos nossos dados. Seguimos um caminho metodológico organizado em três etapas: processo exploratório dos dados visando reduzi-los para o que é essencial à pesquisa; construção das categorias que permitem descrever e organizar os dados; e, por fim, análises, que relacionam os dados com o embasamento teórico para responder à questão proposta de investigação.

Na primeira etapa, os dados passaram por um processo detalhado de investigação, que visou explorar e reduzir as informações coletadas na pesquisa. Bardin (2021) considera que a etapa de organização dos dados caracteriza-se pela constituição do *corpus*, o

conjunto dos documentos levados em conta para serem submetidos aos processos analíticos e preparação do material para ser explorado.

Os dados coletados por cada instrumento foram descritos separadamente. Fizemos as correções das atividades resolvidas pelos alunos propostas no Plano de Atividades e descrevemos os resultados obtidos para cada uma das quatro atividades que são propostas; fizemos o levantamento e o agrupamento das respostas dadas em cada pergunta do questionário; e descrevemos as observações do diário de bordo.

Gil (2002, p. 133) destaca a importância de manter o foco nos objetivos da pesquisa durante os processos “[...] de seleção, simplificação, abstração e transformação dos dados [...]”, contribuindo para que não tenhamos um acúmulo de dados não necessários para as análises, na primeira etapa que chama de “[...] redução dos dados [...]”.

Com os dados reduzidos e sistematizados dentro de cada instrumento de coleta, construímos um processo de categorização na busca de organizar as informações para contribuir com as tomadas de decisões e percepção das conclusões (GIL, 2002).

Bardin (2021, p. 145) define que “[...] as categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos [...] sob um título genérico, agrupamento esse efectuado [sic] em razão das características comuns destes elementos [...]”.

Ainda segundo a autora, a análise categorial é a técnica mais utilizada e mais antiga para análise de conteúdo e pode acontecer de duas formas: por meio do procedimento por caixas, criando-se as categorias e, à medida que os elementos são encontrados, destina-se à repartição, e do procedimento por acervo, classificando-se os elementos e, depois, instituindo-se as categorias. Nesta pesquisa, as categorias emergiram a partir do agrupamento dos elementos relevantes aos objetivos propostos. O processo de categorização foi por acervo, as categorias foram criadas após a primeira etapa do processo exploratório definido anteriormente.

Assim, elaboramos quatro categorias e apresentamos os respectivos instrumentos metodológicos que utilizamos como fontes de dados. As categorias, As multimídias em sala de aula e Funcionalidades do GeoGebra foram analisados a partir dos dados extraídos das observações do diário de bordo e do questionário; a categoria Transformações gráficas foi analisada tendo em vista as resoluções das atividades propostas no Plano; e,

na última categoria, Uso da linguagem matemática, consideramos as resoluções das atividades do Plano e as observações do diário de bordo.

Elaboramos as categorias e passamos para suas interpretações e escrita das análises. Gil (2002, p. 134) afirma que “[...] a categorização dos dados possibilita sua descrição. Contudo [...] é necessário que o pesquisador ultrapasse a mera descrição, buscando acrescentar algo ao questionamento existente sobre o assunto [...]”.

Na etapa final de análise, as interpretações devem ir além do que os dados apresentam na sua forma escrita e buscar desvendar conteúdos subentendidos que revelem informações sobre o tema investigado e a escrita das análises devem ser feitas de forma clara, precisa e objetiva, que traga as respostas para o problema de investigação que é proposto dentro da pesquisa, que, nesse caso, é: **Como as TDIC podem contribuir para os processos de ensino e de aprendizagem das funções exponenciais em uma turma da 2ª série do Ensino Médio, com foco nas relações estabelecidas entre os coeficientes e os gráficos das funções?**

Bardin (2021) considera que as inferências serão possíveis mediante a fundamentação teórica que dá base à pesquisa e as análises de estudos relacionados no mesmo tema, para que possamos fazer relações que mostrem as descobertas do estudo.

Com as inferências que realizamos nas categorias, buscamos estabelecer as relações dos dados obtidos com as concepções dos autores do referencial teórico e das revisões de literatura.

No capítulo seguinte, apresentamos o Plano de Atividades que foi aplicado nesta pesquisa, o processo de escolha da turma e a seleção das atividades utilizadas para as análises da pesquisa e a descrição dessa aplicação do Plano, com as observações do diário de bordo.

5 A PESQUISA

A pesquisa desenvolveu-se a partir da aplicação do Plano de Atividades em uma turma da segunda série do Ensino Médio de uma escola pública estadual localizada na zona urbana do Município de São Mateus.

A proposta deste Plano de Atividades é relembrar os conceitos de função exponencial e aprofundar os conceitos das funções do tipo exponencial, identificando as relações entre os seus coeficientes e seu gráfico.

Antes da aplicação do Plano de Atividades, aos alunos foram apresentadas as propostas da pesquisa, entregues os registros de assentimento e de consentimento livre e esclarecido e o termo de autorização de uso de imagem e som de voz; na ocasião, o registro de assentimento foi lido junto com os alunos para que ficassem claras quaisquer dúvidas sobre o processo da pesquisa.

Após isso, criamos o grupo de *WhatsApp*, com todos os alunos da turma, para as interações durante o desenvolvimento do Plano de Atividades, que aconteceu nas aulas regulares de Matemática.

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEP/CEUNES), sob número do parecer 5.665.547 e o parecer consubstanciado encontra-se no Apêndice D.

Nas seções seguintes, temos o Plano de Atividades desenvolvido na pesquisa e as descrições das observações a partir do Diário de Bordo.

5.1 O PLANO DE ATIVIDADES

- 1) **ÁREA:** Matemática e suas tecnologias
- 2) **DISCIPLINA:** Matemática
- 3) **ETAPA:** 2ª série do Ensino Médio
- 4) **OBJETOS DE CONHECIMENTO:**
 - Função exponencial e funções do tipo exponencial:
 - Definição;
 - Exemplos contextualizados;
 - Construção gráfica;
 - Relações entre coeficientes da função e seu gráfico.

5) OBJETIVOS:

A execução deste plano de atividades pretende levar o aluno a:

- Revisar a definição de função exponencial;
- Caracterizar e perceber o uso das funções do tipo exponencial em problemas contextualizados;
- Perceber as características principais do gráfico da função exponencial e do tipo exponencial;
- Identificar as relações entre os coeficientes da função e seu gráfico.

6) TEMPO ESTIMADO: 5 aulas de 50 minutos

7) MATERIAL NECESSÁRIO:

Para os alunos:

- Material escolar de uso comum: caderno, caneta, lápis, borracha e régua;
- Aparelho *smartphone* com o aplicativo *WhatsApp* e o *software* GeoGebra ou *Chromebook* da escola para seu uso *online*.

Para o professor:

- Material de uso comum para aulas expositivas: pincéis, apagador e régua para uso do quadro branco;
- Projetor de imagem, *Datashow*, *smartphone*, *notebook*

8) CONTEXTUALIZAÇÃO:

A representação e a interpretação gráfica está presente em diversas competências e habilidades relacionadas à área de Matemática de suas Tecnologias no Ensino Médio dentro da BNCC. Diretamente ligadas aos conteúdos propostos para esse Plano de Atividades – Funções Exponenciais – temos as descritas no Quadro 2, mostrando a associação entre elas.

Quadro 2 - Competências e habilidades para as Funções Exponenciais

Competência específica 3	Habilidade EM13MAT304
Utilizar estratégias, conceitos, definições e procedimentos matemáticos para interpretar, construir modelos e resolver problemas em diversos contextos, analisando a plausibilidade dos resultados e a adequação das soluções propostas, de modo a construir argumentação consistente.	Resolver e elaborar problemas com funções exponenciais nos quais seja necessário compreender e interpretar a variação das grandezas envolvidas, em contextos como o da Matemática Financeira, entre outros.
Competência específica 4	Habilidade EM13MAT403
Compreender e utilizar, com flexibilidade e precisão, diferentes registros de representação matemáticos (algébrico, geométrico, estatístico, computacional etc.), na busca de solução e comunicação de resultados de problemas.	Analisar e estabelecer relações, com ou sem apoio de tecnologias digitais, entre as representações de funções exponencial e logarítmica expressas em tabelas e em plano cartesiano, para identificar as características fundamentais (domínio, imagem, crescimento) de cada função.

Fonte: Brasil (2018).

Para alcançar a competência específica, é preciso que a habilidade seja desenvolvida nos alunos a partir do trabalho no cotidiano escolar. Devemos considerar que desenvolver tais habilidades não é uma tarefa simples e direta, é preciso que os alunos tenham alguns conhecimentos elementares do conteúdo, nesses casos, é necessário que eles consigam fazer análises gráficas a partir das relações existentes entre os coeficientes reais das funções e seus gráficos. Esse Plano de Atividades traz uma proposta para o alcance desse objetivo, baseada em metodologias com uso de tecnologias.

A tecnologia irá incrementar o processo de ensino e de aprendizagem, contribuindo para facilitar as construções gráficas e suas análises, assim como atrair a atenção dos alunos, que nessa geração estão tão ligados a ela.

9) DESENVOLVIMENTO:

As atividades serão desenvolvidas em 4 etapas durante as aulas regulares de Matemática, de acordo com o detalhamento que segue.

Etapa 1:

Nesta etapa, o professor fará uma revisão do conteúdo de função exponencial direcionada para a compreensão da definição e da construção do gráfico. Considerando que o conteúdo de Função Exponencial já tenha sido estudado pela turma, a primeira ação será

a criação de uma nuvem de palavras a partir do *Mentimeter*²¹, através do grupo do *WhatsApp*, para identificar o que os alunos lembram sobre os conceitos de função exponencial, ou quais palavras associam a ele. Após essa ação, devemos passar um vídeo (uma videoaula), que, nesse caso, foi retirado do *Youtube*, com explicações que reforçam os conceitos de função exponencial, que devem ser discutidos junto com os alunos para reforçar o aprendizado. Para finalizar, a nuvem de palavras deve ser retomada e discutidas questões do tipo: existem palavras fora do tema? Poderíamos acrescentar novas palavras?

Etapa 2:

Com a apresentação dos *slides*, serão explicadas e discutidas a definição de função do tipo exponencial, que serão utilizadas nas situações reais, exemplos de leis da função aplicadas a problemas contextualizados e as características do seu gráfico no plano cartesiano. Os *slides* estão apresentados no APÊNDICE A – *Slides*.

Etapa 3:

Os alunos irão resolver as atividades propostas (ver em apêndice B) com auxílio do *software* GeoGebra, sobre a construção de gráficos e as análises relacionando-os com os coeficientes das funções. Ao final apresentarão as resoluções escritas das atividades. Nesta etapa, o professor pode auxiliar os alunos, seja na utilização do *software* seja no entendimento das atividades – é importante que os alunos compreendam o que estão respondendo.

Etapa 4:

Nesta etapa, proporemos a discussão sobre atividades desenvolvidas neste Plano de Atividades, destacando o papel das TDIC em cada investigação feita. E, ao final, os alunos irão preencher um questionário, que está disponível como formulário do *Google* e impresso, permitindo que os alunos deem suas opiniões acerca dos recursos utilizados, do desenvolvimento das aulas e da sua participação nas atividades (APÊNDICE C – Questionário).

²¹ Mentimeter é uma plataforma para criação de apresentações e reuniões interativas. Disponível em: <https://www.mentimeter.com/pt-BR>.

5.2 AS ESCOLHAS DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA E DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Como dito anteriormente, realizamos nossa pesquisa numa escola pública estadual, localizada na zona urbana do município de São Mateus, onde a pesquisadora é professora regente de Matemática, assim, optamos por escolher uma das suas próprias turmas para desenvolver o trabalho. A possibilidade dessa escola proporcionar acesso a recursos tecnológicos, como a rede *wifi* de Internet, aparelhos de reprodução de multimídias e *Chromebooks* também foram fatores importantes para nossa escolha.

No ano letivo de 2022, a professora lecionava matemática em três turmas da segunda série do Ensino Médio, e, como apontado pelas Orientações Curriculares²² da SEDU do Espírito Santo, o conteúdo de função exponencial foi trabalhado com as turmas no primeiro trimestre letivo, e, na ocasião, foi desenvolvida uma atividade²³ com auxílio do GeoGebra.

A escolha da turma que participou da pesquisa deveu-se ao fato de que, durante a realização dessa atividade com GeoGebra, se destacou pela motivação e pelo empenho na utilização do *software*, sendo a turma que mais demonstrou interesse em já levar para aula o *software* instalado no celular e no comprometimento durante a realização da atividade. Dentre as turmas que a pesquisadora estava regendo, esta não se destacava por atingir as notas mais altas, mas pelo compromisso em desenvolver as atividades propostas nas aulas.

No período em que a pesquisa foi desenvolvida, a turma era formada por trinta e um alunos matriculados, sendo vinte e sete deles frequentes, e os quatro não frequentes davam indício de evasão escolar. Apesar de termos recolhidos vinte e quatro resoluções das atividades do Plano de Atividades, tivemos vinte e dois alunos que aceitaram participar da pesquisa e entregaram os pareceres de acordo com o CEP.

²² Link de acesso ao documento das Orientações Curriculares de 2022: <<https://curriculo.sedu.es.gov.br/curriculo/wp-content/uploads/2022/10/MATEMATICA-EM-1%C2%B0-TRIM-2022.pdf>>.

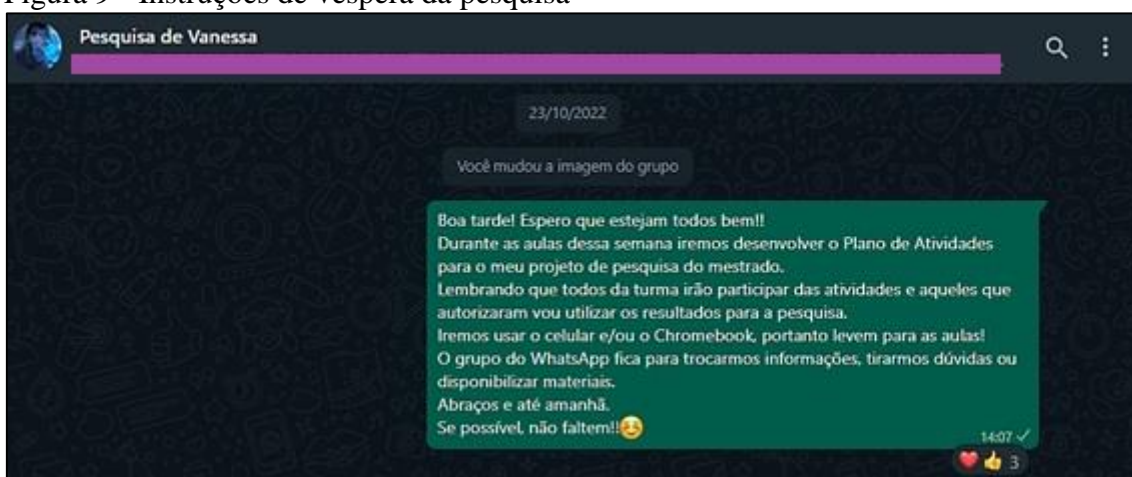
²³ Essa atividade está no livro didático, Bonjorno, Giovanni e Sousa (2020), utilizado na escola onde a pesquisa foi desenvolvida. Na seção “Explorando a tecnologia” do capítulo 2 que trata das funções exponenciais.

Durante o desenvolvimento das etapas de aplicação do Plano de Atividades, dezenove alunos frequentaram todas as aulas em que a pesquisa foi desenvolvida, desses, catorze responderam todas as atividades do Plano. Os demais oito alunos (que aceitaram participar da pesquisa) não finalizaram por completo as resoluções das atividades, sendo que das quatro atividades propostas: um aluno respondeu as atividades 1, 2 e 3; um aluno respondeu as atividades 1 e 2; seis alunos responderam apenas a atividade 1, desses, dois alunos copiaram as respostas de uma atividade de outro colega. Para as análises dos dados desta pesquisa, optamos por utilizar as atividades resolvidas pelos catorze alunos que responderam a todas as atividades do Plano.

5.3 DESCRIÇÃO DAS OBSERVAÇÕES DO DIÁRIO DE BORDO

A Etapa 1 foi iniciada no dia vinte quatro de outubro de dois mil e vinte dois e teve duração de uma aula de cinquenta minutos. Para atender as necessidades dessa etapa, no dia anterior, via *WhatsApp*, lembrei os alunos do início da pesquisa e pedi que levassem a TDIC disponível para utilizar ao longo da semana para realização das atividades (podendo ser *Chromebook* ou *smartphone*). Na Figura 9, vemos a captura de tela do grupo de *WhatsApp* utilizado durante o desenvolvimento do Plano de Atividades.

Figura 9 - Instruções de véspera da pesquisa



Fonte: arquivo próprio

A apresentação dos *slides* começa com a criação da nuvem de palavras, mostrando o código de acesso da plataforma *Mentimeter*, que foi acessada por um link disponibilizado no grupo de *WhatsApp*. Os alunos inseriram as palavras ou expressões, quantas quisessem, sobre função exponencial, a nuvem formada não foi apresentada

imediatamente, já que o objetivo era, ao final da revisão, proposta nesta etapa, retomar os termos lembrados pelos alunos. Nessa etapa, tivemos algumas dificuldades de acesso pelo aparelho de *smartphone*, mas os alunos recorreram aos *Chromebooks* disponíveis e conseguiram completar a atividade.

Continuamos com os *slides* para a apresentação da videoaula sobre o conteúdo de função exponencial, revisando a definição, restrições da base da potência e construção do gráfico de uma função crescente e outra decrescente. O vídeo escolhido mostra a resolução de duas questões de vestibular, mas, como não era o objetivo da aula, o vídeo não foi apresentado integralmente. A maioria dos alunos ficou bastante atenta ao vídeo. A Figura 10 apresenta o código QR que dá acesso à videoaula utilizada nessa primeira etapa do Plano de Atividades.

Figura 10 – *QR code* para a videoaula – função exponencial

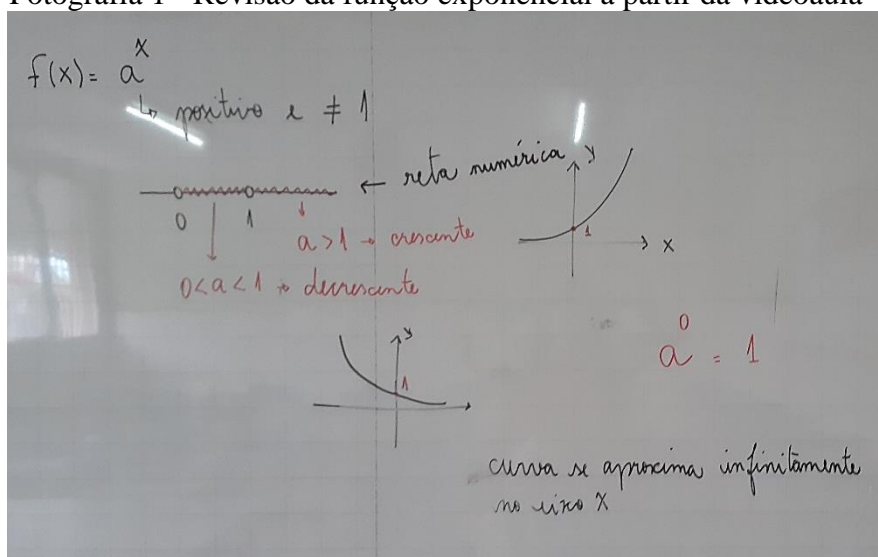


Fonte: aplicativo – *QR code generator*.

Após o vídeo, fizemos uma retomada dos conceitos apresentados com uma explicação oral, apoiada no quadro branco, acrescentando algumas observações que não foram feitas na videoaula, quanto à curva da função exponencial, que sempre passa pelo ponto $(0, 1)$ e os alunos acrescentaram que, no gráfico da função exponencial, a curva fica limitada²⁴ pelo eixo x do plano cartesiano, nas palavras dos alunos “a curva não passa pelo eixo x ”; “a curva chega perto, mas não encosta no eixo x ”; ou “o gráfico vai infinitamente, mas não passa em x ”. Vemos as observações feitas no quadro branco na Fotografia 1 que segue.

²⁴ Na aplicação do Plano de Atividades e no decorrer deste trabalho, utilizaremos, em alguns momentos, o termo “limite” identificando a assíntota da função, com objetivo de facilitar a compreensão dos alunos quanto a esses termos e contribuir nas observações das características dos gráficos.

Fotografia 1 - Revisão da função exponencial a partir da videoaula

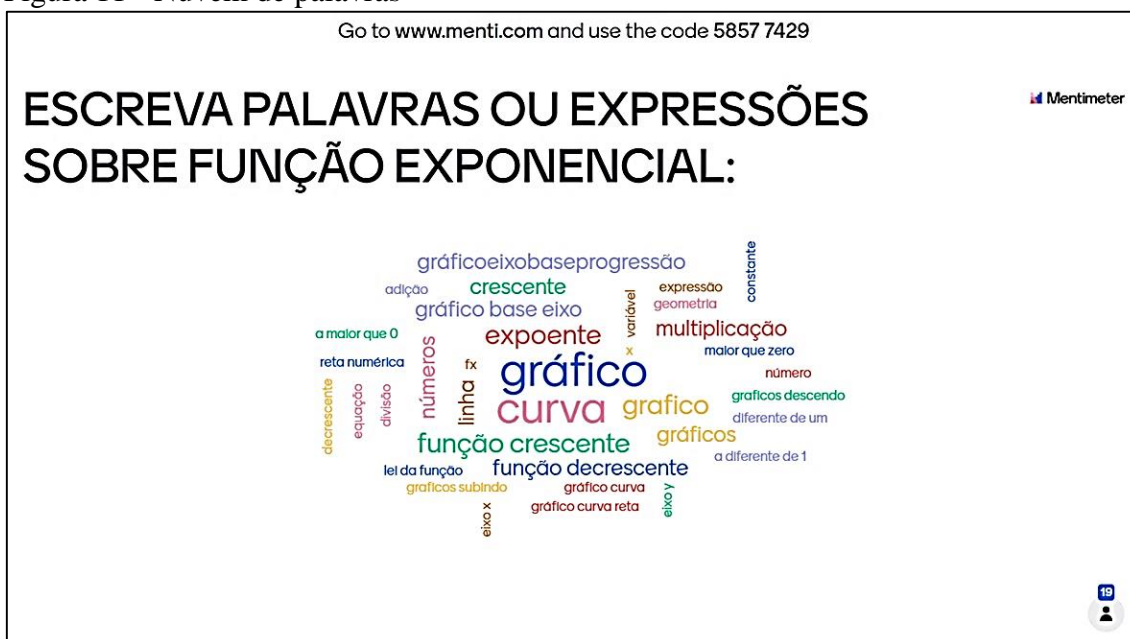


Fonte: acervo da autora.

Nesse dia, não foi possível retornarmos à nuvem de palavras. O tempo não foi suficiente, pois, na aula que nos antecedeu, os alunos estavam finalizando uma prova e então perdemos alguns minutos no início; desse modo, deixamos a discussão para a aula seguinte, antes de iniciarmos a Etapa 2 do Plano de Atividades.

Na aula seguinte, do dia vinte e seis de outubro de dois mil e vinte e dois, retomamos a nuvem de palavras que mostramos na Figura 11. Explicamos aos alunos que as palavras em tamanho maior eram aquelas que foram escritas com maior frequência, destacamos as palavras “gráfico” e “curva” em tamanho maior, seguidas por “expoente” e “função crescente” e, assim, as palavras se organizaram do centro para os entornos diminuindo de tamanho.

Figura 11 - Nuvem de palavras



Fonte: respostas dos alunos.

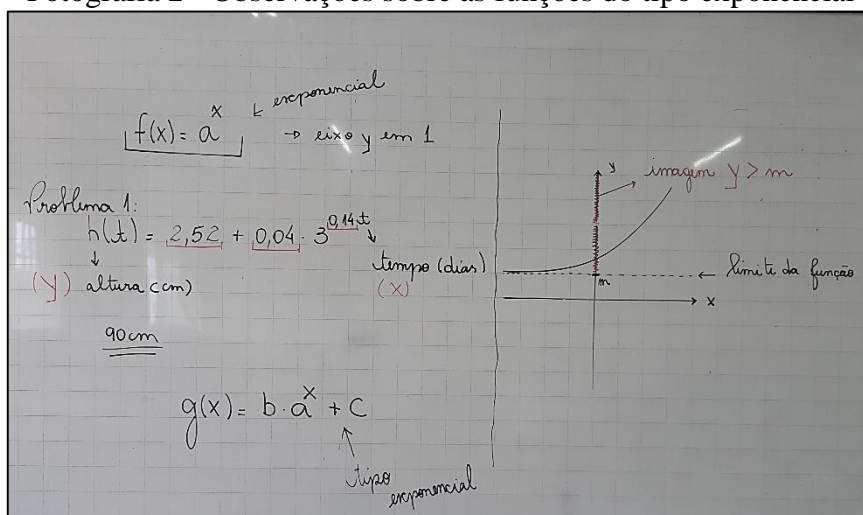
Feita a leitura das palavras e das expressões descritas e diante da revisão da aula anterior, analisamos se essas palavras e expressões realmente estavam relacionadas ao conteúdo de função exponencial. Identificamos que a maior parte estava sim relacionada, mas discutimos sobre algumas palavras que nos deixaram dúvidas, como: “adição”, “divisão”, “linha”, “constante” e “gráfico curva reta”. Alguns alunos tentaram justificar as palavras, como, que, no momento, não tivessem conseguido expressar o que queriam escrever, por exemplo, “linha” seria o traçado da curva, “constante” e “gráfico curva reta” estariam relacionadas à parte da curva que se aproxima do eixo x e dá a impressão de estar em posição horizontal, já as palavras “adição”, “divisão” não foram justificadas de modo convincente, mas como as operações feitas para construção dos gráficos.

Encerradas as discussões, iniciamos a Etapa 2 do Plano de Atividades. Nessa etapa, propomo-nos a estudar as funções do tipo exponencial e seguimos com as apresentações em *slides* e as explicações orais com uso do quadro branco. As leis das funções do tipo exponenciais foram apresentadas a partir de dois problemas contextualizados, sobre crescimento vegetativo e sobre o decaimento do carbono-14 em fósseis, que podem ser vistas nos *slides* apresentados no Apêndice A. Os problemas foram lidos, evidenciamos as leis das funções que trazem, cada uma, constantes agregadas à função exponencial já conhecida, e as chamamos de função do tipo exponencial, depois resolvemos os problemas. O primeiro resolvemos utilizando o gráfico da função traçado no GeoGebra e

o segundo de forma algébrica. Como o objetivo desse plano não está na resolução de problemas, as soluções não foram tão aprofundadas, mas deixadas de forma clara e objetiva.

Apresentamos uma definição de função do tipo exponencial, exemplificamos em quais áreas essas funções podem ser aplicadas – fenômenos biológicos, físicos, econômicos e populacionais – e indicamos algumas variações que seu gráfico pode apresentar com imagens geradas a partir do GeoGebra. Finalizamos analisando as principais diferenças entre esses gráficos e o da função exponencial, evidenciando as variações das suas imagens e suas assíntotas²⁵. A Fotografia 2 apresenta parte das observações feitas no quadro branco durante as aulas na Etapa 2.

Fotografia 2 - Observações sobre as funções do tipo exponencial



Fonte: acervo da autora.

Para o desenvolvimento dessa etapa, percebemos que os alunos não conseguiram manter o foco do início ao fim, visto que, como tivemos que iniciar a aula com a nuvem de palavras, ficaram muitos conceitos para serem discutidos num mesmo momento. A maioria dos alunos estava mais atenta e participativa no início da aula, com a nuvem de palavras, até a resolução dos problemas contextualizados, depois percebemos que alguns dispersaram em conversas com outros colegas, com uso do *smartphone* ou abaixaram a cabeça sobre a mesa por alguns momentos.

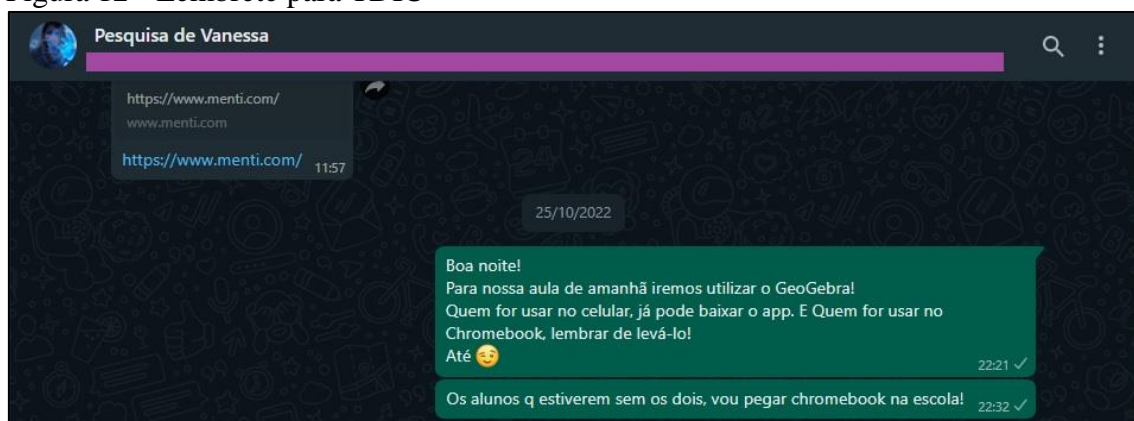
²⁵ Nas funções exponenciais, as assíntotas são horizontais e definidas como uma reta que limita o gráfico. A distância entre um ponto da curva e sua assíntota se torna infinitamente pequena, na medida que esse ponto se afasta da origem do plano cartesiano.

Nesse dia, tivemos duas aulas geminadas, portanto uma hora e quarenta minutos de aula, e acabamos usando maior parte desse tempo com explicações. Mesmos com esse desafio, consideramos que, durante a realização das atividades, seria possível, posteriormente, voltar a explicar alguns dos conceitos que foram apresentados.

A Etapa 3 foi iniciada ainda nesse dia, tivemos, aproximadamente, os trinta minutos finais para iniciar a realização das atividades do Plano. Para essa etapa, cada aluno utilizou a TDIC disponível, alguns usaram seus próprios *smartphones* e *Chromebooks*, e outros utilizaram os *Chromebooks* disponíveis na escola. Foi um momento importante, pois contribuiu para os alunos se familiarizarem com o *software*, seja pelo aplicativo seja *online*, pois já havia algum tempo que tínhamos utilizado e outros alunos que chegaram na turma mais recentemente ainda não o conheciam, então esses primeiros ajustes contribuíram para que as atividades fossem feitas com mais facilidade, quanto ao uso do *software*.

Como precisaríamos das TDIC nessa Etapa 3, utilizamos o *WhatsApp* para lembrar os alunos de levarem seus equipamentos para aula, como apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Lembrete para TDIC



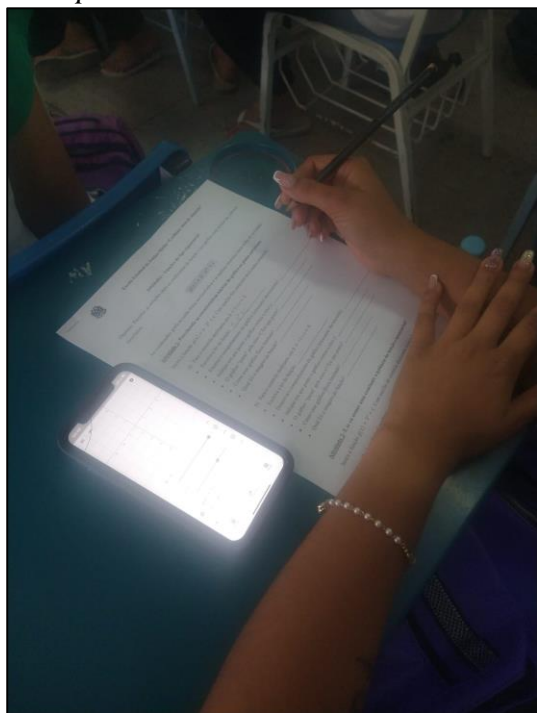
Fonte: arquivo próprio.

No dia vinte e sete de outubro de dois mil e vinte dois, os alunos continuaram com as resoluções das atividades da Etapa 3. Durante essa etapa, os alunos apresentaram algumas dificuldades para conseguirem descrever as observações gráficas, não conseguiam encontrar as palavras corretas para expressarem as mudanças do gráfico, então foi necessário retomar alguns conceitos sobre posição das curvas no plano cartesiano, assíntota e imagem da função.

Os alunos foram orientados a resolverem as atividades individualmente e utilizarem seu próprio vocabulário nas resoluções, mas, ainda assim, surgiram algumas discussões entre eles, na busca de identificar se as percepções eram comuns. Nesse dia, trabalhamos em duas aulas, portanto os alunos tiveram uma hora e quarenta minutos para finalizarem as atividades. Porém, alguns alunos que estavam menos motivados se distraíram e não conseguiram finalizar as resoluções ou aqueles que não haviam comparecido à aula anterior também não finalizaram. Ao final das aulas, todas atividades foram recolhidas.

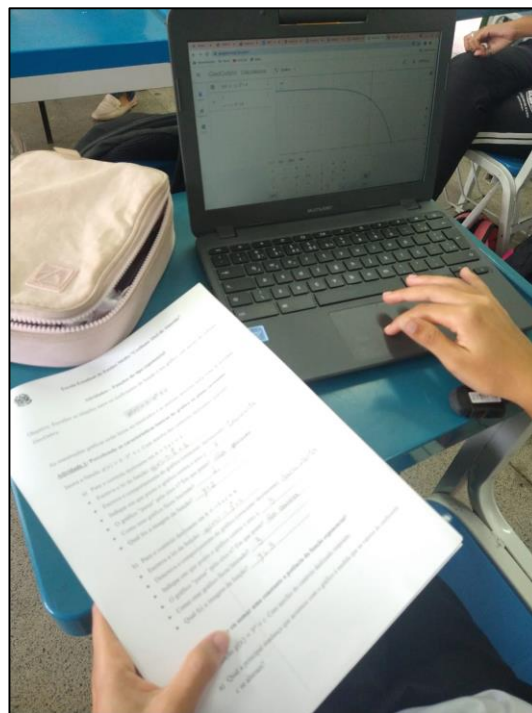
As Fotografias 3 e 4 mostram alguns momentos durante a Etapa 3, em que os alunos estão resolvendo as atividades com uso do *smartphone* e do *Chromebook*.

Fotografia 3 – Resoluções com *smartphone*



Fonte: acervo da autora.

Fotografia 4 – Resoluções com *Chromebook*

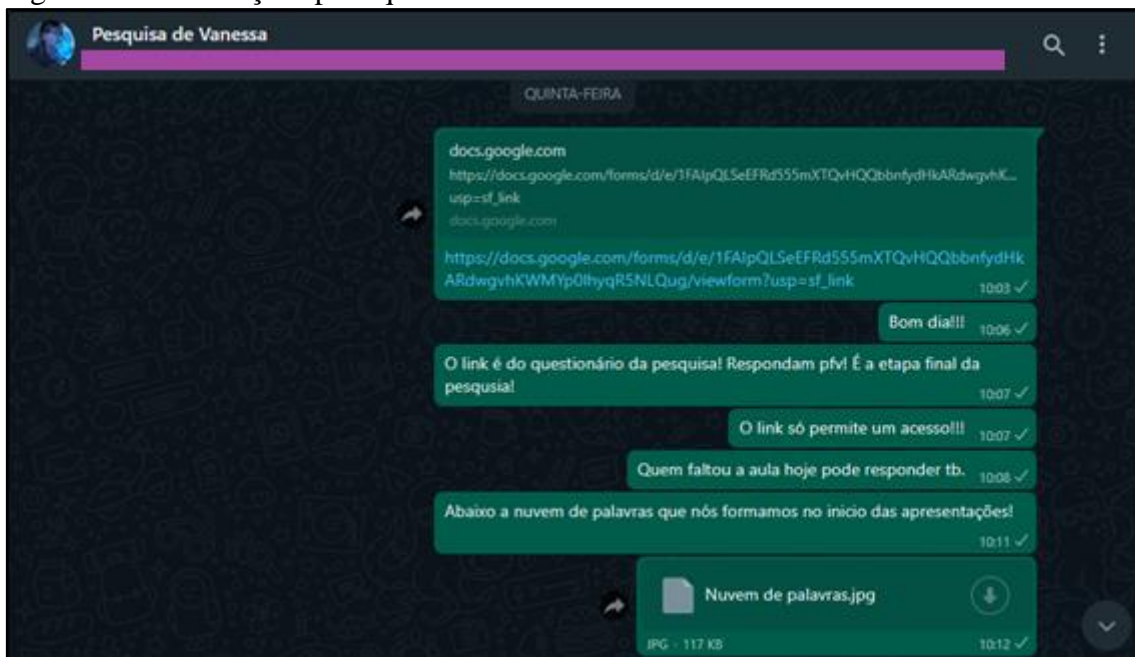


Fonte: acervo da autora.

A Etapa 4, que finaliza o Plano de Atividades, foi desenvolvida no dia três de novembro. Fizemos algumas discussões na turma sobre as aulas e as TDIC que utilizamos e as resoluções com o GeoGebra, expondo algumas observações quanto às possibilidades de aprendizagem. Alguns consideraram interessante a criação da nuvem de palavras, pois ainda não haviam realizado atividades como aquela e destacaram como o GeoGebra ajuda na análise dos gráficos por fazer construções diretas e permitir usar o controle deslizante para fazer as alterações dos coeficientes.

Os alunos responderam ao Questionário que foi disponibilizado pelo grupo do *WhatsApp* por meio de um formulário do Google, e impresso – apenas três alunos optaram pela versão impressa. A Figura 13 mostra as orientações para preenchimento do questionário, feitas no grupo de *WhatsApp* e o arquivo com a nuvem de palavras.

Figura 13 - Orientações para questionário



Fonte: arquivo próprio.

Para uma visão completa da presença dos alunos durante as etapas de desenvolvimento do Plano de Atividades, faremos uma breve descrição. Para o trabalho, utilizamos seis aulas de cinquenta minutos, uma aula no dia 24/10/22, duas aulas nos dias 26/10/22 e 27/10/22 e uma aula no dia 03/11/22.

Nesses quatro dias, tivemos a presença de um total de 27 alunos, dos 31 que são matriculados na turma, porém houve variações na frequência desses alunos ao longo desses três dias, 22 alunos autorizaram a utilização das suas resoluções para a pesquisa e entregaram os documentos do CEP preenchidos corretamente; desses, 19 frequentaram todas as aulas e, desses, 14 entregaram as atividades totalmente resolvidas. Analisamos as atividades e o questionário desses 14 alunos que foram nomeados de forma aleatória pelas letras A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M e N.

6 ANÁLISE DOS DADOS

Seguindo o percurso metodológico, construído a partir das ideias de Gil (2002) e Bardin (2021), neste capítulo, analisamos os dados a partir das quatro categorias criadas: As multimídias em sala de aula; Funcionalidades do GeoGebra; Transformações gráficas e Uso da linguagem matemática.

6.1 AS MULTIMÍDIAS EM SALA DE AULA

As análises desta categoria visam identificar as possíveis contribuições das multimídias usadas na realização do Plano de Atividades para o processo de ensino e de aprendizagem das funções exponenciais e foram realizadas/construídas a partir das observações do diário de bordo e das respostas à primeira pergunta aberta do questionário.

A primeira questão aberta do questionário buscava compreender como as multimídias poderiam contribuir, ou não, no processo de aprendizagem, e todos os alunos indicaram, em suas respostas, pontos positivos sobre o uso das multimídias para o seu processo de aprendizado.

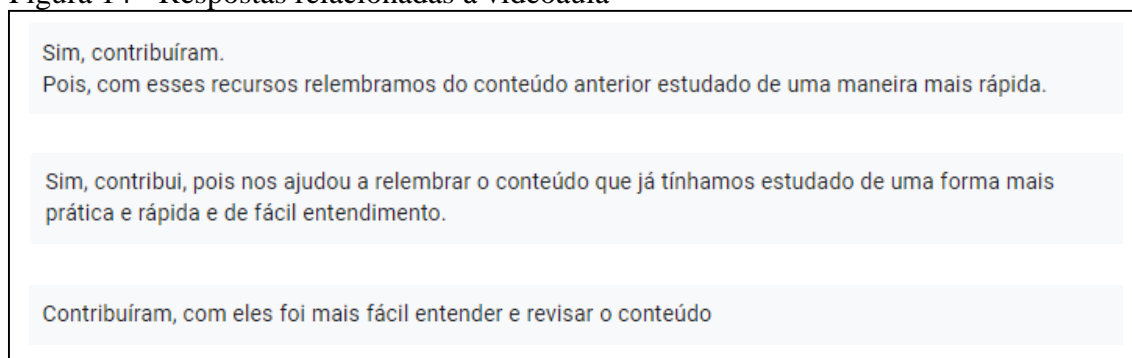
Para a execução do Plano de Atividades, utilizamos dois tipos de multimídias, uma videoaula e uma apresentação de *slides*. A videoaula apresentou a definição de função exponencial, o processo de construção do seu gráfico e algumas análises sobre o seu comportamento. Na apresentação de *slides*, trouxemos um aprofundamento dos conceitos de funções do tipo exponencial.

Essas multimídias têm embasamento na TCAM de Mayer (2009), que considera que as situações de instrução multimídia pretendem promover a aprendizagem a partir de conteúdos apresentados por textos (escritos ou falados) e imagens, e os doze princípios propostos nessa teoria contribuem para que essas instruções favoreçam o processamento cognitivo para a sua aprendizagem.

Sobre a ideia principal dos princípios da TCAM, podemos citar Cardoso (2014, p. 96), afirmando que “[...] o aprendizado humano é otimizado quando o material didático apresenta informações que podem ser captadas por diferentes sentidos, por exemplo, a audição e a visão, e de forma simultânea [...]”.

Para a questão em discussão, alguns alunos explicaram, em suas respostas, que as multimídias ofereceram uma boa alternativa para a apresentação do conteúdo, que contribuíram para a aprendizagem dos conceitos. Apresentamos, na Figura 14, três respostas dos alunos sobre o uso da videoaula para a revisão de função exponencial.

Figura 14 - Respostas relacionadas à videoaula



Fonte: respostas dos alunos ao questionário.

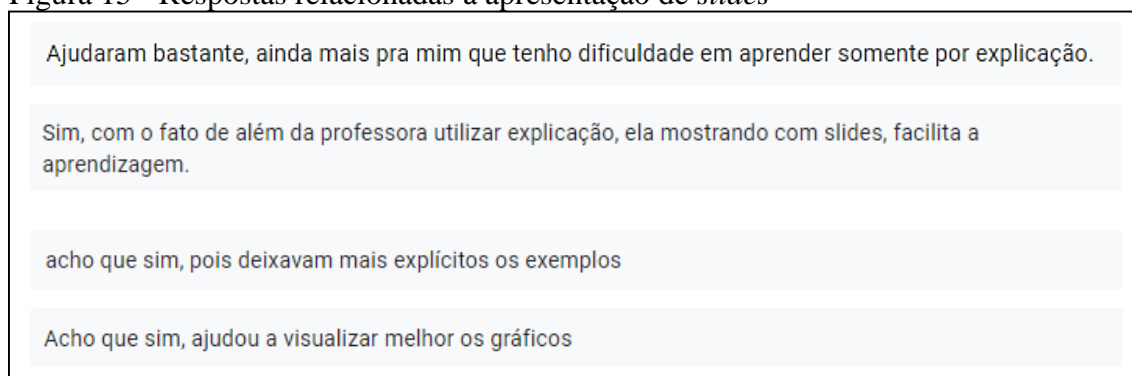
Optamos por utilizar uma videoaula para revisar a definição de função exponencial, pois, apoiados nas ideias de Amaral (2013), a videoaula possibilitou uma apresentação do conteúdo de modo informativo e, nesse caso, útil para a introdução do conceito.

A mesma autora destaca que “[...] os vídeos disponíveis na Internet de pequenos recortes de aulas são os mais procurados pelos alunos, que os assistem quando têm alguma dúvida conceitual [...]” (AMARAL, 2013, p. 39).

Diante das observações do diário de bordo, notamos que a videoaula atraiu a atenção dos alunos, pois ficaram interessados nas explicações durante sua exibição. Então, diante do que foi exposto, das instruções multimídias, das propostas de Amaral (2013) e das respostas dadas pelos alunos, identificamos que o uso da videoaula contribuiu para o processo de ensino e de aprendizagem, quanto à retomada dos conceitos de função exponencial.

Outros alunos explicaram que a utilização dos *slides* para suporte das explicações da professora contribuiu para o aprendizado, pois, na opinião desses, quando o conteúdo é trabalhado apenas com as explicações, não facilita a aprendizagem e os *slides* permitem uma melhor visualização dos gráficos, com os detalhes mais explícitos. Podemos identificar algumas das respostas desse tipo na Figura 15, que segue.

Figura 15 - Respostas relacionadas à apresentação de *slides*

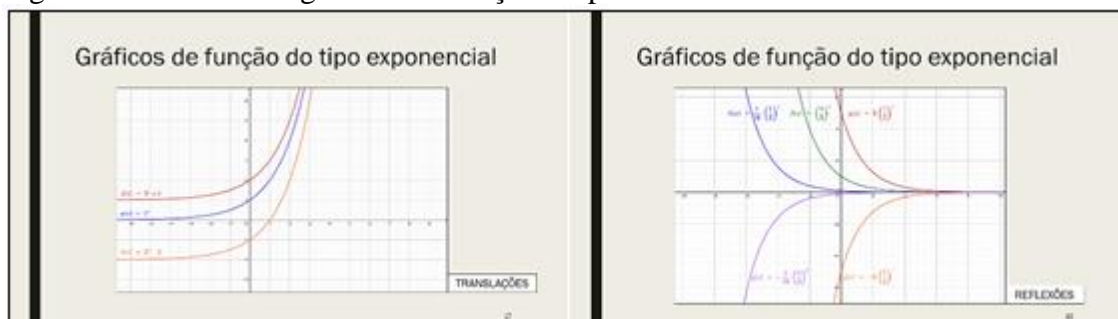


Fonte: respostas dos alunos ao questionário.

Os trechos “aprender somente por explicação” e “ajudou a visualizar melhor os gráficos” nos mostra que os alunos reconhecem suas necessidades para a aprendizagem e que as multimídias são um recurso que contibuem para esse processo.

Com os *slides* apresentamos a nuvem de palavras, a definição, os exemplos contextualizados e alguns gráficos das funções do tipo exponencial. As imagens dos gráficos de funções do tipo exponenciais foram construídas a partir do GeoGebra e projetadas com os *slides*, como mostra a Figura 16.

Figura 16 - *Slides* com gráficos de funções exponenciais



Fonte: arquivos próprios.

As projeções dessas imagens possibilitam a identificação das características dos gráficos, além de permitirem visualizar vários gráficos no mesmo plano cartesiano de forma clara e precisa. Devemos reforçar que, nessa situação da apresentação dos gráficos nos *slides*, temos um exemplo do cumprimento do *princípio da modalidade* (da TCAM), pois utiliza imagens junto com explicações orais, permitindo que o processamento cognitivo ocorra com mais eficiência para o desenvolvimento da aprendizagem.

Nas observações do diário de bordo, percebemos que usar a apresentação de slides para a explicação dos conteúdos não é suficiente para manter a atenção dos alunos integralmente. Tivemos uma aula em que alguns alunos acabaram se dispersando devido

a uma grande quantidade de informações que foram apresentadas e discutidas. Nessa aula estava previsto o desenvolvimento da etapa 2 do Plano de Atividades, mas devido a um atraso na aula anterior, foi necessário antes, finalizar algumas discussões da etapa 1, assim, nos momentos finais da etapa 2, percebemos que os alunos estavam cansados e, portanto, menos participativos.

Notamos alguns reflexos dessa situação durante a resolução das atividades propostas no Plano, onde alguns alunos não conseguiram descrever suas respostas para conceitos que haviam sido apresentados nessa etapa 2, principalmente no final dela onde discutimos sobre gráficos de função do tipo exponencial, apresentados na Figura 16, acima.

Usar a apresentação de *slides* trouxe para as aulas, uma dinâmica que não seria possível sem a multimídia. Ela garantiu que a apresentação das imagens e das palavras escritas fossem feitas com qualidade, clareza e quantidade suficiente para que, junto às explicações, permitissem instruções multimídias eficientes.

6.2 FUNCIONALIDADES DO GEOGEBRA

As atividades matemáticas propostas no Plano de Atividades foram resolvidas com auxílio do *software* GeoGebra, por meio dos *smartphones* e dos *Chromebooks*. O objetivo era possibilitar um caminho diferente para resolução dos exercícios com o uso de TDIC, que colaborasse no processo de ensino e de aprendizagem.

Para as análises desta categoria, **Funcionalidades do GeoGebra**, utilizamos duas questões abertas do questionário: “Quais facilidades e/ou dificuldades você encontrou para utilização do *software* GeoGebra na realização das atividades?” e “Quais contribuições, se houveram, você pode citar sobre o uso do *software* GeoGebra para construção dos gráficos das funções exponenciais se comparadas às construções manuais?”, e as observações do diário de bordo.

Apesar dos alunos já terem utilizado o GeoGebra, no início das resoluções das atividades, surgiram algumas dificuldades na manipulação das funções do *software*, principalmente, na inserção das expressões algébricas das funções e no controle deslizante. Mas as potencialidades do *software* para as resoluções foram mais evidentes nas respostas dadas

às questões. A Figura 17 mostra algumas respostas que confirmam as afirmações anteriores.

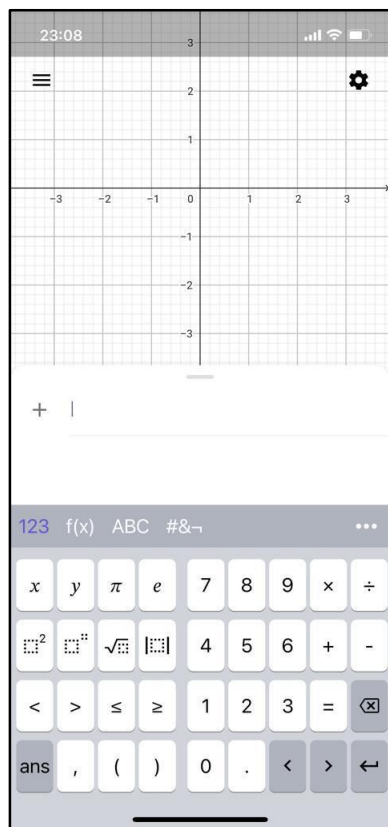
Figura 17 - Respostas sobre as facilidades e as dificuldades no GeoGebra

facilidade em achar a resposta. Dificuldade na alternância dos dados, era algo complexo
Foi fácil colocar os números/letras da função e utilizar o controle deslizante para vermos como funcionava o gráfico e como ele mudava; Também foi fácil aumentar e diminuir o tamanho do gráfico, para vermos com melhor precisão os números/pontos. Não tive dificuldades.
Facilidade: poder colocar a função e aparecer no gráfico. Dificuldade: entender o deslizante.

Fonte: respostas dos alunos ao questionário.

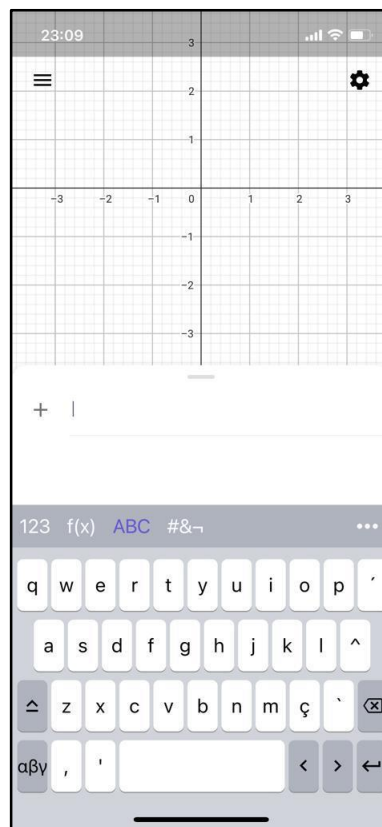
Quando um aluno escreve que teve “dificuldade na alternância dos dados”, entendemos, a partir das observações do diário de bordo, que ele estava utilizando o *software* no *smartphone*, onde, para inserir as leis das funções, era necessário acessar dois teclados alternadamente, o numérico “123” e o alfabético “ABC”, visto nas figuras abaixo. Durante as aulas, os alunos destacaram que o manuseio dos comandos do GeoGebra nos *Chromebooks* era mais simples de serem executados do que nos *smartphones*, pois podiam inserir as funções pelo teclado do próprio aparelho.

Figura 18 - Interface do GeoGebra com teclado numérico



Fonte: arquivo próprio.

Figura 19 - Interface do GeoGebra com teclado alfabético



Fonte: arquivo próprio.

Como destaca De Villiers (2007), o uso de novas tecnologias exige que novas habilidades sejam desenvolvidas. E considera não ser necessário conhecimento integral do recurso, mas o aluno precisa ter possibilidade para exploração das funções que permitam a sua utilização.

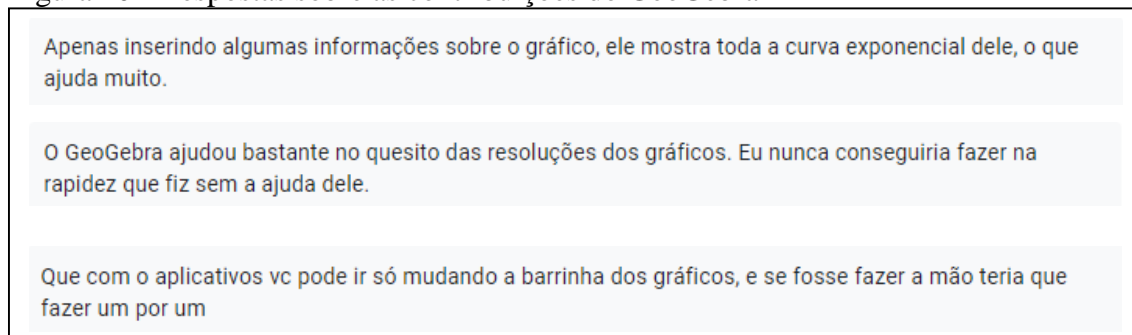
Reafirmando os dizeres anteriores, os trabalhos de Souza e Costa (2021) e Cruz (2018), discutidos na revisão de literatura da Seção 2.2, confirmam que desenvolver atividades com uso do GeoGebra traz desafios e requer que tanto os professores quanto os alunos tenham algumas habilidades sob as ferramentas, mas que o *software* facilita as etapas de resolução das atividades, permitindo que os alunos tenham mais autonomia ao longo do processo.

Nas respostas a essas duas questões, os alunos indicaram que o *software* permite fazer as construções gráficas de forma mais fácil e prática. E destacaram a possibilidade de ampliar e reduzir as imagens, que permitiu perceber, com precisão, os detalhes do gráfico, como a aproximação da curva com a assíntota e os pontos de intersecção com os eixos cartesianos. O controle deslizante foi considerado importante por deixar analisar a

movimentação do gráfico de forma mais prática, usando a função de “play” ou alterando manualmente sobre o recurso. Essas funcionalidades foram essenciais para as resoluções das atividades do plano.

A Figura 20 traz algumas respostas que destacam as contribuições que o GeoGebra trouxe na resolução das atividades.

Figura 20 - Respostas sobre as contribuições do GeoGebra



Fonte: Respostas dos alunos ao questionário.

Essas respostas mostram que os alunos perceberam que o GeoGebra permite uma construção gráfica que manualmente seria inviável. A construção é rápida e com detalhes que manualmente não seriam possíveis de perceber com tanta precisão e praticidade. A partir dessas análises, concluímos, concordando com as ideias de De Villiers (2007), que a utilização do GeoGebra possibilitou fazer Matemática de maneira a transformar a atividade Matemática, permitindo fazer coisas que sem a tecnologia poderiam não ser possíveis.

6.3 TRANSFORMAÇÕES GRÁFICAS

Para analisar esta categoria, tomamos como fonte de dados as resoluções das quatro atividades propostas no Plano e buscamos inferir sobre as aprendizagens quanto às relações entre os gráficos construídos e os coeficientes das funções exponenciais abordadas em cada atividade. Apresentamos uma descrição das soluções dos alunos para cada atividade e buscamos relacioná-la com nosso referencial teórico e com os trabalhos da revisão de literatura.

Para a resolução das atividades, os alunos utilizaram o GeoGebra, que permite fazer as representações semióticas⁶ das funções exponenciais, exibindo, simultaneamente, os registros dos gráficos e das leis das funções. Hohenwarter e Jones (2007) destacam a

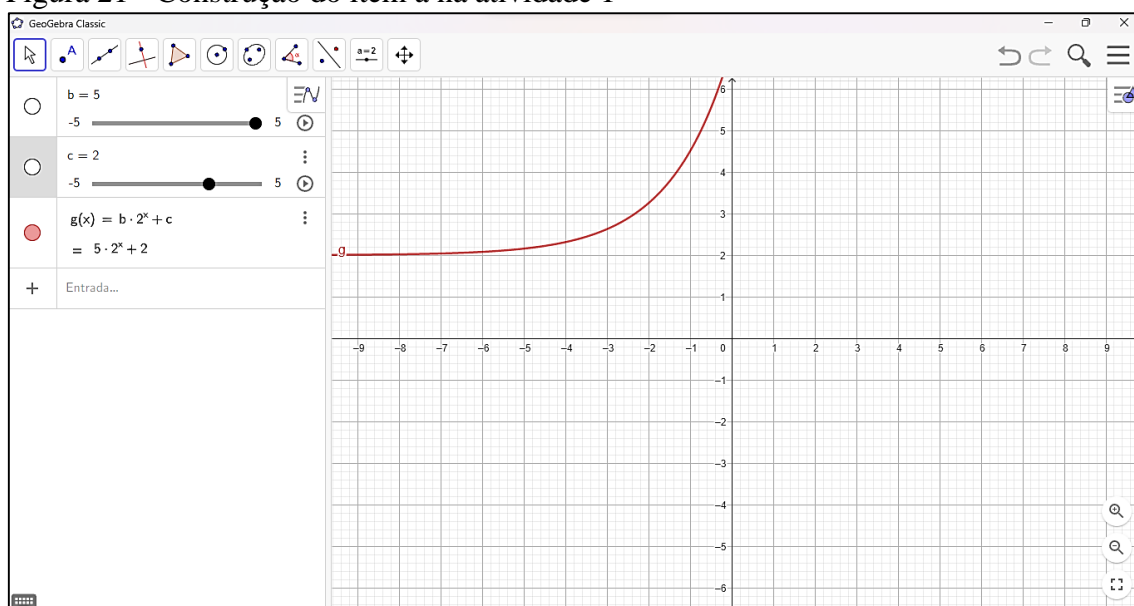
facilidade que o GeoGebra fornece de se mover entre a janela de álgebra e a janela de geometria.

As pesquisas de Souza e Costa (2021), Bonotto (2015) e Cruz (2018) – da revisão de literatura – destacam que as construções com o *software* colaboraram para que os alunos tivessem melhor compreensão do conteúdo estudado e para descrever e interpretar as representações gráficas e algébricas das funções, promovendo significado para as aprendizagens matemáticas.

Na Atividade 1 – *Percebendo as características básicas do gráfico no plano cartesiano* – é proposto que os alunos façam as construções no *software*, identifiquem o comportamento do gráfico e descrevam suas características a partir dos coeficientes da função, como limites e imagens das funções, por meio de instruções pontuais e sem movimentação do gráfico. Nesse momento, era importante que os alunos se familiarizassem com os comandos do GeoGebra, para que, nos momentos de resolução das próximas atividades, que exigem certa criticidade nas resoluções, essa manipulação acontecesse de forma mais natural.

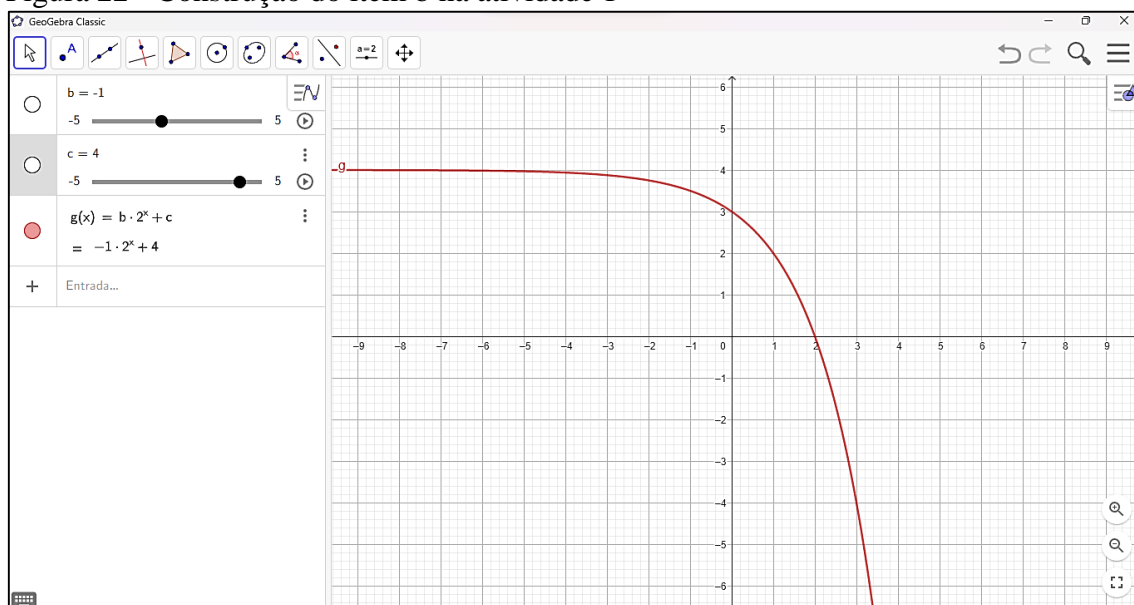
As Figuras 21 e 22 mostram as representações das construções gráficas visualizadas pelos alunos na Atividade 1, proposta no Plano.

Figura 21 - Construção do item a na atividade 1



Fonte: arquivo próprio.

Figura 22 - Construção do item b na atividade 1



Fonte: arquivo próprio.

Observamos que, nessas construções, os alunos não avaliaram a movimentação dos gráficos, utilizaram a curva determinada a partir das leis das funções que foram construídas com os coeficientes indicados em cada item, essas leis, seguiam um padrão mais completo da função do tipo exponencial: $y = b \cdot a^x + c$.

Nas catorze resoluções analisadas, os alunos conseguiram identificar as leis das funções, as intersecções do gráfico com os eixos cartesianos e o seu comportamento quanto ao crescimento ou decrescimento. Podemos confrontar nossos resultados com os encontrados na pesquisa de Bonotto (2015), em que percebemos que, nas análises desse tipo, com os gráficos estáticos para identificação do comportamento das curvas, os alunos não apresentaram dificuldades. Os dados de Cruz (2018) mostram que a maioria dos alunos participantes da sua pesquisa conseguiram fazer essas interpretações.

Na identificação do limite da função, alguns alunos indicaram a assíntota, mas não descreveram se era inferior ou superior. A figura abaixo traz a resolução de uma atividade que apresenta as respostas esperadas pela professora. Nessa atividade, temos algumas observações feitas pela professora nas resoluções do aluno, em cor vermelha.

Figura 23 - Resolução da atividade 1 pelo aluno B

Atividade 1: Percebendo as características básicas do gráfico no plano cartesiano.

Insira a função $g(x) = b \cdot 2^x + c$. Com auxílio dos controles deslizantes responda:

a) Pare o controle deslizante em $b = 5$ e $c = 2$.

- Escreva a lei da função: $g(x) = 5 \cdot 2^x + 2$.
- Escreva o comportamento do gráfico (crescente/ decrescente): crescente.
- Indique em que ponto o gráfico cortou o eixo y: ponto (0, 7).
- O gráfico "passa" pelo eixo x? Em que ponto? não passa.
- Como esse gráfico ficou limitado? $y = 2$.
- Qual foi a imagem da função? $y > 2$.

b) Pare o controle deslizante em $b = -1$ e $c = 4$.

- Escreva a lei da função: $g(x) = -1 \cdot 2^x + 4$.
- Descreva o comportamento do gráfico (crescente/ decrescente): decrescente.
- Indique em que ponto o gráfico cortou o eixo y: ponto (0, 3).
- O gráfico "passa" pelo eixo x? Em que ponto? ponto (2, 0).
- Como esse gráfico ficou limitado? $y = 4$.
- Qual foi a imagem da função? $y < 4$.

Fonte: atividades desenvolvidas pelos alunos.

As principais dificuldades identificadas na resolução da Atividade 1 foram para as perguntas sobre o limite e a imagem da função. Cinco dos catorze alunos não conseguiram responder as questões como esperado, vejamos um exemplo na Figura 24 que segue:

Figura 24 - Resolução da atividade 1 pelo aluno K

Atividade 1: Percebendo as características básicas do gráfico no plano cartesiano.

Insira a função $g(x) = b \cdot 2^x + c$. Com auxílio dos controles deslizantes responda:

a) Pare o controle deslizante em $b = 5$ e $c = 2$.

- Escreva a lei da função: ~~XXXXXXXXXX~~ $5 \cdot 2^x + 2$.
- Escreva o comportamento do gráfico (crescente/ decrescente): crescente.
- Indique em que ponto o gráfico cortou o eixo y: (0,7).
- O gráfico "passa" pelo eixo x? Em que ponto? não passa.
- Como esse gráfico ficou limitado? Ele não tocou o eixo x.
- Qual foi a imagem da função? $y < m$

b) Pare o controle deslizante em $b = -1$ e $c = 4$.

- Escreva a lei da função: ~~XXXXXXXXXX~~ $-1 \cdot 2^x + 4$.
- Descreva o comportamento do gráfico (crescente/ decrescente): decrescente.
- Indique em que ponto o gráfico cortou o eixo y: (0,3).
- O gráfico "passa" pelo eixo x? Em que ponto? Sim, no (2,0).
- Como esse gráfico ficou limitado? não ficou.
- Qual foi a imagem da função? $y > m$

** notação do exemplo feito no quadro durante explicação. (foto: etapa 2)*

Fonte: atividades desenvolvidas pelos alunos.

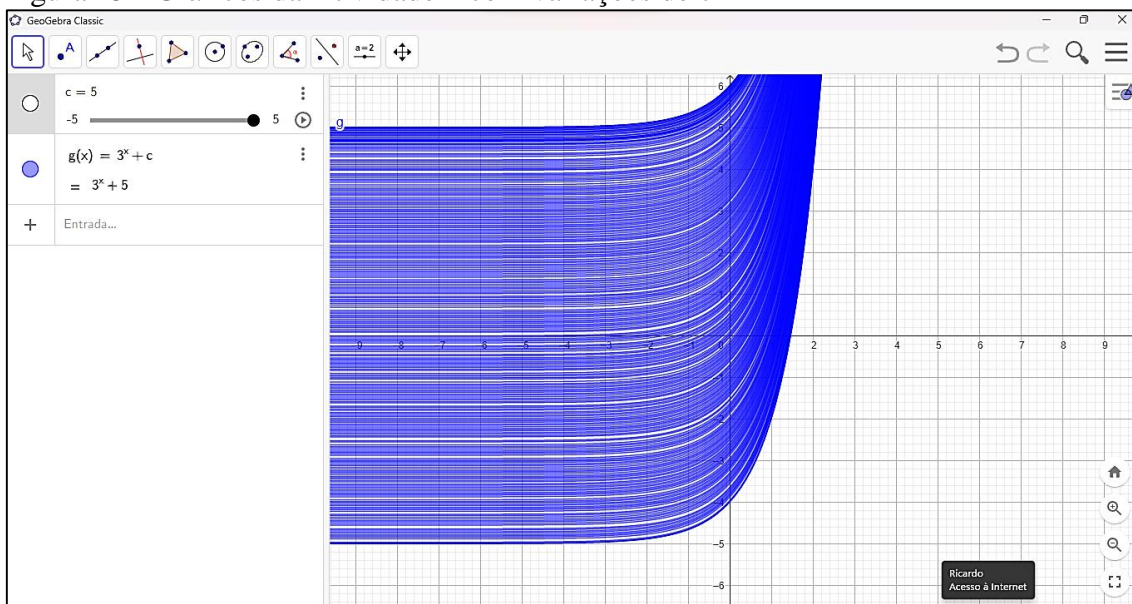
Comparando as respostas dadas pelo aluno K com os gráficos da Figura 21 e da Figura 22, notamos que o entendimento do aluno sobre limite da função ficou restrito a identificar se a curva exponencial se aproximava ou não do eixo x , desconsiderando os casos em que a assíntota é $y \neq 0$. Sobre a imagem da função, o aluno respondeu utilizando a notação generalizada feita no quadro branco durante as explicações da professora, como podemos ver na Fotografia 2. Em outras perguntas, sobre a imagem das funções propostas ao longo das atividades, o aluno K manteve o padrão de resposta, repetindo a notação $y > m$ ou $y < m$, sem relacionar com as leis das funções que estavam sendo estudadas.

Identificar essas questões da limitação do gráfico e da imagem da função exigem um pouco mais de conhecimento sobre os conceitos do conteúdo, e, apenas com a visualização do gráfico construído, não é possível respondê-las. Podemos discutir, nesse caso, uma das armadilhas que De Villiers (2007) considera sobre o uso do GeoGebra, de esperar que a aprendizagem ocorra de forma imediata com a sua manipulação, é preciso criticidade dos alunos para analisar os resultados encontrados com as representações que o *software* disponibiliza.

No caso da nossa pesquisa, o Plano de Atividades foi organizado de modo que, antes que as atividades fossem resolvidas, os alunos tivessem um embasamento teórico do conteúdo das funções exponenciais, com suporte das multimídias e, ainda assim, tivemos alguns alunos que não conseguiram desenvolver o senso crítico diante dos resultados encontrados no GeoGebra.

Na resolução da atividade 2, intitulada: *E se eu somar uma constante à potência da função exponencial?*, os alunos fizeram algumas análises dos gráficos das funções com leis do tipo $g(x) = 3^x + c$, a partir das variações da *constante* c . Com o controle deslizante em movimento, variando os valores de c no intervalo de $[-5, 5]$, apresentamos na Figura 25 algumas das construções gráficas, feitas no GeoGebra.

Figura 25 - Gráficos da Atividade 2 com variações de c



Fonte: arquivo próprio.

Sobre a principal mudança observada nos gráficos com as variações do *coeficiente* c , onze dos catorze alunos responderam que o gráfico sobe e desce no plano cartesiano, descrevendo o movimento de translação vertical, como exemplificamos com a resposta do aluno N apresentada no Quadro 3, a seguir. Os alunos K e M, com as respostas também no mesmo quadro abaixo, responderam fazendo uma comparação com o gráfico da função exponencial (cuja curva ocupa apenas os quadrantes positivos do eixo y), eles destacaram que, com as variações de c , a curva passa pelo eixo x e ocupa também os quadrantes abaixo dele. Mesmo não descrevendo o movimento de translação, esses dois alunos trouxeram informações coerentes com o movimento que os gráficos fizeram,

demonstraram alguma interpretação das construções que foram apresentadas no *software*. Apenas um dos alunos – o aluno L – apresentou uma resposta sem nenhuma relação com a questão, afirmando sobre o crescimento da curva, condição que não sofre mudança com as variações da constante c .

Quadro 3 - Respostas ao item a da Atividade 2²⁶

Aluno K	a) Qual a principal mudança que acontece com o gráfico à medida que os valores do coeficiente c se alteram? <i>Ele toca o eixo X.</i>
Aluno L	<i>do tipo decrescente.</i>
Aluno M	<i>Ele não deixa passar pelo eixo X, mas se jogarmos para o -5 ele cruzará o eixo Y em (0, -4).</i>
Aluno N	<i>Ele sobe e desce, passando o eixo X</i>

Fonte: atividades desenvolvidas pelos alunos.

Sobre o comportamento da curva exponencial, treze alunos responderam que ela mantém seu comportamento de crescimento, independente das variações do *coeficiente* c . O outro aluno, o aluno A, descreveu sua resposta considerando o crescimento e decrescimento dos valores de c . Como podemos observar na Figura 26, não houve a interpretação correta para a pergunta.

²⁶ Aluno K: Ele toca o eixo x.

Aluno L: Ela fica decrescente.

Aluno M: Ele não deixa passar pelo eixo x, mas se jogarmos para o -5 ele cruzará o eixo y em (0, -4).

Alunos N: Ele sobe e desce, passando o eixo x.

Figura 26 - Resposta do aluno A à Atividade 2²⁷

b) As variações no valor do coeficiente c interferem no comportamento do gráfico quanto ao seu crescimento/ decrescimento? Explique.

alternando c pelos números em ordem crescente o ponto da
 eixo y sobem, assim como em ordem decrescente o pon-
 to desce

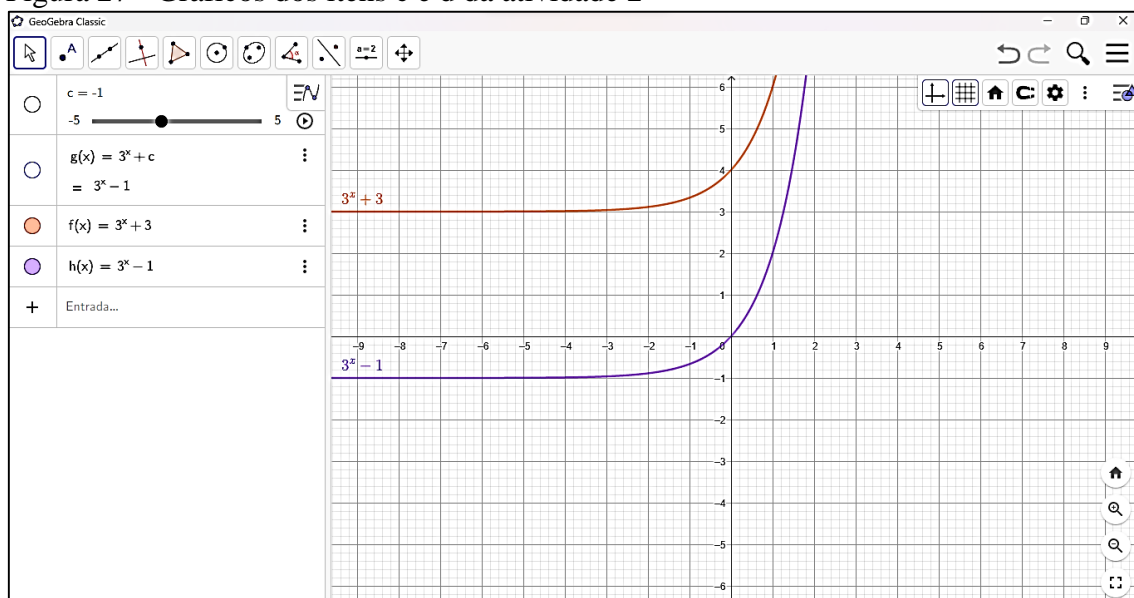
Fonte: atividades desenvolvidas pelos alunos.

Ainda nessa atividade 2, a pergunta *Em alguns casos a curva exponencial ‘passa’ pelo eixo x , apresentando valores nos quadrantes inferiores. Descreva para quais valores do coeficiente c isso acontece*, busca identificar os valores do *coeficiente c* que levam a curva exponencial para os quadrantes inferiores do plano cartesiano. A maioria dos alunos, doze de catorze, percebeu que, para valores negativos de c , a curva admite esse posicionamento. Desses, dez alunos responderam na forma de texto, como, por exemplo, o aluno J que descreveu: “Para os valores menores que 0”. Dois alunos, G e K, apresentaram os intervalos numéricos, incompletos, eles responderam “de 0 até -1” e “de -0,5 até -5”, respectivamente. Os outros alunos L e M descreveram respostas erradas como, “a curva exponencial não corta o eixo x ” e “0, 1, 2, 4”, respectivamente. Como nas investigações de Bonotto (2015), a maioria dos alunos participantes identificaram as translações verticais de curvas exponenciais, mas utilizaram construções no GeoGebra sem o movimento do controle deslizante, as construções de cada gráfico foram feitas uma a uma.

No desenvolvimento dessa atividade, foi proposto que os alunos fizessem algumas observações com duas leis de funções, sendo elas, $g(x) = 3^x + 3$ e $g(x) = 3^x - 1$ e seus gráficos, como apresentamos na Figura 27.

²⁷ Alternando c pelos números em ordem crescente o ponto do eixo y sobem, assim como em ordem decrescente o ponto desce.

Figura 27 - Gráficos dos itens c e d da atividade 2

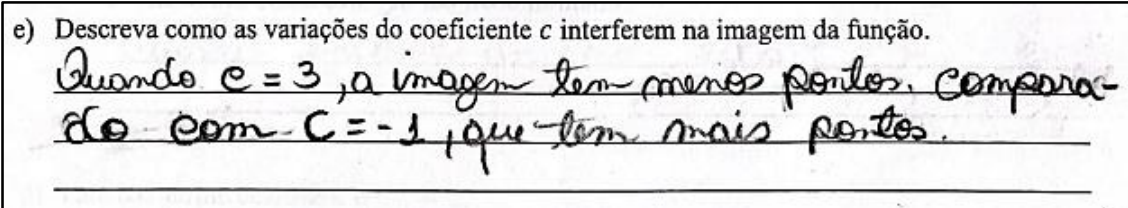


Fonte: arquivo próprio.

Os alunos, ao identificarem as interseções da curva com os eixos cartesianos, os limites inferiores e imagem da função (como foi proposto na Atividade 1), deveriam utilizá-las para responder as próximas perguntas, mais gerais, propostas sobre como as variações do *coeficiente* c iriam interferir na imagem e no limite inferior da função geral: $g(x) = 3^x + c$. E, seguindo um padrão semelhante de respostas, comparado à Atividade 1, os alunos tiveram dificuldades em responder sobre o limite e a imagem das funções.

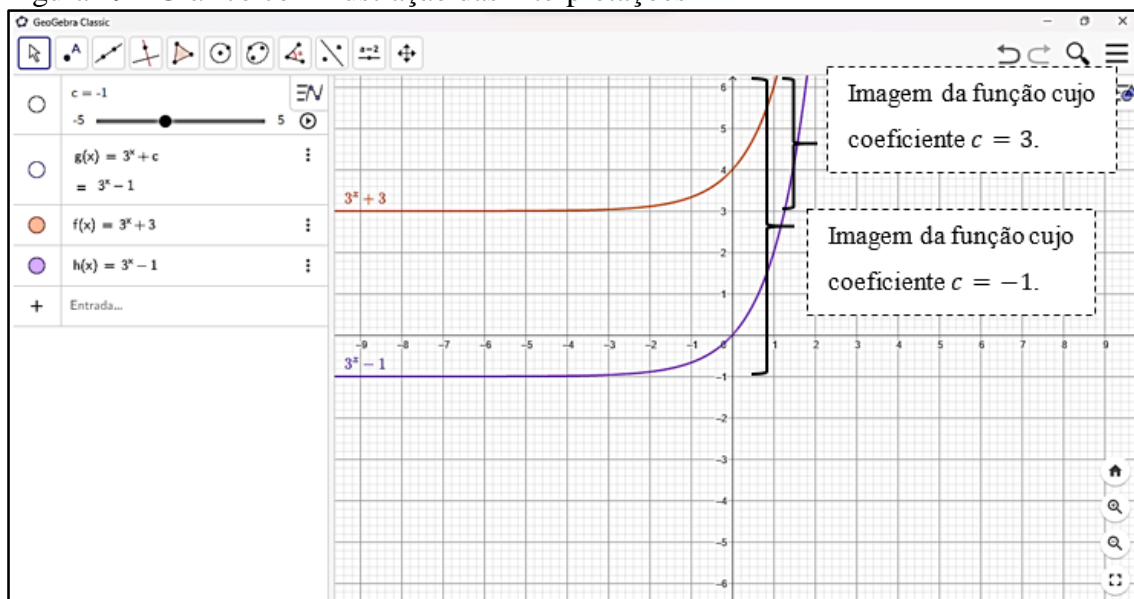
Ao descreverem sobre a imagem a partir das variações dos valores do *coeficiente* c , esperávamos que os alunos percebessem que o valor do coeficiente iria determinar o valor mínimo do intervalo da imagem: $Im(g) = \{y > c\}$, e nenhum dos alunos fez essa observação.

Seis alunos, consideraram para a imagem das funções, o intervalo do *eixo* y que cada curva ocupa na construção apresentada pelo GeoGebra. A Figura 28 mostra uma resposta dada para essa questão e a Figura 29 exemplifica a interpretação que os alunos tiveram.

Figura 28 - Resposta do aluno E ao item e da Atividade 2²⁸

Fonte: atividades desenvolvidas pelos alunos.

Figura 29 - Gráfico com ilustração das interpretações



Fonte: arquivo próprio.

Dois alunos descreveram que a mudança do coeficiente c altera a intersecção do gráfico com o eixo y , sem relacionar essas mudanças e valores com as imagens das funções. Os outros seis alunos apresentaram respostas sem nenhuma relação com a questão indicada.

Avaliamos que esses alunos apresentam dificuldades sobre a noção de imagem da função e em fazer a interpretação gráfica desse conceito, fato que também foi constatado na pesquisa de Bonotto (2015). Apesar das facilidades e das possibilidades das construções gráficas no GeoGebra, notamos a necessidade de conhecer os conceitos matemáticos para que as análises aconteçam corretamente.

Para finalizarmos as análises desta categoria, discutimos as respostas dos alunos quanto à relação entre o valor do *coeficiente* c e o limite da função do tipo $g(x) = 3^x + c$. Onze alunos perceberam que o *coeficiente* c e o limite inferior do gráfico tem o mesmo valor, como exemplo, o aluno F descreve “A relação é que o valor do *coeficiente* c é o

²⁸ Quando $c = 3$, a imagem tem menos pontos, comparado com $c = -1$, que tem mais pontos.

mesmo valor do limite inferior do gráfico”. Os outros três alunos, I, K e L, trazem respostas fora do contexto da relação estudada.

Ao avaliarmos as relações entre o *coeficiente* c , na função $g(x) = 3^x + c$, com a imagem e o limite da função, percebemos que, apesar de as relações serem semelhantes, de identificar o valor mínimo da imagem ($Im(g) = y > c$) e o valor da assíntota ($y = c$), os alunos não conseguiram fazer a primeira dessas relações, mas fizeram na segunda.

Diante das análises, concluímos que, nesta atividade, os alunos conseguiram identificar o movimento de translação que as mudanças no coeficiente c da função $g(x) = 3^x + c$ acarretam as curvas geradas; os alunos perceberam que o valor do coeficiente c determina o limite inferior dessa função; e identificaram as leis das funções associadas a $g(x)$, bem como suas interseções com os eixos cartesianos.

Destacamos que, nos trabalhos revisados para esta pesquisa, nos estudos das translações verticais das funções exponenciais, não houve destaque em investigar aprendizagem relacionadas às imagens e às assíntotas das funções exponenciais.

A BNCC considera que, quando os alunos conseguem trabalhar com as representações dos objetos matemáticos, melhoraram sua habilidade de pensar matematicamente, e a conversão entre as representações gráfica e algébrica, podem auxiliar na compreensão de um aspecto de uma que na outra não favorece (BRASIL, 2018). No caso desta pesquisa, as visualizações gráficas permitiram compreender certos aspectos das funções exponenciais do tipo $g(x) = 3^x + c$ a partir das variações do coeficiente c .

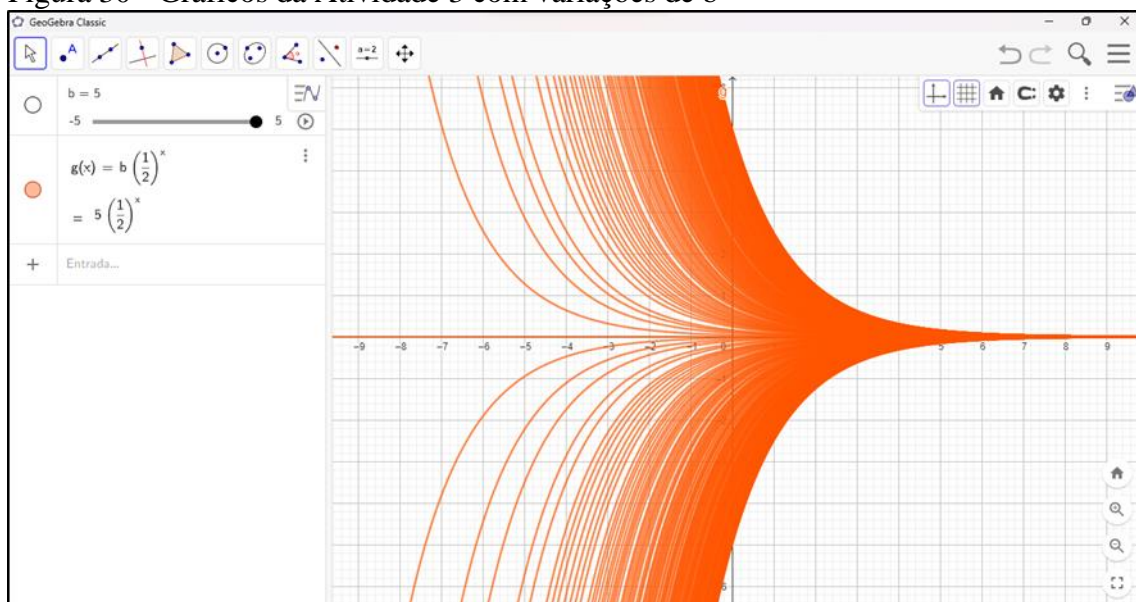
Mas, considerando as dificuldades encontradas em identificar a interferência do *coeficiente* c na imagem da função, é perceptível que a noção de imagem da função ainda não foi compreendida por esses alunos. Como De Villiers (2007) ressalta, as interpretações das construções matemáticas, a partir dos *softwares* de geometria dinâmica, podem acontecer de modo significativo quando o aluno se envolve criticamente ou quando é adequadamente guiado para observar e examinar o que está acontecendo na tela.

Para a terceira atividade, *E se eu multiplicar a potência por um número real b ?*, o aluno deve se atentar ao movimento do gráfico com as variações do *coeficiente* b para a

função do tipo $g(x) = b \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^x$, percebendo sua mudança de comportamento e as reflexões em relação ao *eixo x*.

A Figura 30 traz as curvas geradas para a função $g(x) = b \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^x$ com os valores de b variando no intervalo real de $-5 \leq b \leq 5$.

Figura 30 - Gráficos da Atividade 3 com variações de b



Fonte: arquivo próprio.

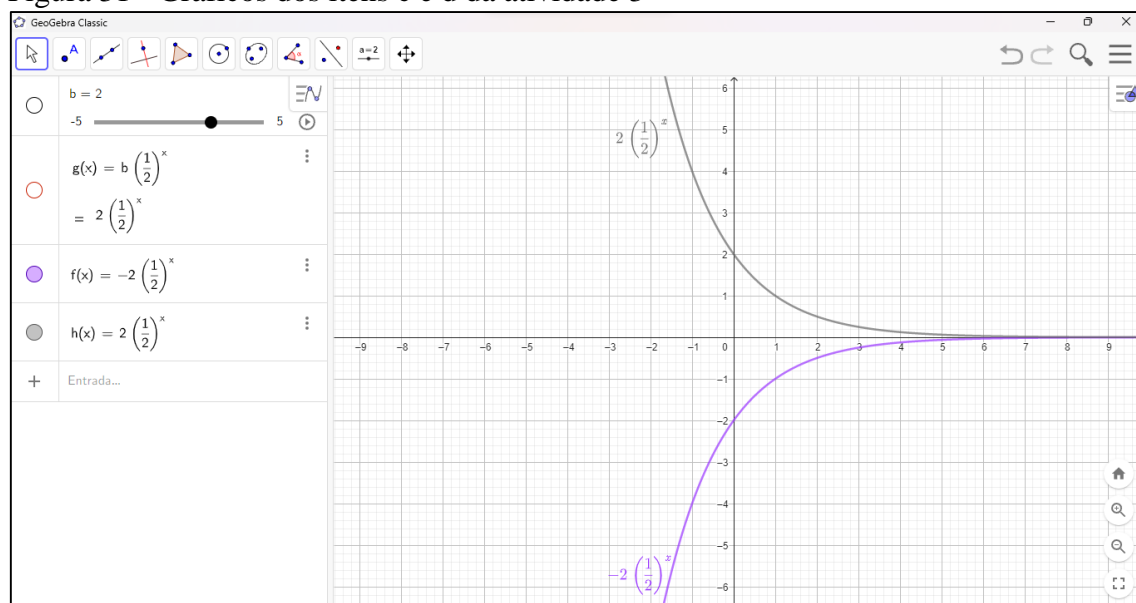
Sobre as alterações de comportamento da curva entre crescente, decrescente e constante a partir das variações de b , percebemos que a maior parte dos alunos, dez dos catorzes, conseguiram observá-las. Outros três alunos (G, K e L) não indicaram a mudança de comportamento, mas destacaram que, mesmo com as variações, a curva aproxima-se do eixo x . E um dos alunos (D) descreveu apenas que a curva é decrescente, não tendo relevância para responder à questão.

Dez alunos conseguiram identificar os intervalos dos valores de b que determinam cada tipo de comportamento do gráfico. Dois alunos (A e K) inverteram os intervalos de crescimento e decrescimento e os outros dois (L e M) indicaram valores únicos para os intervalos que não correspondem aos intervalos corretamente.

Nos resultados de Bonotto (2015), notamos que, para as variações desse coeficiente, a maioria dos alunos identificou que ocorre uma mudança na concavidade da curva exponencial, aproximando-se ou se afastando do eixo y .

Utilizando a representação de duas leis de funções com valores opostos para o coeficiente b , $g(x) = -2 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^x$ e $g(x) = 2 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^x$, os alunos responderam sobre a intersecção das curvas com os eixos cartesianos, seus limites e as posições das curvas no plano cartesiano. Na figura abaixo, vemos as construções desses gráficos.

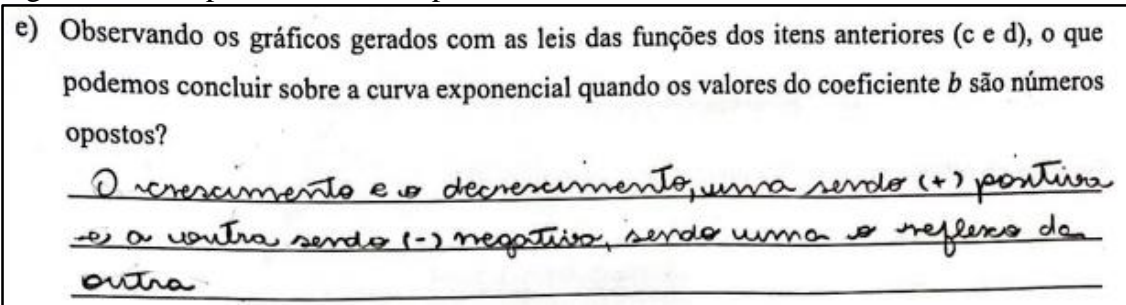
Figura 31 - Gráficos dos itens c e d da atividade 3



Fonte: arquivo próprio.

Como aconteceu nas atividades 1 e 2, os alunos conseguiram identificar as intersecções com o eixo y e responder quanto ao limite desses gráficos. Treze alunos identificaram que as curvas se limitam pelo eixo x ou indicaram a assíntota $y = 0$ e um aluno (aluno M) indicou o comportamento de crescimento e decrescimento de cada gráfico, corretamente, sem indicar o limite.

Sobre a posição das funções do tipo $g(x) = b \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^x$, quando apresentam valores opostos para b , seis alunos identificaram que suas curvas ficam reflexivas em torno do eixo x e que seu comportamento quanto ao crescimento também se difere. Exemplificando essas respostas, na figura abaixo, temos a resposta do aluno H.

Figura 32 - Resposta do aluno H para Atividade 2²⁹

Fonte: atividades desenvolvidas pelos alunos.

Outras seis respostas trouxeram observações apenas quanto à variação de crescimento e decrescimento das funções, e os outros dois alunos indicaram sobre as funções terem o mesmo limite, no eixo x .

Notamos que as transformações gráficas das funções do tipo $g(x) = b \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^x$ a partir das variações do coeficiente b permitiram que os alunos respondessem às questões da Atividade 3, identificando as curvas reflexivas para valores opostos dos coeficientes b , o crescimento e decrescimento das funções relacionados com os valores que b , e as curvas se aproximarem do eixo x , tendo a assíntota comum de $y = 0$.

Concordamos com Hohenwarter e Jones (2007, p. 130) que o GeoGebra é “[...] uma ferramenta poderosa na Educação Matemática [...]”, por transformar os objetos matemáticos entre suas representações algébricas e geométricas. E, assim como Cruz (2018) apresenta os resultados de sua pesquisa, observamos que o *software* permite que os alunos desenvolvam seus conhecimentos de forma interativa, experimentando e avaliando as relações entre os gráficos e os coeficientes da função.

Na última atividade proposta no Plano – *Faça comparações!* os alunos deveriam descrever as semelhanças e as diferenças que perceberam, a partir das construções, entre a função exponencial e do tipo exponencial.

Apresentamos algumas das respostas dadas pelos alunos para a Atividade 4 no quadro que segue.

²⁹ O crescimento e o decrescimento, uma sendo (+) positiva e a outra sendo (-) negativa, sendo uma o reflexo da outra.

Quadro 4 - Respostas dos alunos à Atividade 4³⁰

Aluno D	A função exponencial ela nunca entra o eixo x e a função do tipo exponencial cortara o x e o y, ficara crescente e decresce.
Aluno E	As duas funções são positivas, tem o valor de a positivo, e as duas são formadas por curvas. As diferenças é que as funções exponenciais não cortam o eixo x, mas as funções do tipo exponenciais sim. A constante na função exponencial fica na vertical e na função do tipo exponencial fica na horizontal. (y) (x) Outra diferença é que o limite da função $f(x)$ quase encosta no eixo x e na função $g(x)$, o limite tem um ponto, um valor.
Aluno G	A diferença é que as funções exponenciais sempre terão um valor único, já as do tipo exponenciais podem variar, multiplicar, dividir... A semelhança é que as duas podem ser tanto crescentes como decrescentes.
Aluno I	É que as funções exponenciais são mais fáceis por ter menos letras, já as do tipo exponenciais são mais complicadas pelo tanto de letras.

Fonte: atividades desenvolvidas pelos alunos.

Observamos que os alunos destacaram como semelhanças o fato de que ambas as funções formam uma curva, possuem o valor da *base a* da potência sempre positivo e que apresentam variações de comportamento, podendo ser crescente e decrescente.

Como diferenças apontaram sobre o limite de cada função, responderam que a função exponencial fica sempre limitada pelo eixo x e, na função do tipo exponencial, os limites

³⁰ Aluno D: A função exponencial ela nunca entra o eixo x e a função do tipo exponencial cortara o x e o y, ficara crescente e decresce.

Aluno E: As duas funções são positivas, temo valor de a positivo e as duas são formadas por curvas. As diferenças é que as funções exponenciais não cortam o eixo x, mas as funções do tipo exponenciais sim. A constante na função exponencial fica vertical (y) e na função do tipo exponencial fica na horizontal (x). Outra diferença é que o limite da função $f(x)$ quase encosta no eixo x e na função $g(x)$, o limite tem um ponto, um valor.

Aluno G: A diferença é que as funções exponenciais sempre terão um valor único, já as do tipo exponenciais podem variar, multiplicar, dividir... A semelhança é que as duas podem ser tanto crescentes como decrescentes.

Aluno I: É que as funções exponenciais são mais fáceis por ter menos letras, já que as do tipo exponenciais são mais complicadas pelo tanto de letras.

podem ter outros valores diferentes e, nesse caso, as curvas interceptam o eixo x e consideraram que a lei da função exponencial é mais simples que da função do tipo exponencial, pois esta apresenta valores somando e multiplicando a exponencial de x .

Percebemos que as resoluções das atividades propostas contribuíram para que os alunos compreendessem as características da função exponencial e do tipo exponencial, a partir das transformações entre as representações algébricas e gráficas criadas pelo GeoGebra e com suporte nas explicações que utilizaram as multimídias para apresentar o conteúdo.

As possibilidades que essas atividades trouxeram para os alunos da 2ª série do Ensino Médio de desenvolverem habilidades que os permitiram alcançar conhecimentos por meio de processos abstratos e de análises, com apoio das construções do GeoGebra, e de modo mais autônomo, atendem as perspectivas postas na BNCC (BRASIL, 2018).

6.4 USO DA LINGUAGEM MATEMÁTICA

Analisamos esta categoria, a partir das resoluções das atividades e das observações do diário de bordo. Nela, destacamos a importância da linguagem matemática para a compreensão e a resolução das atividades matemáticas, especificamente, para as análises das relações entre o gráfico e os coeficientes das funções exponenciais.

Brasil (2018, p. 529) destaca que “[...] na Matemática, o uso dos registros de representação e das diferentes linguagens é, muitas vezes, necessário para a compreensão, a resolução e a comunicação de resultados de uma atividade [...]”. Diante das resoluções das atividades propostas nesta pesquisa, percebemos a importância da afirmação citada, uma vez que os alunos tiveram dificuldades na escrita das respostas a partir da análise das observações das transformações das funções no GeoGebra, porque não possuíam vocabulário específico para escreverem as respostas.

Nas resoluções das atividades, as principais dificuldades quanto ao uso da linguagem matemática foram observadas na escrita da lei da função, na identificação de ponto no plano cartesiano e na indicação da assíntota que limita a curva exponencial. Nesses casos, mesmo quando os alunos apresentaram respostas incompletas e sem o rigor da linguagem matemática, foi possível perceber que haviam conseguido analisar corretamente o que

estava sendo questionado, como podemos observar abaixo na resolução do aluno H na Atividade 2.

Figura 33 - Resposta do aluno H à atividade 2

c) Pare o controle deslizante em $c = 3$.

- Escreva a lei da função: $3^x + 3$.

Sobre o gráfico, indique:

- o ponto de interseção com o eixo y: Ponto 4.
- o limite inferior: Ponto 3.
- a imagem: $y > 3$.

Fonte: atividade desenvolvida pelos alunos.

Na Atividade 2, a função analisada era do tipo $g(x) = 3^x + c$. Podemos notar que, na escrita da lei da função, o aluno apresenta apenas a expressão sem indicar a variável dependente, no caso $g(x)$; para a indicação do ponto de interseção, traz apenas a coordenada y , do eixo que a curva intercepta; e o limite é indicado como um ponto, ao invés de apresentar a assíntota, $y = 3$. Notamos que suas respostas não usam a linguagem matemática adequada, mas as análises foram feitas corretamente. Assim como o aluno H, todos os outros trouxeram essas dificuldades em alguma das atividades propostas no Plano.

No Plano de Atividades, as respostas dos alunos foram construídas a partir das transformações algébricas e geométricas das funções do tipo exponencial. Para descrever as transformações, isso é, o comportamento dos gráficos a partir das variações dos coeficientes das funções, na maioria das atividades, os alunos utilizaram uma linguagem própria e foram estimulados a isso. Na aplicação do Plano de atividades, a não utilização da linguagem matemática foi percebida pela professora, e, como o objetivo principal é perceber as aprendizagens, os termos matemáticos não foram cobrados com exatidão, mesmo eles tendo sido apresentados nos *slides* e nas explicações. A Figura 16, apresentada anteriormente na Seção 6.1, mostra a descrição dos movimentos de translação e reflexão nos *slides*.

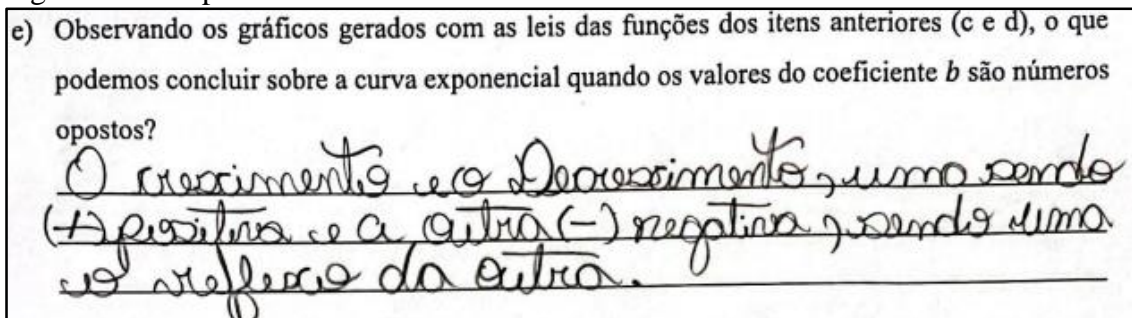
Notamos que, para indicar o limite das funções, quando a assíntota era $y = 0$, os alunos descrevem que o gráfico “não toca o eixo x , mesmo que chegue muito perto”, pelo aluno K; ou “quase encostando no eixo x ”, pelo aluno C; ou “ficou limitado no 0 (zero)”, pelo

aluno I; ou “ficou limitado no eixo x”, pelo aluno L. Assim, percebemos que houve entendimento do limite, os alunos conseguiram perceber as transformações, apesar de não terem utilizado a linguagem correta.

Para descrever o movimento de translação que acontece com o gráfico a partir das alterações dos valores da *constante* c na função $g(x) = 3^x + c$, os alunos responderam dizendo que o gráfico sobe e desce, como podemos ver no Quadro 3, a resposta do aluno N. Entendemos que os alunos que utilizaram essas respostas perceberam os movimentos das curvas, mas não conseguiram associá-los ao termo matemático, translações, que havia sido apresentado das explicações e nos slides.

A Atividade 3 propõe que os alunos observem e descrevam as curvas geradas a partir da função $g(x) = b \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^x$ com valores opostos para o *coeficiente* b , nesse caso, as curvas ficam reflexivas. Apenas quatro alunos descreveram essas características e utilizaram um termo adequado, como exemplificamos com a resposta dada pelo aluno F, na figura abaixo.

Figura 34 - Resposta do aluno F à atividade 3



Fonte: atividade desenvolvida pelos alunos.

Nessa resposta, o aluno indicou outras observações: que as curvas alternam seu comportamento, sendo uma crescente (quando a *constante* b é negativa) e outra decrescente (quando a *constante* b é positiva) e finalizou com a percepção de reflexo entre elas.

Percebemos que esses quatro alunos conseguiram perceber e descrever o comportamento das curvas dentro dessas especificações com uso do termo matemático, diferente do que aconteceu com as resoluções dos demais alunos, que não explicaram a reflexão entre os gráficos, nem utilizando outras palavras “não matemáticas”. Sobre as resoluções, essas foram discutidas na categoria anterior, na Seção 6.3. Nesse caso, o posicionamento das

curvas no plano cartesiano é difícil de ser explicado sem o uso do termo matemático e, portanto, a maioria dos alunos não destacou essa característica.

Combinando com essa constatação, Bonotto (2015) aponta, em suas análises, as dificuldades dos alunos em expressar, em linguagem natural, as características observadas nas construções gráficas do GeoGebra. E, como aconteceu nesta pesquisa, os alunos utilizaram os termos “subir” e “descer” para as translações verticais das curvas exponenciais.

Entendemos que, apesar das dificuldades em descrever os comportamentos dos gráficos, devido à falta de apropriação da linguagem matemática, conseguimos identificar as aprendizagens e as dificuldades na resolução das atividades. A necessidade de utilizar diferentes palavras para nomear um objeto matemático no processo de ensino e de aprendizagem dos conceitos podem acarretar dificuldades na apropriação da linguagem matemática, isso se deve, pois, para apresentar os objetos abstratos, utilizamos palavras que possuem diferentes significados diante de cada contexto. “[...] Esse misto de conceitos abstratos, símbolos e palavras conhecidas pelos estudantes, muitas vezes em outros contextos [...] pode provocar muitas dúvidas” (CARDOSO, 2014, p. 80).

O mesmo autor, apoiado em Vergnaud (1990) e Sierpinska (2005), apresenta que essa dificuldade em desenvolver os conceitos matemáticos utilizando sua linguagem própria pode ser solucionada com o seu uso contínuo em situações diversas, a partir das interações e das trocas de significados nos diálogos, favorecendo a compreensão dos conceitos e a apropriação da linguagem matemática.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, apresentamos uma síntese do trabalho, respondendo à questão do problema levantado para esta pesquisa e verificando se os objetivos foram alcançados. Destacamos a importância do referencial teórico e da metodologia para os resultados obtidos. Incluímos também uma avaliação do uso do *WhatsApp* e uma análise das questões objetivas do questionário.

Nesta investigação, buscamos responder à questão: Como as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação contribuem para os processos de ensino e de aprendizagem das funções exponenciais em uma turma da 2ª série do Ensino Médio, com foco nas relações estabelecidas entre os coeficientes e os gráficos das funções?

Aplicamos um Plano de Atividades que foi construído a partir das orientações dos documentos oficiais, a BNCC e o Currículo do Espírito Santo, sobre o uso de tecnologias para o ensino de Matemática, mais especificamente, para o conteúdo de funções exponenciais. O desenvolvimento do Plano pretendeu: revisar a definição de função exponencial; caracterizar e perceber o uso das funções do tipo exponencial em problemas contextualizados; perceber as características principais do gráfico da função exponencial e do tipo exponencial; e identificar as relações entre os coeficientes da função e seu gráfico.

As TDIC foram utilizadas para as explicações dos conteúdos, com uso da videoaula e da apresentação de *slides*; para a resolução das atividades Matemáticas, recorremos ao *software* GeoGebra e, para a interação entre professora e alunos, usamos o *WhatsApp*. O Plano foi organizado para que os alunos desenvolvessem habilidades e competências relacionadas à compreensão das variações das grandezas das funções, conseguindo utilizar conceitos e procedimentos para interpretar modelos a partir de argumentação Matemática; e ao estabelecimento das relações entre as representações das funções exponenciais, identificando características básicas dos gráficos, como imagem e crescimento, utilizando e construindo registros algébricos e geométricos para determinação dos resultados.

O processo para a revisão de literatura desta pesquisa, percorreu dois caminhos. Inicialmente, demos foco ao uso do *WhatsApp* para o processo de ensino e de aprendizagem, mas, a partir da revisão de literatura direcionada a esse tema, percebemos

que a identificação de pesquisas acadêmicas relacionadas ao tema desta pesquisa ainda não estava coberta. Realizamos, então, uma segunda revisão de literatura, buscando por trabalhos acadêmicos que relacionassem o ensino das funções exponenciais a partir do uso de tecnologias.

Com a primeira revisão, identificamos que o uso do *WhatsApp* possibilita a criação de um novo ambiente de interações diferente daquele do cotidiano escolar. Os trabalhos analisados destacaram sua funcionalidade no envio de materiais, em que o professor poderia disponibilizar conteúdo para o estudo ou os alunos poderiam enviar as resoluções de suas atividades, como fizeram Bellotto (2019) e Montenegro (2020) em suas pesquisas de mestrado. Pereira (2019) e Camargo (2020) utilizaram o aplicativo em suas investigações para que professores/pesquisadores e alunos mantivessem contato, mesmo fora dos momentos escolares, tirando dúvidas, com momentos de discussões e tomadas de decisões das atividades a serem desenvolvidas na pesquisa. Seguimos então, em nossa pesquisa, com uso do aplicativo *WhatsApp* para troca de informações e materiais entre a professora e os alunos e com a expectativa de que as interações entre os alunos pudessem nos trazer dados que contribuíssem para as análises da pesquisa.

Durante a investigação, as interações no grupo do *WhatsApp* nos auxiliaram às instruções da professora nos dias anteriores às aulas para lembrar aos alunos da pesquisa e assim tentar diminuir as faltas dos alunos e para lembrá-los dos materiais para as aulas; para envio dos *links* de acesso para criação da nuvem de palavras e do formulário do *Google* com o questionário; e para compartilhamento de arquivos dos documentos como imagem da nuvem de palavras que foi gerada e fotografias tiradas durante a pesquisa.

Por meio de uma questão aberta do questionário, os alunos puderam avaliar as trocas de informações pelo grupo do *WhatsApp* e eles afirmaram que as trocas de informações foram boas, úteis e práticas, e foi destacado que o grupo foi utilizado pela professora para passar informações sobre a pesquisa e as atividades desenvolvidas. Acreditamos que, devido a pouca interação entre os alunos no grupo, essa questão foi respondida de forma bastante sucinta pela maioria deles.

A revisão de literatura sobre o ensino e a aprendizagem de funções exponenciais com uso de TDIC nos permitiu ter uma visão de como as pesquisas acadêmicas estavam tratando o tema. Identificamos algumas similaridades com nossa pesquisa, quanto ao uso de

softwares de geometria dinâmica para manipulação dos registros de representação das funções, transformando leis em gráficos e vice-versa; e desenvolvimento da pesquisa a partir da aplicação de atividades matemáticas para alunos do Ensino Médio.

Os trabalhos estudados tiveram importância por apresentar os contextos de cada escola para utilização das tecnologias, identificando os desafios que podem ser enfrentados quando uma atividade é desenvolvida, como as dificuldades de acesso aos recursos tecnológicos, a necessidade de conhecimento mais aprofundado dos *softwares* e/ou aplicativos para manipulação dos mesmos, tempo para o preparo de aulas que fogem do padrão das aulas tradicionais e mudança no comportamento do professor diante do uso dos recursos, tornando-o mediador do processo de ensino e de aprendizagem, como Cruz (2018) e Bonotto (2015) concluem em suas pesquisas.

Em nossa pesquisa, além de analisar os processos de ensino e de aprendizagem a partir do uso de um *software*, o GeoGebra, damos destaque a outras TDIC, as multimídias que foram utilizadas na aplicação do Plano de Atividade, a videoaula e a apresentação de *slides*.

O uso de vídeos em sala de aula foi pensado a partir das ideias Amaral (2003) que traz, de forma bastante clara, como fazer o seu uso adequado, desde o planejamento da aula até sua execução e das ideias de Moran (1995), que defende o uso dos vídeos pela possibilidade de aproximar a sala de aula ao cotidiano dos alunos e das suas linguagens de aprendizagem, atraindo a atenção e trazendo novas propostas para o processo educacional.

A videoaula e a apresentação e *slides* foram avaliadas segundo os princípios da TCAM, proposta por Mayer (2009), os quais procuram garantir uma aprendizagem efetiva a partir da apresentação do conteúdo tanto por palavras quanto por imagens – as palavras, escritas e faladas, e as imagens, através ilustrações, símbolos e animações. Concluímos que os dois recursos cumprem a maioria dos princípios e se adequam a outros, diante do contexto que a pesquisa foi aplicada.

Procurando alcançar nosso objetivo principal, o de analisar possíveis contribuições da utilização de TDIC nos processos de ensino e de aprendizagem das funções exponenciais em uma turma da 2ª série do Ensino Médio, organizamos esta investigação metodologicamente, realizando a coleta de seus dados segundo pressupostos de uma

pesquisa qualitativa e exploratória. Essas características permitiram um olhar mais aprofundado nas análises dos dados que foram coletados de modos diversos, com o diário de bordo, as resoluções das atividades e o questionário.

Para a análise dos dados, seguimos um caminho metodológico, criado a partir das propostas de Gil (2002), além de algumas técnicas da AC de Bardin (2021), levando em conta três etapas: processo de exploração dos dados; construção das categorias; e análises. As análises dos dados coletados se deram dentro das quatro categorias criadas (As multimídias em sala de aula, Funcionalidades do GeoGebra, Transformações gráficas e Uso da linguagem matemática).

As análises categoriais permitiram relacionar os dados coletados, e já explorados com a primeira etapa do nosso caminho metodológico, com as ideias dos autores utilizados na construção do referencial teórico e com os trabalhos apresentados na revisão de literatura.

Sobre a categoria, As multimídias em sala de aula, percebemos que elas atraíram a atenção dos alunos e, no caso da videoaula, trouxe para o ambiente da sala de aula, um recurso que alguns alunos costumam utilizar nos momentos de estudos individuais. A apresentação dos *slides* permitiu não só que o conteúdo fosse apresentado com mais qualidade visual como também identificar, com mais precisão e clareza, detalhes das construções gráficas. A nuvem de palavras foi um ponto bastante inovador, pois os alunos ainda não haviam estudado com aquele tipo de organização de informações, as quais compreendemos como cruciais para a revisão dos conceitos de função exponencial.

Considerando que a TCAM foi desenvolvida com objetivo de identificar quais as instruções multimídias promovem uma aprendizagem efetiva, caracterizada aprendizagem multimídia, temos que ressaltar que a videoaula e a apresentação de *slides* utilizadas nesta pesquisa, cumpriram a maioria dos princípios estabelecidos na teoria de Mayer (2009).

Ainda assim, diante dos resultados das análises, temos que considerar um uso delineado para essas multimídias, para que não tornem maçantes ou cansativas as aulas. Nesta pesquisa, percebemos que, ao final das apresentações dos *slides*, os alunos já estavam sem foco para as explicações, devido a seu tempo prolongado.

As Funcionalidades do GeoGebra nos permitiram identificar a importância de o professor conhecer as funções básicas para a manipulação dos recursos que o *software* oferece, para

o planejamento das aulas, identificando quais funções utilizadas nas resoluções das atividades e que resultados elas oferecem, já tendo uma percepção das dificuldades que os alunos podem encontrar no manuseio. E, antes da resolução das atividades, os alunos precisam identificar os comandos básicos que serão utilizados, para terem a possibilidade de desenvolverem diferentes construções que os levem às resoluções dos exercícios. Nesta pesquisa, mesmo os alunos já tendo utilizado o GeoGebra, surgiram algumas dificuldades na utilização de seus comandos e na interpretação dos gráficos gerados, mas que foram supridas pela intervenção mediadora da professora.

Na categoria das Transformações Gráficas, inferimos como cada atividade, proposta no Plano de Atividades, possibilitou as aprendizagens a partir das relações entre as representações gráficas e algébricas das funções exponenciais. Os alunos conseguiram, com mais facilidade, identificar as interseções das curvas nos eixos cartesianos e o seu comportamento quanto ao crescimento e ao decréscimo, relacionando-os com as variações dos coeficientes das funções do tipo $g(x) = b \cdot a^x + c$.

Para descreverem os limites e as imagens das funções, notamos algumas dificuldades, conceituais que acarretaram dificuldades de criticidade diante das situações apresentadas. Quanto ao limite, os alunos não conseguiram associá-los diretamente à assíntota que o determina, mas demonstraram que identificaram o comportamento limitado da função. Quanto à imagem, as dificuldades foram ainda maiores e concluímos que o conceito de imagem ainda não está bem definido para os alunos. Eles não conseguiram perceber que se trata de um conjunto que “recebe” os resultados do domínio da função.

Ao longo das resoluções das atividades, os alunos tiveram dificuldades em responder às perguntas abertas por não dominarem a linguagem matemática necessária, então a categoria Uso da linguagem matemática trouxe uma análise dentro desse contexto. As dificuldades no uso da linguagem limitaram os alunos na descrição dos comportamentos dos gráficos das funções a partir das variações de seus coeficientes e, mesmo sendo instruídos pela professora a usarem uma linguagem própria nas respostas, ela não era suficiente para atender as especificidades que as representações matemáticas exigem.

Nas discussões das categorias, as multimídias em sala de aula e Funcionalidades do GeoGebra, utilizamos os dados coletados com as perguntas abertas do questionário, que tinham o objetivo de perceber as vivências e opiniões dos alunos diante o uso de TDIC

para desenvolvimento do Plano de Atividades. Já as questões fechadas, trouxe-nos uma avaliação, por parte dos alunos, sobre o desenvolvimento das aulas e sua participação nelas.

Em cada questão fechada, os alunos responderam sim, não, parcialmente e não se aplica. Com os dados dos catorze alunos, sujeitos desta pesquisa, concluímos que todos consideraram que os objetivos da pesquisa foram apresentados e esclarecidos antes do seu desenvolvimento. Conhecer a importância da pesquisa e ser colocado com a possibilidade de poder escolher participar dela ou não contribuiu para o empenho dos alunos na realização das atividades, uma vez que dos dezoito alunos que participaram de todo o processo de aplicação do Plano de atividades, catorze concluíram integralmente as atividades.

Nas questões que avaliaram as relações professora e alunos, identificamos que todos os alunos concordaram que a boa relação entre os pares favoreceu o processo de ensino e de aprendizagem e a maioria não teve dificuldade em acionar a professora nos momentos de dificuldades.

O uso de TDIC dentro do contexto apresentado nesta pesquisa exigiu uma postura da professora como mediadora do conhecimento, permitindo que os alunos, através da manipulação dos registros das funções no GeoGebra, desenvolvessem, de forma interativa e mais autônoma, o seu conhecimento. Fato posto nas pesquisas analisadas na revisão de literatura.

Por fim, concluímos que as TDIC contribuem para os processos de ensino e de aprendizagem das funções exponenciais, possibilitando um planejamento de aulas que direcionam o uso de multimídias a contribuir, facilitando os processos cognitivos de aprendizagem dos alunos e permitindo a eles terem autonomia para o desenvolvimento dos seus conhecimentos por meio das transformações dos objetos matemáticos, nesse caso, identificando as relações entre os gráficos e os coeficientes das funções exponenciais. As resoluções das atividades, analisadas a partir das observações durante todo o processo investigatório e as respostas do questionário nos permitiram identificar a construção de aprendizagens significativas por parte dos catorze alunos da segunda série do Ensino Médio, participantes desta pesquisa.

Deixamos como perspectivas futuras: análises das abordagens das funções exponenciais

nos livros didáticos, identificando como as multimídias são propostas para serem exploradas no desenvolvimento do conteúdo na Educação Básica; e, investigações sobre como as políticas públicas estão sendo desenvolvidas no nosso estado ou no Brasil para dar suporte aos professores quanto ao uso das tecnologias. Esperamos que esta pesquisa possa servir para outros professores como um estímulo em seu trabalho cotidiano, utilizando, quando possível e apropriado, o nosso Plano de Atividades e as TDIC para o ensino de Matemática.

REFERÊNCIAS

ALVES, N. Possibilidades de 'uso' de fotografias nas pesquisas de 'espaçostempos' de escolas. **Revista Brasileira de Educação Geográfica**. Campinas, v. 3, n. 6, p. 158-176, 2013. Disponível em: <<https://www.revistaedugeo.com.br/ojs/index.php/revistaedugeo/article/view/164/108>>. Acesso em: 30 ago. 2021.

AMARAL, R. B. Vídeo na Sala de Aula de Matemática: Que Possibilidades? **Educação Matemática em Revista**, p. 38-47, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Rubia-Amaral-Schio/publication/353830629_Video_na_sala_de_aula_de_matematica_que_possibilidades/links/611442ad1e95fe241ac5ea98/Video-na-sala-de-aula-de-matematica-que-possibilidades.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.

ANGELUCCI, M. **Uma abordagem diferente para o ensino da função exponencial no Ensino Médio**. 2013. 134f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, São Carlos, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/7266/DissMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 06 nov. 2022.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2021.

BELLOTTO, V. B. **O ensino de matemática e processo de construção da autonomia do aluno através das metodologias ativas e híbridas**. 2019. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, SC, 2019. Disponível em: <<https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/3435/1/BELLOTTO.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2021.

BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação**. Tradução de Maria João Sara dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.

BONJORNO, J. R.; GIOVANNI, J. R. Jr.; SOUSA, P. R. C. **Prisma matemática: funções e progressões: Ensino Médio: área do conhecimento: matemática e suas tecnologias**. 1 ed. São Paulo: FTD, 2020.

BONOTTO, A. K. **Ensino e aprendizagem da função exponencial por meio de atividades investigativas e do uso de objeto de aprendizagem**. 2015. 125f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática) – Programa de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão, Centro Universitário Franciscano de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015. Disponível em: <<http://www.tede.universidadefranciscana.edu.br:8080/handle/UFN-BDTD/679>>. Acesso em: 08 jul. 2022.

BORBA, M. de C. *Humans-with-media and continuing education for mathematicsteachers in online environments*. **ZDM Mathematics Education**, v. 44, p. 802-814, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/257762554_Humans-with-

[media and continuing education for mathematics teachers in online environments](#)

>. Acesso em: 19 ago. 2022.

_____; SCUCUGLIA, R. R. S.; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias em Educação Matemática: sala de aula e internet em movimento**. 1 ed. Belo Horizonte: Autêntica. 2014.

_____; SOUTO, D. L. P.; JUNIOR, N. da R. C. **Vídeos na Educação Matemática: Paulo Freire e a quinta fase das Tecnologias Digitais**. 1 ed. Belo Horizonte: Autêntica. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: <
http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 25 set. 2020.

BRUM, A. de L.; PEREIRA, E. C. Dispositivos Móveis, Matemática e Literatura: uma combinação diabólica. **RELACult**, v. 05, ed. especial, p. 1 a 15, 2019. Disponível em: <
file:///C:/Users/Dell/Downloads/1226-Texto%20do%20Artigo-5103-1-10-20190423.pdf
>. Acesso em: 08 jul. 2021.

CAMARGO, D. de J. V. “**Fotomatizando**”: conexões entre fotografia e matemática nos anos finais do ensino fundamental de uma escola municipal de Pelotas/RS. 2020. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Faculdade de Educação, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020. Disponível em: <
<https://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/6402>>. Acesso em: 08 jul. 2021

CARDOSO, V. C. **Ensino e aprendizagem de Álgebra Linear: Uma discussão acerca de aulas tradicionais, reversas e vídeos digitais**. Tese de Doutorado. Campinas, 2014. Disponível em: <
https://www.academia.edu/10296807/Ensino_e_aprendizagem_de_%C3%81lgebra_Linear_uma_discuss%C3%A3o_acerca_de_aulas_tradicionais_reversas_e_de_v%C3%ADdeos_digitais>. Acesso em: 25 jan. 2021.

CASTRO, M. R.; FERREIRA, G., GONZALEZ, W. **Metodologia da pesquisa em educação**. 1ed. Nova Iguaçu, RJ: Marsupial, 2013.

CASTRO, R. M. de; LANZI, L. A. C. O futuro da escola e as tecnologias: alguns aspectos à luz do diálogo entre Paulo Freire e Seymour Papert. **RIAEE–Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v.12, n. esp. 2, p. 1496-1510, ago. /2017. Disponível em: <
<https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/10305/6697>>. Acesso em: 28 ago. 2022.

CENTRO REGIONAL DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO (CETIC.BR). **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras: TIC Educação 2019**. São Paulo: CGI.br, 2020, 332 p. Disponível em: <
https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/20201123090444/tic_edu_2019_livro_eletronico.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2021.

CRUZ, A. M. da. **Potencialidades da utilização do software geogebra para o desenvolvimento do conteúdo de funções exponenciais através do smartphone**. 2018. 187f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. Disponível em: <[http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/10074/1/DISSERTA%
c3%87%c3%83O_PotencialidadesUtiliza%
c3%a7%c3%a3oSoftware.pdf](http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/10074/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_PotencialidadesUtiliza%c3%a7%c3%a3oSoftware.pdf)>. Acesso em: 08 jul. 2021.

DE VILLIERS, M. *Some pitfalls of dynamic geometry software. From Teaching & Learning Mathematics: A Journal of the Association of Mathematics Education*, n. 4, p. 46 – 52, 2007. Disponível em: <<http://academic.sun.ac.za/mathed/AMESA/>>. Acesso em: 13 set. 2022.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado da Educação. **Currículo do Espírito Santo. Matemática e suas tecnologias – Ensino Médio**. Vitória: SEDU, 2018a. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1NL0O9PfxdGQuH9SgghaMje8JV9_bbWGA/view>. Acesso em: 25 set. 2020.

_____. _____. **Currículo do Espírito Santo. Texto Introdutório – Ensino Médio**. Vitória: SEDU, 2018b. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1B41xYpgWgvZGd8dccl6lDtOkjHL4jjC5/view>>. Acesso em: 25 set. 2020.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em Educação Matemática: percursos teóricos e metodológicos**. 3ª edição. São Paulo: Autores Associados, 2009.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GEOGEBRA. **O que é o GeoGebra?** Disponível em: <<https://www.GeoGebra.org/about>>. Acesso em: 18 out. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar: Como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**. 8. ed. Rio de Janeiro: Record, 2004.

HOHENWARTER, M.; JONES, K. *Ways of linking geometry and algebra: the case of geogebra. Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, v. 27, n. 3, p. 126 – 131, nov. 2007. Disponível em: <https://www.academia.edu/1814057/Mathematics_teacher_development_with_ICT_towards_an_International_GeoGebra_Institute?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page>. Acesso em: 13 set. 2022.

HOHENWARTER, M.; LAVICZA Z. *Mathematics teacher development with ict: towards an international GeoGebra institute. Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, v. 27, n. 3, p. 49 – 54, nov. 2007. Disponível em: <https://www.academia.edu/1814057/Mathematics_teacher_development_with_ict_towards_an_international_GeoGebra_institute?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page>. Acesso em: 13 set. 2022.

KENSKI, V. M. Aprendizagem Mediada pela Tecnologia. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 4, n.10, p.47-56, 2003. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/1891/189118047005.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2022.

LIMA, E. L. et al. **A Matemática no Ensino Médio**. Coleção do Professor de Matemática, v. 1, 8 ed. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Matemática, 2005.

MAYER, R. E. **Multimedia learning**. 2 ed. Nova Iorque: Cambridge, 2009.

MORAN, J. M. O vídeo na sala de aula. In: Revista Comunicação & Educação. São Paulo, **ECAD** – Editora: Moderna [2]: 27 a 35 jan./abr. de 1995. Disponível em:< <https://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/36131/38851> >. Acesso em: 08 jul. 2021.

MONTENEGRO, C. de M. **Projetos de modelagem e performance matemática digital no Ensino Fundamental**: alunos em um sistema de atividade. 2020. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: < <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/217466>>. Acesso em: 08 de jul. 2021.

OLIVEIRA, T. M. R. de, AMARAL, C. L. C. O uso de aplicativos no ensino da matemática: o que pensam os alunos do ensino fundamental anos finais. **ENCITEC**, Santo Ângelo, vol. 10, n. 2, p. 40-50, 2020. Disponível em: < <https://core.ac.uk/download/pdf/335266697.pdf> >. Acesso em: 08 jul. 2021.

PEREIRA, J. T. L. **O smartphone como dispositivo de aprendizagem em tempos de convergência e mobilidade**. 2019. 162 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2019. Disponível em: < https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/11846/2/JOSELENE_TAVARES_LIMA_PEREIRA.pdf >. Acesso em: 08 jul. 2021.

RAMOS, M. R. V. **O Uso de Tecnologias em Sala de Aula**. In: V Seminário de Estágio do Curso de Ciências Sociais do Departamento de Ciências Sociais, 2012, Londrina. Disponível em: < <http://www.uel.br/revistas/lenpes-pibid/pages/arquivos/2%20Edicao/MARCIO%20RAMOS%20-%20ORIENT%20PROF%20ANGELA.pdf>>. Acesso em 26 de jan. 2021..

SANTOS, R. de S. F. dos; STAHL, N. S. P. Interloquções em interações colaborativas: uma experiência com alunos do ensino fundamental por meio do aplicativo WhatsApp. **Revista Científica da FAMINAS**, Campos dos Goytacazes, RJ, v. 15, n. 1, p. 89-100, 2020. Disponível em: <https://periodicos.faminas.edu.br/index.php/RCFaminas/article/view/439/pdf_10>. Acesso em: 08 jul. 2021.

SOUZA, C. A. de; COSTA, N. M. L. da. Eixos de Afinidades de Pesquisa Acadêmica e o Ensino de Funções Exponenciais e Logarítmicas: uma Revisão de Literatura. **Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática**. São Paulo, v.14, n.3-esp, p. 294-301, 2021. Disponível em: < <https://jieem.pgsskroton.com.br/article/view/7637> >. Acesso em: 15 jul. 2021.

SOUZA, M. F. de; OLIVEIRA, S. S. R. de. Um olhar para as pesquisas sobre o uso de vídeo no ensino de matemática. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 245-277, 2021. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/49698/37602>>. Acesso em: 15 out. 2022.

THEES, A. “**Aprendi no YouTube!**”: investigação sobre estudar matemática com **videoaulas**. Tese de Doutorado em Educação. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<http://www.unirio.br/ppgedu/backup/1f4c1produtos/TesePPGEduAndraTheesMesser.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2021.

APÊNCIDE

APÊNDICE A – Slides

AS FUNÇÕES EXPONENCIAIS

Professora Vanessa Bayerl Cesana
EEEM Ceciliano Abel de Almeida

- Acesse o link no grupo do *WhastApp* e preencha com o código abaixo.

58577429



1

Go to www.menti.com and use the code 5857 7429

ESCREVA PALAVRAS OU EXPRESSÕES SOBRE FUNÇÃO EXPONENCIAL:







2

RETOMANDO A
DEFINIÇÃO E O
GRÁFICO DA
FUNÇÃO
EXPONENCIAL



<https://www.youtube.com/watch?v=QG0x9yAvzM>

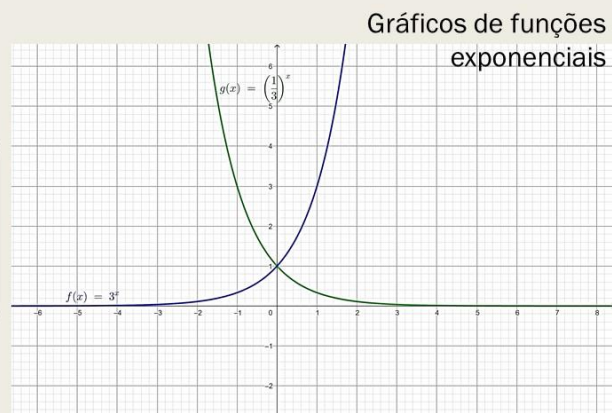
3

FUNÇÕES DO TIPO
EXPONENCIAIS

4

Definição de função exponencial

A função $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}_+^*$ dada por $f(x) = a^x$, com $a \in \mathbb{R}$, $a > 0$ e $a \neq 1$, é denominada função exponencial de base a .



5

Problema 1:

55. Um botânico anotou diariamente o crescimento de uma planta e verificou que esse crescimento obedecia de maneira aproximada à uma função exponencial dada por $h(t) = 2,52 + 0,04 \cdot 3^{0,14t}$, em que t representa o número de dias aferidos, a partir do primeiro registro, e $h(t)$ indica a altura, em centímetro, da planta no dia t .

Qual é o tempo mínimo necessário para que a planta estudada atinja uma altura maior do que 90 cm?

Adaptado de Bonjorno, Giovanni Junior e Sousa (2020, p. 80).

8

Problema 1:

55. Um botânico anotou diariamente o crescimento de uma planta e verificou que esse crescimento obedecia de maneira aproximada à uma função exponencial dada por $h(t) = 2,52 + 0,04 \cdot 3^{0,14t}$, em que t representa o número de dias aferidos a partir do primeiro registro, e $h(t)$ indica a altura, em centímetro, da planta no dia t .

Qual é o tempo mínimo necessário para que a planta estudada atinja uma altura maior do que 90 cm?

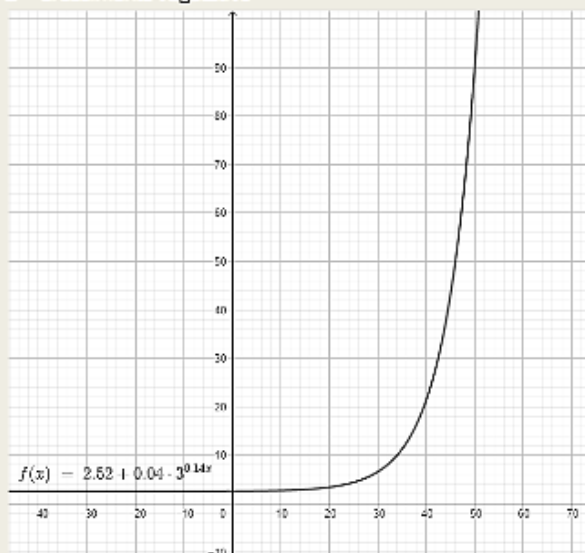
Função do tipo exponencial

$$h(t) = 2,52 + 0,04 \cdot 3^{0,14t}$$

Adaptado de Bonjorno, Giovanni Junior e Sousa (2020, p. 80).

7

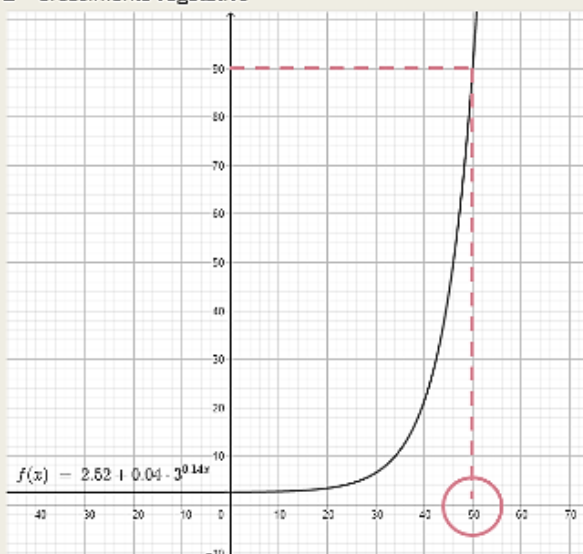
Gráfico 1 – Crescimento vegetativo



Fonte: a autora.
Construído com Software GeoGebra.

8

Gráfico 1 – Crescimento vegetativo



Fonte: a autora.
Construído com Software GeoGebra.

9

Problema 2: (Enem 2021 – prova azul)

Questão 150

Enquanto um ser está vivo, a quantidade de carbono 14 nele existente não se altera. Quando ele morre, essa quantidade vai diminuindo. Sabe-se que a meia-vida do carbono 14 é de 5 730 anos, ou seja, num fóssil de um organismo que morreu há 5 730 anos haverá metade do carbono 14 que existia quando ele estava vivo. Assim, cientistas e arqueólogos usam a seguinte fórmula para saber a idade de um fóssil encontrado: $Q(t) = Q_0 \cdot 2^{-\frac{t}{5730}}$ em que t é o tempo, medido em ano, $Q(t)$ é a quantidade de carbono 14 medida no instante t e Q_0 é a quantidade de carbono 14 no ser vivo correspondente.

Um grupo de arqueólogos, numa de suas expedições, encontrou 5 fósseis de espécies conhecidas e mediram a quantidade de carbono 14 neles existente. Na tabela temos esses valores juntamente com a quantidade de carbono 14 nas referidas espécies vivas.

Fóssil	Q_0	$Q(t)$
1	128	32
2	256	8
3	512	64
4	1 024	512
5	2 048	128

O fóssil mais antigo encontrado nessa expedição foi

- A 1.
- B 2.
- C 3.
- D 4.
- E 5.

10

Problema 2: (Enem 2021 – prova azul)

Questão 150

Enquanto um ser está vivo, a quantidade de carbono 14 nele existente não se altera. Quando ele morre, essa quantidade vai diminuindo. Sabe-se que a meia-vida do carbono 14 é de 5 730 anos, ou seja, num fóssil de um organismo que morreu há 5 730 anos haverá metade do carbono 14 que existia quando ele estava vivo. Assim, cientistas e arqueólogos usam a seguinte fórmula para saber a idade de um fóssil encontrado: $Q(t) = Q_0 \cdot 2^{-\frac{t}{5730}}$ em que t é o tempo, medido em ano, $Q(t)$ é a quantidade de carbono 14 medida no instante t e Q_0 é a quantidade de carbono 14 no ser vivo correspondente.

Um grupo de arqueólogos, numa de suas expedições, encontrou 5 fósseis de espécies conhecidas e mediram a quantidade de carbono 14 neles existente. Na tabela temos esses valores juntamente com a quantidade de carbono 14 nas referidas espécies vivas.

Fóssil	Q_0	$Q(t)$
1	128	32
2	256	8
3	512	64
4	1 024	512
5	2 048	128

O fóssil mais antigo encontrado nessa expedição foi

1.
 2.
 3.
 4.
 5.



Função do tipo
exponencial

$$Q(t) = Q_0 \cdot 2^{-\frac{t}{5730}}$$

11

Problema 2: (Enem 2021 – prova azul)

Questão 150

Enquanto um ser está vivo, a quantidade de carbono 14 nele existente não se altera. Quando ele morre, essa quantidade vai diminuindo. Sabe-se que a meia-vida do carbono 14 é de 5 730 anos, ou seja, num fóssil de um organismo que morreu há 5 730 anos haverá metade do carbono 14 que existia quando ele estava vivo. Assim, cientistas e arqueólogos usam a seguinte fórmula para saber a idade de um fóssil encontrado: $Q(t) = Q_0 \cdot 2^{-\frac{t}{5730}}$ em que t é o tempo, medido em ano, $Q(t)$ é a quantidade de carbono 14 medida no instante t e Q_0 é a quantidade de carbono 14 no ser vivo correspondente.

Um grupo de arqueólogos, numa de suas expedições, encontrou 5 fósseis de espécies conhecidas e mediram a quantidade de carbono 14 neles existente. Na tabela temos esses valores juntamente com a quantidade de carbono 14 nas referidas espécies vivas.

Fóssil	Q_0	$Q(t)$
1	128	32
2	256	8
3	512	64
4	1 024	512
5	2 048	128

O fóssil mais antigo encontrado nessa expedição foi

1.
 2.
 3.
 4.
 5.

$$\begin{aligned}
 8 &= 256 \cdot 2^{-\frac{t}{5730}} \\
 \frac{8}{256} &= 2^{-\frac{t}{5730}} \\
 \frac{2^3}{2^8} &= 2^{-\frac{t}{5730}} \\
 2^{-5} &= 2^{-\frac{t}{5730}} \\
 -5 &= -\frac{t}{5730} \\
 t &= 28650 \text{ anos}
 \end{aligned}$$

12

Problema 2: (Enem 2021 – prova azul)

Questão 150

Enquanto um ser está vivo, a quantidade de carbono 14 nele existente não se altera. Quando ele morre, essa quantidade vai diminuindo. Sabe-se que a meia-vida do carbono 14 é de 5 730 anos, ou seja, num fóssil de um organismo que morreu há 5 730 anos haverá metade do carbono 14 que existia quando ele estava vivo. Assim, cientistas e arqueólogos usam a seguinte fórmula para saber a idade de um fóssil encontrado: $Q(t) = Q_0 \cdot 2^{-\frac{t}{5730}}$ em que t é o tempo, medido em ano, $Q(t)$ é a quantidade de carbono 14 medida no instante t e Q_0 é a quantidade de carbono 14 no ser vivo correspondente.

Um grupo de arqueólogos, numa de suas expedições, encontrou 5 fósseis de espécies conhecidas e mediram a quantidade de carbono 14 neles existente. Na tabela temos esses valores juntamente com a quantidade de carbono 14 nas referidas espécies vivas.

Fóssil	Q_0	$Q(t)$
1	128	32
2	256	64
3	512	128
4	1 024	256
5	2 048	512

O fóssil mais antigo encontrado nessa expedição foi

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

13

Definição de função do tipo exponencial

Uma função $g: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ é de tipo exponencial quando se tem $g(x) = b \cdot a^x$ para todo $x \in \mathbb{R}$, onde a e b são constantes positivas (LIMA et al., 2005).

Podemos acrescentar a constante c e teremos mais variações das funções do tipo exponencial.

$$g(x) = b \cdot a^x + c$$

14

Definição de função do tipo exponencial

Uma função $g: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ é de tipo exponencial quando se tem $g(x) = b \cdot a^x$ para todo $x \in \mathbb{R}$, onde a e b são constantes positivas (LIMA et al., 2005).

Funções exponenciais e do tipo exponencial mantêm estreitas ligações geométrica e algébrica.

Podemos acrescentar a constante c e teremos mais variações das funções do tipo exponencial.

$$g(x) = b \cdot a^x + c$$

15

Funções do tipo exponencial modelam diversos fenômenos biológicos, físicos, econômicos e populacionais.



Decaimento radioativo



Juro composto



Curvas de aprendizagem



Crescimentos de determinadas plantas



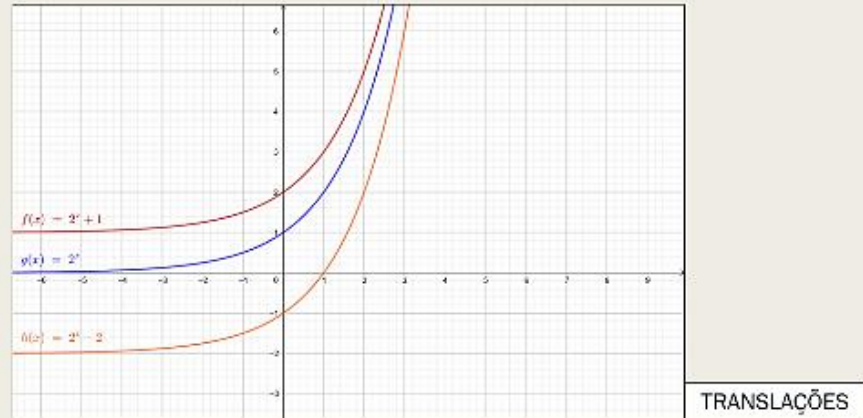
Culturas de bactérias



Correntes elétricas

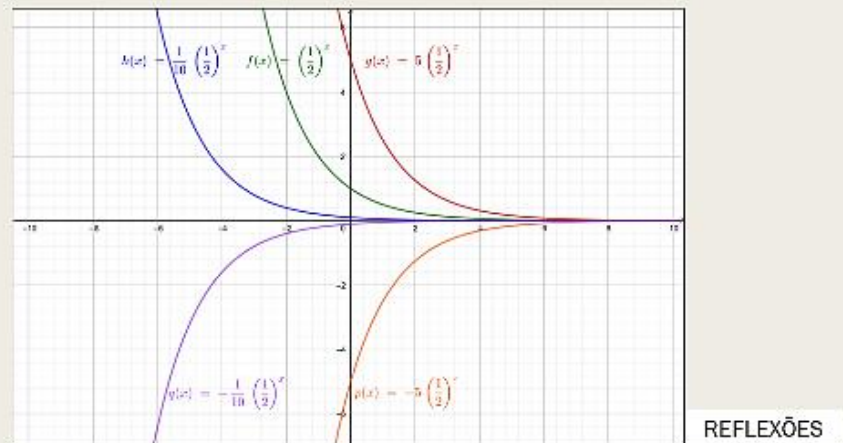
16

Gráficos de função do tipo exponencial



17

Gráficos de função do tipo exponencial



15

Vamos para as atividades!

19

Referências:

BONJORNO, J. R.; GIOVANNI JUNIOR, J. R.; SOUSA, P. R. C. de. **Prisma matemática: funções e progressões: ensino médio: área do conhecimento: matemática e suas tecnologias**, 1. ed. São Paulo: Editora FTD, 2020.

LIMA, E. L. et al. **A Matemática no Ensino Médio**. Coleção do Professor de Matemática, v. 1, 8 ed. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Matemática, 2005.

20

APÊNDICE B – Atividades

Atividades – Funções do tipo exponencial

Objetivo: Perceber as relações entre os coeficientes da função e seu gráfico com auxílio do *software GeoGebra*.

$$g(x) = b \cdot a^x + c$$

As construções gráficas serão feitas no GeoGebra e as análises descritas nesta folha de atividade.

Atividade 1: Percebendo as características básicas do gráfico no plano cartesiano.

Insira a função $g(x) = b \cdot 2^x + c$. Com auxílio dos controles deslizantes responda:

a) Pare o controle deslizante em $b = 5$ e $c = 2$.

- Escreva a lei da função: _____.
- Escreva o comportamento do gráfico (crescente/ decrescente):
_____.
- Indique em que ponto o gráfico cortou o eixo y: _____.
- O gráfico “passa” pelo eixo x? Em que ponto? _____.
- Como esse gráfico ficou limitado? _____.
- Qual foi a imagem da função? _____.

b) Pare o controle deslizante em $b = -1$ e $c = 4$.

- Escreva a lei da função: _____.
- Descreva o comportamento do gráfico (crescente/ decrescente):
_____.
- Indique em que ponto o gráfico cortou o eixo y: _____.
- O gráfico “passa” pelo eixo x? Em que ponto? _____.
- Como esse gráfico ficou limitado? _____.
- Qual foi a imagem da função? _____.

Atividade 2: E se eu somar uma constante à potência da função exponencial?

Insira a função $g(x) = 3^x + c$. Com auxílio do controle deslizante responda:

- a) Qual a principal mudança que acontece com o gráfico à medida que os valores do coeficiente c se alteram?

b) As variações no valor do coeficiente c interferem no comportamento do gráfico quanto ao seu crescimento/ decrescimento? Explique.

c) Pare o controle deslizante em $c = 3$.

- Escreva a lei da função: _____.
- Sobre o gráfico, indique:
- do ponto de interseção com o eixo y : _____.
 - o limite inferior: _____.
 - a imagem: _____.

d) Pare o controle deslizante em $c = -1$.

- Escreva a lei da função: _____.
- Sobre o gráfico, indique:
- o ponto de interseção com o eixo y : _____.
 - o limite inferior: _____.
 - a imagem: _____.

e) Descreva como as variações do coeficiente c interferem na imagem da função.

f) Qual relação você observa entre o valor do coeficiente c e o limite inferior do gráfico?

- g) Em alguns casos, a curva exponencial “passa” pelo eixo x , apresentando valores nos quadrantes inferiores. Descreva para quais valores do coeficiente c isso acontece.

Atividade 3: E se eu multiplicar a potência por um número real b ?

Insira a função $g(x) = b \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^x$. Com auxílio do controle deslizante responda:

- a) Qual a principal mudança acontece com o gráfico à medida que os valores do coeficiente b se alteram?

- b) Sobre o comportamento do gráfico. Para que valores de b o gráfico formou uma curva:

- Decrescente _____.
- Constante _____.
- Crescente _____.

- c) Pare o controle deslizante em $b = -2$.

- Escreva a lei da função: _____.
- Indique em que ponto o gráfico cortou o eixo y : _____.
- Descreva como esse gráfico ficou limitado?

- d) Pare o controle deslizante em $b = 2$.

- Escreva a lei da função: _____.
- Indique em que ponto o gráfico cortou o eixo y .

- Descreva como esse gráfico ficou limitado?

- e) Observando os gráficos gerados com as leis das funções dos itens anteriores (c e d), o que podemos concluir sobre a curva exponencial quando os valores do coeficiente b são números opostos?

Atividade 4: Faça comparações!

A partir dos seus conhecimentos e da resolução das atividades propostas, descreva as semelhanças e as diferenças que você identificou entre as funções exponenciais ($f(x) = a^x$) e as funções do tipo exponenciais ($g(x) = b \cdot a^x + c$).

APÊNDICE C – Questionário

QUESTIONÁRIO

Prezado aluno (a):

Para contribuir com as análises do processo de aprendizagem a partir do desenvolvimento do Plano de Atividades aplicados nas aulas de Matemática, solicito que responda este questionário, tendo liberdade para colocar sua visão, suas críticas e sugestões.

Sobre os recursos utilizados:

1. O Plano de Atividades utilizou recursos de multimídia para seu desenvolvimento, como vídeos e *slides*. Você acha que eles contribuíram ou não para o aprendizado do conteúdo? Explique sua resposta.

2. Quais facilidades e/ou dificuldades você encontrou para utilização do *software* GeoGebra na realização das atividades?

3. Quais contribuições, se houve, você pode citar sobre o uso do *software* GeoGebra para a construção dos gráficos das funções exponenciais se comparadas às construções manuais?

4. Como você avalia as trocas de informações pelo grupo do *WhatsApp*?

Sobre o desenvolvimento das aulas e sua participação:

Usando os códigos **S: sim**, **N: não**, **P: parcialmente** e **NA: não se aplica**, responda os itens abaixo:

5.	Os objetivos do Plano de Atividades foram apresentados com clareza no início da sua aplicação?	
6.	As metodologias utilizadas durante as aulas ajudaram no entendimento dos conteúdos?	
7.	O material usado para o desenvolvimento das atividades era de fácil acesso?	
8.	A relação professor-aluno era boa e favorecia o processo de ensino e de aprendizagem?	
9.	O professor era acessível para momentos de dificuldades?	
10.	O professor criou um ambiente de discussão e participação durante as aulas?	
11.	O tempo em sala de aula foi bem aproveitado para realização do Plano de Atividades?	
12.	Você participou de, pelo menos, 3 aulas?	
13.	Você participou intensamente das atividades propostas em sala de aula?	
14.	Você participou das interações no grupo do <i>WhatsApp</i> ?	
15.	Você sentiu alguma dificuldade durante o desenvolvimento das atividades propostas?	

16. Deixe algumas observações, críticas, comentários ou sugestões.

APÊNDICE D – Parecer Consubstanciado do CEP

CENTRO UNIVERSITÁRIO
NORTE DO ESPÍRITO SANTO -
UFES



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: FUNÇÃO EXPONENCIAL E TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO: uma experiência com alunos do Ensino Médio

Pesquisador: VANESSA BAYERL CESANA

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 60842322.0.0000.5063

Instituição Proponente: CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.665.547

Apresentação do Projeto:

Este trabalho busca responder à questão de investigação "Como as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação podem contribuir para os processos de ensino e de aprendizagem das funções exponenciais em uma turma da 2ª série do Ensino Médio, com foco nas relações estabelecidas entre os coeficientes e os gráficos das funções?" Será desenvolvida uma pesquisa qualitativa por meio de um estudo de caso numa escola pública estadual localizada na zona urbana do município de São Mateus, Espírito Santo. Pretendemos estruturar e aplicar um Plano de Atividades para o ensino de funções exponenciais, estabelecendo as possíveis relações entre os gráficos e os coeficientes das funções onde as construções gráficas serão realizadas a partir do software GeoGebra.

Embasados nos princípios da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM) serão desenvolvidos materiais visuais para dispositivos de projeção para apresentação do conteúdo aos alunos e serão selecionados vídeos do canal do YouTube que trazem exemplos de construções de gráficas que serão utilizadas no plano de atividades. Segundo Moran (1995) o vídeo traz uma combinação entre comunicação sensorial-cinestésica e audiovisual que atrai a atenção e a mantém no conteúdo que está sendo apresentado. Essa "fórmula" pode ser levada para o contexto educacional, utilizando vídeos nos processos de ensino e de aprendizagem. Em torno desse contexto o aplicativo WhatsApp será utilizado para proporcionar uma interação entre alunos e professora como espaço para discussões sobre as atividades a serem desenvolvidas, na escola e

Endereço: Rodovia BR101 Norte, Km 60

Cidade: Litorâneo

CEP: 29.932-540

UF: ES


Município: SÃO MATEUS

Telefone: (27)3312-1519

Fax: (27)3312-1510

E-mail: ceposunes@gmail.com

**CENTRO UNIVERSITÁRIO
NORTE DO ESPÍRITO SANTO -
UFES**



Continuação do Parecer: 5.665.547

fora dela.

As análises dos dados coletados passarão por uma categorização dentro das propostas de Bardin (2021) buscando comparar os objetivos pretendidos com as atividades e os dados observados com as análises, inferindo as possíveis contribuições do uso dessas tecnologias para o ensino e a aprendizagem dos conceitos de funções trabalhados.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Investigar as possibilidades que o uso de tecnologias digitais pode trazer para o ensino e a aprendizagem das funções exponenciais em uma turma da 2ª série do Ensino Médio.

Objetivos Secundários:

- Analisar as percepções/aprendizagens dos alunos na resolução das atividades propostas no plano quanto as relações entre os gráficos e os coeficientes das funções exponenciais;
- Inferir as potencialidades e fragilidades do uso das tecnologias digitais de comunicação e informações no processo de ensino das funções exponenciais a partir das atividades propostas;
- Verificar o engajamento dos estudantes na realização de atividades didáticas propostas mediante o WhatsApp, considerando aspectos tais como: assertividade, iniciativa, interatividade com os colegas, tempo para conclusão, erros e acertos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Foram apresentados pela pesquisadora:


Riscos:

As informações que serão coletadas se baseiam em opiniões e no aprendizado sobre o conteúdo da pesquisa, os participantes podem se sentir desconfortáveis ou constrangidos para realização das atividades e ao responder o questionário, no entanto poderão decidir por não participar de qualquer etapa do Plano de Atividades, e ainda, desistir da pesquisa em qualquer momento. Estaremos atento aos sinais verbais e não verbais de riscos de desconforto ou constrangimento. Faremos para garantir o ambiente adequado para que as atividades sejam desenvolvidas, adotando medidas de precaução e proteção para evitar danos ou atenuar os efeitos dos riscos. Se mesmo assim qualquer dano for identificado deverá ser feita uma discussão com os participantes para que sejam tomadas as providências cabíveis.

Benefícios:

Endereço: Rodovia BR101 Norte, Km 60		
Bairro: Litorâneo	CEP: 29.932-540	
UF: ES	Município: SÃO MATEUS	
Telefone: (27)3312-1519	Fax: (27)3312-1510	E-mail: ceposunes@gmail.com

**CENTRO UNIVERSITÁRIO
NORTE DO ESPÍRITO SANTO - UFES**



Continuação do Parecer: 5.665.547

A participação na pesquisa irá contribuir para o aprendizado sobre o conteúdo de Função Exponencial, mais especificamente sobre as relações entre os coeficientes reais e os gráficos das funções exponenciais, conceitos necessários para alcançar as habilidades e competências que compõem a BNCC. E ajudará a validar uma proposta de metodologia para o ensino de Matemática dentro de uma pesquisa de pós-graduação strictu sensu pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante, pois a pesquisadora percebe o potencial para o processo educacional do uso das Tics na educação. Elas trazem versatilidade na utilização e tem popularização diante da acessibilidade da Internet e dos smartphones (dispositivo móvel onde o aplicativo WhatsApp é utilizado). "De acordo com o CETIC (2019, p.23) 83% dos alunos de escolas de áreas urbanas utilizavam a Internet, 98% por meio de dispositivo móvel e o uso do aplicativo WhatsApp para a realização de atividades escolares passou de 6%, em 2014, para 61%, em 2019".

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações".

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as solicitações foram atendidas, sendo o parecer de aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Sr(a). Pesquisador(a),

a) Segundo a Resolução 466/2012 (CONEP/CNS), a ética da pesquisa implica em assegurar aos participantes da pesquisa os benefícios resultantes do projeto, seja em termos de retorno social, acesso aos procedimentos, produtos ou agentes da pesquisa (Título III, 1.n). Tal imperativo deve constar dos Projetos e devem ser previstas formas de tais benefícios;

b) De acordo com a Resolução 466/2012 (CONEP/CNS), o pesquisador deve apresentar Relatórios Semestrais de sua pesquisa (Título X, X.1, item 3, letra b). Para pesquisa com duração menor que um ano, Relatório Final (Regimento Interno do CEP/CEUNES, Art. 34*). Os Relatórios Parcial e Final devem ser enviados através da Plataforma Brasil (item "enviar notificação", anexar o respectivo documento).

c) Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas (Norma Operacional CNS nº 001/2013, 2.1.H.1).

Endereço: Rodovia BR101 Norte, Km 60
Bairro: Litorâneo **CEP:** 29.932-540
UF: ES **Município:** SÃO MATEUS
Telefone: (27)3312-1519 **Fax:** (27)3312-1510 **E-mail:** cepceunes@gmail.com

**CENTRO UNIVERSITÁRIO
NORTE DO ESPÍRITO SANTO -
UFES**



Continuação do Parecer: 5.695.547

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1954736.pdf	23/09/2022 21:10:36		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETONAINTEGRA.docx	23/09/2022 21:09:55	VANESSA BAYERL CESANA	Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA.docx	30/08/2022 13:54:43	VANESSA BAYERL CESANA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	REGISTRODECONSENTIMENTOLIVREESCLARECIDO_MAIORES.docx	30/08/2022 13:53:51	VANESSA BAYERL CESANA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	REGISTRODECONSENTIMENTOLIVREESCLARECIDO.docx	30/08/2022 13:53:40	VANESSA BAYERL CESANA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	REGISTRODEASSENTIMENTOLIVREESCLARECIDO.docx	30/08/2022 13:53:29	VANESSA BAYERL CESANA	Aceito
Folha de Rosto	FOLHADEROSTO.pdf	30/06/2022 17:14:02	VANESSA BAYERL CESANA	Aceito
Declaração de concordância	TERMODECONCORDANCIAESCOLA.pdf	30/06/2022 12:01:25	VANESSA BAYERL CESANA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	TERMODECOMPROMISSOPESQUIA_DOR.pdf	13/06/2022 21:11:43	VANESSA BAYERL CESANA	Aceito
Outros	PLANODEATIVIDADES.docx	11/06/2022 17:51:23	VANESSA BAYERL CESANA	Aceito
Outros	TERMODEAUTORIZACAODEUSODEIMAGEM.docx	11/06/2022 17:50:34	VANESSA BAYERL CESANA	Aceito
Outros	QUESTIONARIO.docx	11/06/2022 17:50:06	VANESSA BAYERL CESANA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rodovia BR101 Norte, Km 60
Bairro: Uirapuru **Cidade:** Vitória **CEP:** 29.032-540
UF: ES **Município:** IBAO MATEUS
Telefone: (27)3313-1519 **Fax:** (27)3214-1214 **E-mail:** cspcunesa@gmail.com

CENTRO UNIVERSITÁRIO
NORTE DO ESPÍRITO SANTO - UFES



Continuação do Parecer: 5.605.547

SÃO MATEUS, 27 de Setembro de 2022

Assinado por:
Juliano Marvaller Martins
(Coordenador(a))

Endereço: Rodovia BR101 Norte, Km 60
Bairro: Litorâneo **CEP:** 29.332-540
UF: ES **Município:** SÃO MATEUS
Telefone: (27)3312-1519 **Fax:** (27)3312-1519 **E-mail:** capcounsa@gmail.com

APÊNDICE E – Declaração de concordância da instituição coparticipante

**DECLARAÇÃO DE CONCORDÂNCIA DA INSTITUIÇÃO
COPARTICIPANTE**

Instituição Coparticipante: **EEEM CECILIANO ABEL DE ALMEIDA**

Declaramos para os devidos fins que estamos de acordo com a execução do projeto de pesquisa intitulado **FUNÇÃO EXPONENCIAL E TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO**: uma experiência com alunos do Ensino Médio, sob responsabilidade da professora Vanessa Bayerl Cesana com o objetivo de investigar as possibilidades que o uso de tecnologias digitais pode trazer para o ensino e a aprendizagem das funções exponenciais em uma turma da 2ª série do Ensino Médio, com foco nas relações estabelecidas entre os coeficientes e os gráficos das funções.

Assumimos o compromisso de apoiar o desenvolvimento da referida pesquisa a ser realizada nessa instituição. Declaramos conhecer e cumprir as Resoluções Éticas Brasileiras. Informamos que para iniciar a coleta dos dados, fica condicionada a apresentação da Certidão de Aprovação por Comitê de Ética em Pesquisa devidamente credenciado junto à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa.

Atenciosamente,

São Mateus, 27 de junho de 2022.

Angela Maria Bissoli
Diretor-Aut. nº 06/2008
Pat. nº 489-S - 28/03/09
Nº Func.: 233036-02



Assinatura e carimbo do responsável institucional

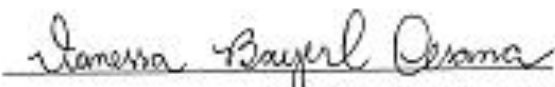
E.E.M. "CECILIANO ABEL DE ALMEIDA"
Praça Mesquita Netto, nº 269 - Centro
São Mateus-ES - CEP 26830-270 - Tel:(27) 3763-3051
Ato de Criação: Lei nº 1.136 de 08/11/56
Ato de Aprov. Res. C.E.E. nº 4175 de 28/11/75
Est. Mantenedora: Governo do Est. Esp. Santo
Email: escolaceciliano@seda.es.gov.br

APÊNDICE F – Termo de compromisso do pesquisador responsável

TERMO DE COMPROMISSO DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL

Eu, Vanessa Bayerl Cesana, brasileira, inscrita no CPF sob o nº 110.890.777-69 e RG nº 2003505-ES, matriculada sob nº 2021132278 no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica do Centro Universitário Norte de Espírito Santo (Ceunes/UFES) e pesquisadora responsável pelo projeto intitulado "FUNÇÃO EXPONENCIAL E TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO: uma experiência com alunos da 2ª série do Ensino Médio", comprometo-me a iniciar a pesquisa somente após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEP/CEUNES) e a anexar os resultados e relatórios da pesquisa na Plataforma Brasil, garantindo o sigilo relativo a identidade dos participantes.

São Mateus, 09 de junho de 2022.


Assinatura da pesquisadora

APÊNDICE G – Registo de assentimento livre e esclarecido

REGISTO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado para participar da pesquisa Função Exponencial e Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação: uma experiência com alunos da 2ª série do Ensino Médio. Seus pais/responsáveis consentiram que você participe por meio do Registo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Nessa pesquisa, queremos investigar as possibilidades que o uso de tecnologias digitais pode trazer para o ensino e a aprendizagem das funções exponenciais em uma turma da 2ª série do Ensino Médio, com foco nas relações estabelecidas entre os coeficientes e os gráficos das funções. Para isso, temos os seguintes objetivos específicos: analisar as percepções/aprendizagens dos alunos na resolução das atividades quanto às relações entre os gráficos e os coeficientes das funções exponenciais; inferir as potencialidades e as fragilidades do uso das tecnologias digitais de comunicação e informação no processo de ensino das funções exponenciais a partir das atividades propostas; e verificar o engajamento dos estudantes na realização de atividades didáticas propostas mediante o *WhatsApp*, considerando aspectos tais como: assertividade, iniciativa, interatividade com os colegas, tempo para conclusão, erros e acertos.

A pesquisa será realizada com a turma durante as aulas regulares de Matemática, com o acompanhamento e o auxílio da professora/pesquisadora, em que os alunos participarão de uma proposta metodológica na disciplina a partir da aplicação de um Plano de Atividades que visa estabelecer as relações entre os coeficientes reais da função exponencial e o seu gráfico e da aplicação de um questionário para avaliação das metodologias utilizadas. Serão utilizados vídeos, *software* de construção gráfica (*GeoGebra*) e o aplicativo de conversas *WhatsApp*. Para isso, será usado o material escolar de uso regular, como caderno, lápis, caneta e borracha; equipamentos de reprodução de multimídias disponíveis na escola, televisão, projetor e *chromebooks*; e *chromebook* ou aparelho *smartphone* pessoal do aluno (se tiver disponibilidade).

Quaisquer outros gastos decorrentes serão arcados pela pesquisadora e pela instituição coparticipante. Fica garantido ao aluno (a) participante qualquer ressarcimento e indenização diante de eventuais danos decorrentes da participação, tendo garantia de indenização mediante eventuais danos decorrentes da pesquisa, nos termos da Lei.

Se você se sentir incomodado ou constrangido com as atividades a serem desenvolvidas, poderá escolher não participar de qualquer etapa da pesquisa e, ainda, desistir da pesquisa em qualquer momento. Estaremos atentos aos sinais verbais e não verbais de desconforto, adotando medidas de precaução e proteção para evitar danos ou atenuar os efeitos dos riscos da pesquisa. O aluno participante terá assistência da professora e da equipe pedagógica da escola caso sofra qualquer dano imaterial decorrente, direta ou indiretamente, da pesquisa, e serão tomadas as medidas cabíveis para serem resolvidos os danos. Você pode procurar pela pesquisadora/professora ou pelo Conselho de Ética em Pesquisa para qualquer caso que aconteça algo inesperado ou tenha alguma dúvida – os dados estão disponibilizados ao final do documento.

Há benefícios que devem ser considerados, como a validação de uma proposta metodológica de ensino com uso das tecnologias digitais de informação e comunicação visando alcançar a aprendizagem de forma mais efetiva de um componente curricular, o conteúdo de Função Exponencial, mais especificamente, sobre as relações entre os coeficientes reais e os gráfico das funções exponenciais, conceitos necessários para alcançar as habilidades e as competências que compõem a Base Nacional Comum Curricular.

Sua participação na pesquisa será sigilosa, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados vão ser publicados, mas sem identificar os alunos que participaram da pesquisa. Quando terminarmos a pesquisa, será feita uma análise dos resultados obtidos com o desenvolvimento do Plano de Atividades e com o questionário propostos, buscando as contribuições no processo de ensino e de aprendizagem do conteúdo de função exponencial. Garantiremos seu acesso aos resultados individuais e coletivos da pesquisa. Os dados da pesquisa são mantidos em arquivo, físico e/ou digital, por um período mínimo de 5 (cinco) anos, após o término da pesquisa, sob guarda e responsabilidade do pesquisador responsável.

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa ou para relatar algum problema, poderá contatar a professora/pesquisadora Vanessa Bayerl Cesana no telefone (27) 99978 6852, ou *e-mail* vanessa.cezana@edu.ufes.br, ou endereço: Rua Albino Negrís, 331, Guriri. 29945-025. São Mateus – ES. Também pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEP/CEUNES) através do telefone (27) 3312-1519, *e-mail* cepceunes@gmail.com ou correio: Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), Rodovia BR 101 Norte, Km 60,

Bairro Litorâneo, São Mateus-ES, CEP: 29.932-540. Seu horário de funcionamento é de segunda a sexta-feira, das 13h00 às 19h00. O CEP/ CEUNES tem a função de analisar projetos de pesquisa visando à proteção dos participantes dentro de padrões éticos nacionais e internacionais.

Eu _____ aceito participar da pesquisa Função Exponencial e Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação: uma experiência com alunos do Ensino Médio, que tem o objetivo geral de investigar as possibilidades que o uso de tecnologias digitais pode trazer para o ensino e a aprendizagem das funções exponenciais em uma turma da 2ª série do Ensino Médio, com foco nas relações estabelecidas entre os coeficientes e os gráficos das funções e objetivos específicos: analisar as percepções/aprendizagens dos alunos na resolução das atividades quanto às relações entre os gráficos e os coeficientes das funções exponenciais; inferir as potencialidades e as fragilidades do uso das tecnologias digitais de comunicação e informação no processo de ensino das funções exponenciais a partir das atividades propostas; e verificar o engajamento dos estudantes na realização de atividades didáticas propostas mediante o *WhatsApp*, considerando aspectos tais como: assertividade, iniciativa, interatividade com os colegas, tempo para conclusão, erros e acertos.

Entendi as especificidades da pesquisa, seus riscos e benefícios. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir. A pesquisadora tirará minhas dúvidas e conversará com os meus responsáveis.

Recebi uma cópia deste registro de assentimento, li e concordo em participar da pesquisa.

São Mateus, _____ de _____ de _____ 2022.

Assinatura do participante

Assinatura do(a) pesquisador(a)

APÊNDICE H – Registo de consentimento livre e esclarecido - alunos menores

REGISTRO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

_____, menor sob sua responsabilidade, está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada FUNÇÃO EXPONENCIAL E TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO: uma experiência com alunos do Ensino Médio, sob a responsabilidade da pesquisadora/professora Vanessa Bayerl Cesana, que faz parte do Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica no Ceunes/UFES e a pesquisa será realizada para coletar dados a serem analisados diante uma proposta metodológica de utilização de tecnologias digitais para o ensino de matemática, sendo uma das etapas para o desenvolvimento de sua dissertação. Para que ele(a) possa participar, é necessário o assentimento dele(a) e a sua autorização.

O objetivo geral da pesquisa é investigar as possibilidades que o uso de tecnologias digitais pode trazer para o ensino e a aprendizagem das funções exponenciais em uma turma da 2ª série do Ensino Médio e os objetivos específicos são analisar as percepções/aprendizagens dos alunos na resolução das atividades quanto às relações entre os gráficos e os coeficientes das funções exponenciais; inferir as potencialidades e as fragilidades do uso das tecnologias digitais de comunicação e informação no processo de ensino das funções exponenciais a partir das atividades propostas; e verificar o engajamento dos estudantes na realização de atividades didáticas propostas mediante o *WhatsApp*, considerando aspectos tais como: assertividade, iniciativa, interatividade com os colegas, tempo para conclusão, erros e acertos.

A pesquisa será desenvolvida no espaço escolar com o acompanhamento e o auxílio da professora/pesquisadora, durante as aulas regulares de Matemática, podendo algumas etapas serem realizadas como atividades extraclasse, inclusive as discussões por meio do aplicativo *WhatsApp*. Os dados serão coletados a partir do desenvolvimento de um Plano de Atividades sobre o conteúdo de função exponencial, que está proposto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e da aplicação de um questionário para avaliação das metodologias utilizadas. Pretendemos realizar a pesquisa durante a última quinzena de agosto, no 2º trimestre do ano letivo de 2022. Ressaltamos que todas as medidas de distanciamento social exigidas pelo governo estadual serão seguidas para a realização

dessa pesquisa, assim como já acontece no ambiente escolar.

Os dados coletados baseiam-se nas opiniões e nas aprendizagens dos participantes a partir das atividades propostas nessa pesquisa. Caso você sinta qualquer desconforto ou constrangimento para a realização das atividades, poderá decidir por não participar de qualquer etapa do Plano de Atividades, e, ainda, desistir da pesquisa em qualquer momento. Estaremos atento aos sinais verbais e não verbais de riscos de desconforto ou constrangimento. Faremos o possível para garantir o ambiente adequado para que as atividades sejam desenvolvidas, adotando medidas de precaução e proteção para evitar danos ou atenuar os efeitos dos riscos. Se, mesmo assim, qualquer dano for identificado deverá ser feita uma discussão com os participantes para que sejam tomadas as providências cabíveis. O aluno participante terá assistência da professora e da equipe pedagógica da escola caso sofra qualquer dano imaterial decorrente, direta ou indiretamente, da pesquisa, e serão tomadas as medidas cabíveis para serem resolvidos os danos. Os participantes da pesquisa terão acesso aos resultados individuais e coletivos.

Sua participação irá contribuir para o aprendizado sobre o conteúdo de Função Exponencial, mais especificamente sobre as relações entre os coeficientes reais e os gráficos das funções exponenciais, conceitos necessários para alcançarem as habilidades e as competências que compõem a BNCC e ajudará a validar uma proposta de metodologia para o ensino de Matemática dentro de uma pesquisa de pós-graduação *strictu senso* pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Para o desenvolvimento do Plano de Atividades, será utilizado o material escolar de uso regular, como caderno, lápis, caneta e borracha; equipamentos de reprodução de multimídias disponíveis na escola, como televisão, projetor e *chromebooks*; e aparelho *smartphone* ou *chromebook* pessoal do aluno (se tiver disponibilidade); portanto você não terá despesas para a participação nessa pesquisa. Quaisquer outros gastos decorrentes serão arcados pela pesquisadora e pela instituição coparticipante. Fica garantido ao aluno (a) participante qualquer ressarcimento e indenização diante de eventuais danos decorrentes da sua participação, tendo garantia de indenização mediante eventuais danos decorrentes da pesquisa, nos termos da Lei.

Qualquer dúvida ou necessidade de esclarecimento sobre o desenvolvimento da pesquisa você poderá contatar a pesquisadora/professora e também o Comitê de Ética, pelas vias que serão dadas ao final desse documento. Os pesquisadores se comprometem a

resguardarem sua identidade durante todas as fases da pesquisa, inclusive após publicação, garantindo o sigilo e a privacidade de cada aluno (a) participante. Os dados da pesquisa são mantidos em arquivo, físico e/ou digital, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa, sob guarda e responsabilidade do pesquisador responsável.

Você não é obrigado(a) a participar da pesquisa, podendo deixar de participar dela em qualquer momento de sua execução, sem que haja penalidades ou prejuízos decorrentes de sua recusa. Caso decida retirar seu consentimento, suas atividades não serão utilizadas para análise de dados da pesquisa.

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa ou para relatar algum problema, poderá contatar a professora/pesquisadora Vanessa Bayerl Cesana no telefone (27) 99978 6852, ou *e-mail* vanessa.cezana@edu.ufes.br, ou endereço: Rua Albino Negris, 331, Guriri. 29945-025. São Mateus – ES. Também pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEP/CEUNES) através do telefone (27) 3312-1519, *e-mail* cepceunes@gmail.com ou correio: Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, São Mateus-ES, CEP: 29.932-540. Seu horário de funcionamento é de segunda a sexta-feira, das 13h00 às 19h00. O CEP/ CEUNES tem a função de analisar projetos de pesquisa visando à proteção dos participantes dentro de padrões éticos nacionais e internacionais.

Eu, _____, abaixo assinado, concordo com a participação de _____ na presente pesquisa como aluno (a) participante. Declaro que fui informado (a) e esclarecido (a) sobre o presente documento e entendendo todos os termos acima expostos. Também declaro ter recebido uma via deste Registro de Consentimento Livre e Esclarecido, de igual teor, assinado pela pesquisadora/professora principal, rubricada em todas as páginas.

São Mateus, _____ de _____ de 2022.

Responsável legal/ Participante da pesquisa

Na qualidade de pesquisadora responsável pela pesquisa “Função Exponencial e Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação: uma experiência com alunos do Ensino Médio”, eu, Vanessa Bayerl Cesana, declaro ter cumprido as exigências da Resolução CNS Nº 510, de 07 de abril de 2016, a qual estabelece as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtidos com os participantes, como também de informações identificáveis.

Professora/Pesquisadora

APÊNDICE I – Registo de consentimento livre e esclarecido - alunos maiores

REGISTRO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada **FUNÇÃO EXPONENCIAL E TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO**: uma experiência com alunos do Ensino Médio, sob a responsabilidade da pesquisadora/professora Vanessa Bayerl Cesana, que faz parte do Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica no Ceunes/UFES e a pesquisa será realizada para coletar dados a serem analisados diante de uma proposta metodológica de utilização de tecnologias digitais para o ensino de matemática, sendo uma das etapas para desenvolvimento de sua dissertação.

O objetivo geral da pesquisa é investigar as possibilidades que o uso de tecnologias digitais pode trazer para o ensino e a aprendizagem das funções exponenciais em uma turma da 2ª série do Ensino Médio. E os objetivos específicos são analisar as percepções/aprendizagens dos alunos na resolução das atividades quanto às relações entre os gráficos e os coeficientes das funções exponenciais; inferir as potencialidades e as fragilidades do uso das tecnologias digitais de comunicação e informação no processo de ensino das funções exponenciais a partir das atividades propostas; e verificar o engajamento dos estudantes na realização de atividades didáticas propostas mediante o *WhatsApp*, considerando aspectos tais como: assertividade, iniciativa, interatividade com os colegas, tempo para conclusão, erros e acertos.

A pesquisa será desenvolvida no espaço escolar com o acompanhamento e o auxílio da professora/pesquisadora, durante as aulas regulares de Matemática, podendo algumas etapas serem realizadas como atividades extraclasse, inclusive as discussões por meio do aplicativo *WhatsApp*. Os dados serão coletados a partir do desenvolvimento de um Plano de Atividades sobre o conteúdo de função exponencial, que está proposto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e da aplicação de um questionário para avaliação das metodologias utilizadas. Pretendemos realizar a pesquisa durante a última quinzena de setembro, no 3º trimestre do ano letivo de 2022. Ressaltamos que todas as medidas de distanciamento social exigidas pelo governo estadual serão seguidas para a realização dessa pesquisa, assim como já acontece no ambiente escolar.

Os dados coletados baseiam-se nas opiniões e nas aprendizagens dos participantes a

partir das atividades propostas nessa pesquisa. Caso você sinta qualquer desconforto ou constrangimento para a realização das atividades, poderá decidir por não participar de qualquer etapa do Plano de Atividades, e, ainda, desistir da pesquisa em qualquer momento. Estaremos atento aos sinais verbais e não verbais de riscos de desconforto ou constrangimento. Faremos o possível para garantir o ambiente adequado para que as atividades sejam desenvolvidas, adotando medidas de precaução e proteção para evitar danos ou atenuar os efeitos dos riscos. Se, mesmo assim, qualquer dano for identificado, deverá ser feita uma discussão com os participantes para que sejam tomadas as providências cabíveis. O aluno participante terá assistência da professora e da equipe pedagógica da escola caso sofra qualquer dano imaterial decorrente, direta ou indiretamente, da pesquisa, e serão tomadas as medidas cabíveis para serem resolvidos os danos. Os participantes da pesquisa terão acesso aos resultados individuais e coletivos.

Sua participação irá contribuir para o aprendizado sobre o conteúdo de Função Exponencial, mais especificamente, sobre as relações entre os coeficientes reais e os gráfico das funções exponenciais, conceitos necessários para alcançarem as habilidades e as competências que compõem a BNCC e ajudará a validar uma proposta de metodologia para o ensino de Matemática dentro de uma pesquisa de pós-graduação *strictu senso* pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Para o desenvolvimento do Plano de Atividades, será utilizado o material escolar de uso regular, como caderno, lápis, caneta e borracha; equipamentos de reprodução de multimídias disponíveis na escola, como televisão, projetor e *chromebooks*; e aparelho *smartphone* ou *chromebook* pessoal do aluno (se tiver disponibilidade); portanto você não terá despesas para a participação nessa pesquisa. Quaisquer outros gastos decorrentes serão de arcados pela pesquisadora e pela instituição coparticipante. Fica garantido ao aluno (a) participante qualquer ressarcimento e indenização diante de eventuais danos decorrentes da participação, tendo garantia de indenização mediante eventuais danos decorrentes da pesquisa, nos termos da Lei.

Qualquer dúvida ou necessidade de esclarecimento sobre o desenvolvimento da pesquisa você poderá contatar a pesquisadora/professora e também o Comitê de Ética, pelas vias que serão dadas ao final desse documento. Os pesquisadores se comprometem a resguardar sua identidade durante todas as fases da pesquisa, inclusive após publicação, garantindo o sigilo e a privacidade de cada aluno (a) participante. Os dados da pesquisa

são mantidos em arquivo, físico e/ou digital, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa, sob guarda e responsabilidade do pesquisador responsável. Você não é obrigado(a) a participar da pesquisa, podendo deixar de participar dela em qualquer momento de sua execução, sem que haja penalidades ou prejuízos decorrentes de sua recusa. Caso decida retirar seu consentimento, suas atividades não serão utilizadas para análise de dados da pesquisa.

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa ou para relatar algum problema, poderá contatar a professora/pesquisadora Vanessa Bayerl Cesana no telefone (27) 99978 6852, ou *e-mail* vanessa.cezana@edu.ufes.br, ou endereço: Rua Albino Negriz, 331, Guriri. 29945-025. São Mateus – ES. Também pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEP/CEUNES) através do telefone (27) 3312-1519, *e-mail* cepceunes@gmail.com ou correio: Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, São Mateus-ES, CEP: 29.932-540. Seu horário de funcionamento é de segunda a sexta-feira, das 13h00 às 19h00. O CEP/ CEUNES tem a função de analisar projetos de pesquisa visando à proteção dos participantes dentro de padrões éticos nacionais e internacionais.

Eu, _____ concordo em participar da pesquisa intitulada FUNÇÃO EXPONENCIAL E TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO: uma experiência com alunos do Ensino Médio como aluno (a) participante. Declaro que fui informado (a) e esclarecido (a) sobre o presente documento, entendendo todos os termos acima expostos. Também declaro ter recebido uma via deste Registro de Consentimento Livre e Esclarecido, de igual teor, assinado pela pesquisadora/professora principal, rubricada em todas as páginas.

São Mateus, _____ de _____ de 2022.

Responsável legal/ Participante da pesquisa

Na qualidade de pesquisadora responsável pela pesquisa “Função Exponencial e Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação: uma experiência com alunos do Ensino Médio”, eu, Vanessa Bayerl Cesana, declaro ter cumprido as exigências da Resolução CNS Nº 510, de 07 de abril de 2016, a qual estabelece as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtidos com os participantes, como também de informações identificáveis.

Professora/Pesquisadora

APÊNDICE J – Termo de autorização de uso de imagem e som de voz

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E SOM DE VOZ

Eu, _____, portador da Cédula de Identidade nº _____, inscrito no CPF sob nº _____, residente à Rua _____, nº _____, na cidade de _____, AUTORIZO o uso de minha imagem (ou do menor _____ sob minha responsabilidade) em fotografias, filmagens e/ou gravações de voz, sem finalidade comercial, para ser utilizada na pesquisa FUNÇÃO EXPONENCIAL E TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO: uma experiência com alunos do Ensino Médio. Concordo que o material e as informações obtidas relacionadas a minha pessoa possam ser publicados em aulas, congressos, eventos científicos, palestras, dissertações, teses e/ou periódicos científicos. Porém, não devo ser identificado por nome ou de qualquer outra forma. Por esta ser a expressão da minha vontade declaro que autorizo o uso acima descrito sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos conexos à minha imagem ou a qualquer outro.

São Mateus, ____ de _____ de 2022.

Assinatura do participante/Responsável legal