INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS- GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL - PROFMAT
INSTITUIÇÃO ASSOCIADA: IFPI – CAMPUS FLORIANO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

# MODELAGEM MATEMÁTICA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA: CAMINHOS PARA UM ENSINO CONTEXTUALIZADO DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS NO ENSINO MÉDIO

**JANIEL AURELIANO DE LIMA**

**Orientador: Prof. Dr. Guilherme Luiz de Oliveira Neto**
**Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Campelo da Costa**

**FLORIANO**
**2026**

**JANIEL AURELIANO DE LIMA**

# MODELAGEM MATEMÁTICA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA: CAMINHOS PARA UM ENSINO CONTEXTUALIZADO DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS NO ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) do Instituto Federal do Piauí/ *Campus* Floriano, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Matemática.

Orientador(a): Prof. Dr. Guilherme Luiz de Oliveira Neto
Coorientador(a): Prof. Dr. Ronaldo Campelo da Costa

**FLORIANO**
**2026**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**

Lima, Janiel Aureliano de

L732m Modelagem matemática e sequência didática : caminhos para um ensino contextualizado de funções exponenciais no ensino médio / Janiel Aureliano de Lima. - 2026.

192 p.: il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Floriano, 2026.

Orientador : Prof Dr. Guilherme Luiz de Oliveira Neto.

Coorientador : Prof Dr. Ronaldo Campelo da Costa.

1. modelagem matemática. 2. funções exponenciais. 3. sequência didática. 4. ensino médio: educação matemática.. I.Título.

CDD - 510

**Elaborado por Neuda Fernandes Dias CRB 3/1375**

**JANIEL AURELIANO DE LIMA**

# MODELAGEM MATEMÁTICA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA: CAMINHOS PARA UM ENSINO CONTEXTUALIZADO DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS NO ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) do Instituto Federal do Piauí/*Campus* Floriano, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Matemática.

Aprovada em: 02/06/2026

BANCA EXAMINADORA

gov.br Documento assinado digitalmente
GUILHERME LUIZ DE OLIVEIRA NETO
Data: 11/06/2026 13:42:19-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

**Prof. Dr. Guilherme Luiz de Oliveira Neto**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI
**Orientador**

gov.br Documento assinado digitalmente
ROBERTO ARRUDA LIMA SOARES
Data: 03/06/2026 16:15:48-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

**Prof. Dr. Roberto Arruda Lima Soares**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI
**Avaliador Interno**

gov.br Documento assinado digitalmente
RONALDO CAMPELO DA COSTA
Data: 03/06/2026 15:36:19-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

**Prof. Dr. Ronaldo Campelo da Costa**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI
**Coorientador**

gov.br Documento assinado digitalmente
ALEXANDRE BEZERRA DO NASCIMENTO LIMA
Data: 09/06/2026 07:35:16-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

**Prof. Dr. Alexandre Bezerra do Nascimento Lima**
Universidade Estadual do Piauí – UESPI
**Avaliador Externo**

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais, à minha esposa e a minha filha, pelo apoio contínuo, incentivo e por estarem ao meu lado ao longo de toda essa trajetória.

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus, fonte de força e esperança, por ter me sustentado ao longo de toda essa caminhada. Nos momentos de dúvida, foi Ele quem me deu coragem para continuar; nos momentos de conquista, foi a Ele que dediquei cada vitória. À minha família, meu porto seguro, especialmente à minha esposa (Simony Batista Ribeiro) e à minha filha (Sarah Ribeiro de Lima), que estiveram ao meu lado em todos os momentos. Obrigado pelo amor, pela paciência e por compreenderem minhas ausências. Vocês são a razão de cada esforço e a inspiração que me move todos os dias.

Aos meus pais (José Francisco do Nascimento Lima e Isabel Aureliana de Sousa) e à minha irmã (Angelita Aureliano de Lima), que sempre acreditaram em mim, mesmo quando eu duvidava. Carrego comigo cada ensinamento, cada palavra de incentivo e todo o carinho que me fortaleceu até aqui.

Ao sogro José Alves e a meu cunhado irmão Marcos Batista, pelo apoio, incentivo e presença constante ao longo desta trajetória.

À CAPES, pelo apoio financeiro durante os dois anos de curso, que tornou possível a realização deste sonho e permitiu que eu me dedicasse com mais tranquilidade à minha formação.

Aos professores do mestrado PROFMAT – IFPI Floriano – PI , minha sincera gratidão por cada ensinamento compartilhado. Em especial, aos professores Dr. Ezequias Matos Esteves, Dr. Roberto Arruda Lima Soares, Me. Gildon César de Oliveira, Dr. Rui Marques Carvalho, Me Fábio Pinheiro Luz e aos meus orientadores, Professor Dr. Guilherme Luiz de Oliveira Neto e Professor Dr. Ronaldo Campelo da Costa, que foram muito além da orientação acadêmica. Obrigado pelos conselhos, pela paciência, pela confiança e por acreditarem no meu trabalho. Aos meus colegas de mestrado, que dividiram comigo essa jornada intensa e transformadora. Entre desafios, aprendizados e conquistas, construímos não apenas conhecimento, mas também laços que levarei para a vida.

Aos colegas de curso, pela amizade, pelas trocas de conhecimentos e pela convivência ao longo de todo o período formativo, com destaque para Antônio Marcos, Genilson Soares, David Willams, Guilherme Gonçalves, Niltomar da Costa, Ronilson da Silva, Ricardo Remy, Joselito Aguiar, Marcos Vivian, Lays Santana, Zoneide Bezerra e Vanessa Sales, da turma 2024–2026. Registra-se sincera gratidão pela parceria, pelo incentivo constante e pela convivência, que tornaram essa jornada mais leve e possível, sendo todos fundamentais para a concretização desta trajetória.

À direção da escola onde trabalho, direção (Bernadete Soares) e coordenadora (Betiana Silva) pelo apoio, compreensão e incentivo. Conciliar trabalho e estudo não foi fácil, mas o suporte recebido fez toda a diferença para que eu chegasse até aqui.

A todos os alunos da escola da pesquisa, de modo especial àqueles que participaram diretamente desse estudo, e aos professores que ali estiveram no apoio.

Aos colegas de trabalho da Secretaria Municipal de Educação (SEME), com quem tive a oportunidade de conviver nos períodos de 2018 a 2020 e de 2025 a 2026, agradeço pelo constante incentivo à continuidade dos meus estudos. Em especial, aos professores Evando Luiz, Jaqueline Ribeiro, Terlândia Lima, Eliene Lopes, Almir Rogério, Fabiana Rodrigues, Lucimary Rodrigues, Lauri Mazulo e Paulo César, pelo apoio, encorajamento e companheirismo ao longo dessa trajetória acadêmica e profissional.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste sonho. Este trabalho não é apenas meu, ele carrega um pouco de cada pessoa que caminhou comigo

*“A Matemática está em tudo, mas a Modelagem Matemática está em toda Matemática.”*

Roberto Arruda, 2025

# RESUMO

LIMA, Janiel Aureliano de. **MODELAGEM MATEMÁTICA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA:** Caminhos para um ensino contextualizado de funções exponenciais no Ensino Médio. 2026. (192) f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal do Piauí – *Campus* Floriano, Floriano, 2026.

Esta pesquisa investigou a utilização da modelagem matemática e de uma sequência didática como estratégias para promover um ensino contextualizado de funções exponenciais na educação básica. O estudo buscou identificar quais análises emergem da implementação de uma proposta pedagógica diferenciada frente às dificuldades históricas de aprendizagem e ao caráter predominantemente técnico que marca o ensino desse conteúdo no Ensino Médio. O objetivo geral consistiu em analisar uma sequência didática baseada na modelagem matemática para o ensino de funções exponenciais em uma turma da 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública piauiense. Metodologicamente, adotou-se uma abordagem quali-quantitativa, de cunho exploratório e intervencionista, enquadrando-se como uma pesquisa-ação. Os instrumentos de coleta de dados incluíram questionários, observações e registros de atividades desenvolvidas em quatro etapas principais: aplicação de um pré-teste diagnóstico; aulas sobre conceitos fundamentais e potenciação; oficinas práticas envolvendo o software GeoGebra, jogos como a Torre de Hanói e a Lenda do Xadrez, e experimentos sobre a Lei de Resfriamento de Newton e farmacocinética; e, por fim, a realização de um pós-teste. Os resultados iniciais revelaram fragilidades conceituais acentuadas, com 88% dos participantes apresentando dificuldades na leitura de gráficos e na transposição de fenômenos reais para linguagem matemática. Contudo, após as intervenções, observou-se um avanço significativo no desempenho e no engajamento discente, com a maioria da turma alcançando níveis elevados de proficiência e melhoria nos índices de avaliações externas, como o SAEPI (Sistema de Avaliação Educacional do Estado do Piauí). Conclui-se que a articulação entre modelagem e sequência didática favorece a compreensão da função exponencial como uma ferramenta de investigação da realidade, superando a memorização mecânica de fórmulas. O estudo contribuiu para o ensino de Matemática ao oferecer um roteiro pedagógico que estimula o protagonismo estudantil e o desenvolvimento do raciocínio crítico e científico.

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Funções Exponenciais. Sequência Didática. Ensino Médio. Educação Matemática.

# ABSTRACT

LIMA, Janiel Aureliano de. **MATHEMATICAL MODELING AND DIDACTIC SEQUENCE:** Pathways to a Contextualized Teaching of Exponential Functions in High School. 2026. (192) f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal do Piauí – *Campus* Floriano, Floriano, 2026.

This research investigated the use of mathematical modeling and a didactic sequence as strategies to promote contextualized teaching of exponential functions in basic education. The study sought to identify which analyses emerge from the implementation of a differentiated pedagogical proposal in the face of historical learning difficulties and the predominantly technical character that marks the teaching of this content in high school. The general objective was to analyze a didactic sequence based on mathematical modeling for teaching exponential functions in a 3rd grade high school class at a public school in Piauí. Methodologically, a qualitative-quantitative approach was adopted, of an exploratory and interventionist nature, framing it as action research. Data collection instruments included questionnaires, observations, and records of activities developed in four main stages: application of a diagnostic pre-test; classes on fundamental concepts and exponentiation; practical workshops involving GeoGebra software, games such as the Tower of Hanoi and the Legend of Chess, and experiments on Newton's Law of Cooling and pharmacokinetics; Finally, a post-test was conducted. Initial results revealed significant conceptual weaknesses, with 88% of participants showing difficulties in reading graphs and translating real-world phenomena into mathematical language. However, after the interventions, a significant improvement in student performance and engagement was observed, with the majority of the class achieving high levels of proficiency and improvement in external assessment scores, such as SAEPI (Educational Assessment System of the State of Piauí). It is concluded that the articulation between modeling and didactic sequence favors the understanding of the exponential function as a tool for investigating reality, overcoming the mechanical memorization of formulas. The study contributed to mathematics education by offering a pedagogical roadmap that stimulates student protagonism and the development of critical and scientific reasoning.

Keywords: Mathematical Modeling. Exponential Functions. Didactic Sequence. High School. Mathematics Education.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Print do Resultado da Prova SAEPI - 2024 ..... 22
Figura 2 - Gráfico da função $f(x) = a^x$, com $a > 1$(crescente) e $0 < a < 1$(decrescente)... 28
Figura 3 - Organograma das habilidades da BNCC para a aprendizagem da função exponencial no Ensino Médio ..... 29
Figura 4 - Organograma das habilidades/descritores SAEPI para a aprendizagem da função exponencial no Ensino Médio ..... 30
Figura 5 - Organograma das habilidades do ENEN para a aprendizagem das funções no Ensino Médio ..... 31
Figura 6 – Elementos que contemplam uma atividade de modelagem Matemática ..... 40
Figura 7 - Momento da aplicação do pré-teste ..... 45
Figura 8 – Construção do plano cartesiano ..... 46
Figura 9 – Construindo fora da sala de aula ..... 47
Figura 10 – Trabalhando o plano cartesiano com jogos virtuais ..... 47
Figura 11 – Trabalhando potenciação e funções ..... 48
Figura 12 – Construindo gráficos com uso do aplicativo Geogebra ..... 48
Figura 13 - Função Afim x Função Exponencial ..... 49
Figura 14 – Oficina Torre de Hanói ..... 50
Figura 15 – Feijão, substituindo os grãos de trigo ..... 51
Figura 16 – Oficina da Lenda do Xadrez ..... 51
Figura 17 – Print do gráfico da taxa de incidência e quantidade de casos de dengue ..... 52
Figura 18 - Administração de medicamentos na hora certa porquê? por que tomar seu medicamento de 8 em 8 horas? ..... 53
Figura 19 – Copo dosador de 600 ml ..... 53
Figura 20 – Participação do estudante durante a devolutiva da oficina sobre o uso de medicamentos ..... 54
Figura 21 – Registro do estágio de aquecimento da moeda durante a aplicação da sequência didática. ..... 54
Figura 22 - Uso de termômetro infravermelho e cronômetro digital na coleta de dados para modelagem matemática. ..... 55
Figura 23 – Aplicação do pós-teste ..... 56
Figura 24 – Modelo para colar nas tampas e nos eixos cartesianos ..... 61
Figura 25 – Trabalhando o plano cartesiano ..... 62

Figura 26 – Ilustração da planta baixa da escola associada ao plano cartesiano ..... 63
Figura 27 – Potenciação com dobraduras ..... 64
Figura 28 – Trabalhando gráficos com geogebra ..... 65
Figura 29 – Print mostrando a diferença de uma função exponencial e afim ..... 66
Figura 30 – Print dos gráficos de uma função afim e exponencial ..... 67
Figura 31 – Torre de Hanói com um disco ..... 68
Figura 32- Torre de Hanói com dois discos ..... 68
Figura 33 - Torre de Hanói com três discos ..... 68
Figura 34 - Torre de Hanói com quatro discos ..... 69
Figura 35 - Torre de Hanói com cinco discos ..... 69
Figura 36 – Quantidade mínima de movimento com quatro e cinco discos ..... 70
Figura 37 – Gráfico do modelo $Tn = 2^n - 1$. ..... 71
Figura 38 - Fazendo associação com uma função exponencial ..... 72
Figura 39 - Fazendo a investigação com o uso de feijões ..... 72
Figura 40 - Aplicação da fórmula da soma de uma progressão geométrica finita no contexto da Lenda do Xadrez ..... 76
Figura 41 - Print do gráfico de incidência e pessoas infectadas ..... 77
Figura 42 - Simulação da absorção de um medicamento a partir de um comprimido ..... 79
Figura 43 - Construção e resolução de estratégias para modelagem do decaimento exponencial pelos estudantes ..... 80
Figura 44 - Cálculo da quantidade remanescente de medicamento em função do tempo ..... 80
Figura 45 - Print montando o modelo matemático ..... 80
Figura 46 - Resposta correta dos demais grupos ..... 81
Figura 47 - Momento em que a moeda estava sendo aquecida ..... 82
Figura 48 - Momento da participação da experiência ..... 82
Figura 49 - Print da tabela com os resultados ..... 83
Figura 50 - Aplicação da Lei de Resfriamento de Newton ..... 83
Figura 51 - Aplicação do modelo matemático ..... 84
Figura 52 - Print da tabela com o resultado com modelo matemático ..... 84
Figura 53 - Print do gráfico da temperatura da moeda ..... 84
Figura 54 - Print do gráfico da temperatura da moeda com o modelo matemático ..... 85
Figura 55 - Comparação gráfica dos resultados ..... 85
Figura 56 - Print da resposta do Exercício 1.4 ..... 88
Figura 57 – Print da quantidade de acertos das questões 1 e 2 ..... 90

Figura 58 - Print da quantidade de acertos das questões 3 e 4 ..... 91
Figura 59 - Print da quantidade de acertos das questões 5 e 6 ..... 91
Figura 60 - Print da quantidade de acertos das questões 7 e 8 ..... 92
Figura 61 - Print da quantidade de acertos das questões 9 e 10 ..... 93
Figura 62 – Média da turma ..... 93
Figura 63 - Sumário de questões objetivas ..... 94
Figura 64 - Resultado SAEPI 2025 ..... 95

Lista de gráficos

Gráfico 1 – Resultado percentual do Exercício 1.9 ..... 59
Gráfico 2 – Resultado percentual de dificuldades do Exercicio 1.10 ..... 60

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Demonstrativo Metodológico ..... 45
Quadro 2 - Oficinas de Modelagem ..... 49
Quadro 3 - Descrição do pré-teste ..... 57
Quadro 4 - Resultodo dos execicios 1.7 e 1.8 ..... 58
Quadro 5 - Completando o quadro de acordo com o grafico da figura 40 ..... 77
Quadro 6 - Respostas dos estudantes sobre a experiencia com a Lei de Resfriamento de Newton ..... 86
Quadro 7 - Respostas subjetivas dos estudantes sobre as oficinas ..... 88
Quadro 8 - Comparação dos percentuais de acertos por habilidade no SAEPI (2024–2025) .. 95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de Materiais ..... 46
Tabela 2 - Materiais para a lenda do Xadrez ..... 51
Tabela 3 - Modelando a quantidade mínima de movimentos ..... 70
Tabela 4 - Quantidade de feijões por casa ..... 73
Tabela 5 - Quantidade de feijões na base 2 ..... 73
Tabela 6 – Quantidade de feijões de acordo com o número de casas no tabuleiro ..... 74
Tabela 7 – Comparação dos resultados da Torre de Hanói com a Lenda do Xadrez ..... 75
Tabela 8 – Modelando a soma de feijões ..... 76

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

BNCC - Base Nacional Comum Curricular.

CAEd/UFJF - Centro de Políticas Públicas e Avaliação da Educação da Universidade Federal de Juiz de Fora.

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio.

h/a - Horas-aula (unidade de tempo utilizada para as etapas da pesquisa).

IFPE - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

IFPI - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí.

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

MobiCorretorLite - Aplicativo móvel voltado para a área educacional

PA - Progressão Aritmética

PAEBES - Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo

PG - Progressão Geométrica

PROFMAT - Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional.

SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica.

SAEGO - Sistema de Avaliação Educacional do Estado de Goiás

SAEPI - Sistema de Avaliação Educacional do Estado do Piauí.

SEDUC/PI - Secretaria de Estado da Educação do Piauí.

SISEDU - Sistema Integrado de Gestão da Educação

TALE - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.

## LISTA DE SÍMBOLOS

% - Por cento

$f$ – Função

$\mathbb{R}$ - Conjunto dos Números Reais

$\mathbb{R}^+$ - Conjuntos dos Números Reais Positivos

$\rightarrow$ - Implicação

$f(x) = a^x$ – Função Exponencial

$x, y$ – Par ordenado

$\in$ - Pertence

+ - Adição

. – Multiplicação

> - maior

< - Menor

$T(n)$ – Número de movimentos de discos

mg – Miligrama

$°\boldsymbol{C}$ – Graus Celsius

**SUMÁRIO**

1 INTRODUÇÃO ..... 20
2 REVISÃO DE LITERATURA ..... 23
2.1 O ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO ..... 23
2.1.1 Desafios Históricos do Ensino de Matemática ..... 24
2.1.2 Ensino Tradicional e suas Limitações ..... 25
2.1.3 A Matemática como Instrumento para a Compreensão da Realidade ..... 25
2.1.4 A Necessidade de Metodologias Ativas e Contextualizadas ..... 26
2.2 A FUNÇÃO EXPONENCIAL NO CURRÍCULO DA EDUCAÇÃO BÁSICA ..... 27
2.2.1 Conceito de função exponencial ..... 27
2.2.2 Representações algébrica, gráfica e numérica ..... 27
2.2.3 A função exponencial na BNCC e nos documentos curriculares ..... 29
2.2.4 Dificuldades recorrentes dos estudantes no estudo da função exponencial ..... 31
2.3 A MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS ..... 32
2.3.1 Modelagem Matemática e Ensino de Funções no Ensino Médio ..... 33
2.3.2 Modelagem Matemática e o Desenvolvimento do Pensamento Exponencial ..... 33
2.3.3 Contribuições da Modelagem para a Compreensão de Conceitos Abstratos ..... 34
2.3.4 Contribuições Uso da Modelagem Matemática como Metodologia Ativa ..... 35
2.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM USO DA MODELAGEM MATEMÁTICA ..... 36
2.4.1 Conceito de Sequência Didática ..... 37
2.4.2 A Sequência Didática no Ensino de Matemática ..... 38
2.4.3 Integração entre Sequência Didática e Modelagem ..... 39
2.4.4 Jogos, Experimentos e Recursos Digitais no Ensino de Funções Exponenciais ..... 40
3 MATERIAL E MÉTODOS ..... 42
3.1 MÉTODO DE PESQUISA ..... 42
3.2 CENÁRIO DA PESQUISA ..... 43
3.3 PARTICIPANTES DA PESQUISA ..... 43
3.4 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS ..... 44
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS ..... 56
4.1 ANÁLISE DO RESULTADO DO PRÉ-TESTE ..... 56
4.1.1 Diagnóstico Inicial: O Pré-Teste ..... 57
4.1.2 Análise da Representação Gráfica e Algébrica ..... 57
4.1.3 Análise da Modelagem de Fenômenos Reais ..... 58
4.1.4 Análise das Dificuldades Autodeclaradas ..... 59

4.2 OFICINAS SOBRE CONTEÚDOS MATEMÁTICOS ..... 61
4.2.1 Modelando o Plano Cartesiano ..... 61
4.2.2 Trabalhando Potenciação com Papel A4 ..... 63
4.2.3 Trabalhando Funções com Uso do Aplicativo GeoGebra ..... 64
4.2.4 Função Afim ou Função Exponencial ..... 66
4.3 FAZENDO MODELAGEM MATEMÁTICA COM A FUNÇÃO EXPONENCIAL ..... 67
4.3.1 Oficina com a Torre de Hanói ..... 67
4.3.2 Oficina com a Lenda do Xadrez ..... 72
4.3.3 Oficina com uma Situação Problema Sobre o Uso de Medicamentos ..... 76
4.3.4 Oficina Utilizando a Lei de Resfriamento de Newton ..... 81
4.4 DIAGNÓSTICO FINAL: O PÓS - TESTE ..... 86
4.4.1 Análise das Questões Subjetivas ..... 87
4.4.2 Análise das Questões Objetivas ..... 90
4.4.3 Análise Comparativa do Resultado SAEPI (2024-2025) ..... 94
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 96
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS ..... 97
REFERÊNCIAS ..... 99
APÊNDICE 1 - Pré – teste ..... 105
APÊNDICE 2 - EXPLORANDO O PLANO CARTESIANO A PARTIR DA PLANTA DA ESCOLA ..... 110
APÊNDICE 3 - ROTEIRO DE ATIVIDADE INVESTIGATIVA COM USO DO GEOGEBRA ..... 112
APÊNDICE 4 - TORRE DE HANÓI – EXPLORANDO PADRÕES COM MODELAGEM MATEMÁTICA ..... 116
APÊNDICE 5 - O DESAFIO DOS GRÃOS QUE SE MULTIPLICAM ..... 118
APÊNDICE 6 - USO DE MEDICAMENTOS E DECAIMENTO EXPONENCIAL ..... 120
APÊNDICE 7 - LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON COM UMA MOEDA. ..... 121
APÊNDICE 8 – PÓS – TESTES COM QUESTÕES SUBJETIVAS ..... 123
APÊNDICE 9 – PÓS – TESTES COM QUESTÕES OBJETIVAS ..... 125
ANEXO 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) ..... 129
ANEXO 2 – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE) ..... 132
ANEXO 3 – CARTA DE ANUÊNCIA ..... 134
ANEXO 4 – PRODUTO EDUCACIONAL ..... 136

# 1 INTRODUÇÃO

Como professor de Matemática no Ensino Médio, observo que muitos estudantes concluem essa etapa da educação básica apresentando dificuldades significativas na compreensão da função exponencial, o que compromete a construção de conhecimentos matemáticos mais elaborados. Tal dificuldade torna-se ainda mais preocupante diante do contexto contemporâneo, no qual a Matemática assume papel fundamental para a interpretação e compreensão de fenômenos do mundo real. Nesse cenário, as funções exponenciais destacam-se por suas múltiplas aplicações em áreas como medicina, economia, tecnologia e ciências naturais, sendo utilizadas, por exemplo, na modelagem da absorção de medicamentos no organismo, no crescimento populacional, na propagação de informações em redes digitais e no cálculo de juros compostos. Diante desse contexto, emerge a seguinte questão de pesquisa: como tornar o ensino da função exponencial mais significativo, contextualizado e atraente para os estudantes do Ensino Médio?

Tradicionalmente, o ensino da Matemática nessa etapa da escolarização tem sido marcado por abordagens excessivamente técnicas, centradas na resolução mecânica de exercícios descontextualizados, que pouco contribuem para a compreensão conceitual e para o desenvolvimento do pensamento matemático dos estudantes. Esse modelo de ensino, pautado na memorização de procedimentos, acaba por afastar os alunos da "beleza" da Matemática, tornando-a um conhecimento abstrato e distante da realidade. Nesse sentido, Scandiuzzi e Miranda (2000, p. 251) afirmam que a "busca por novas visões de ensino surge da necessidade de criar outras formas de pensar e encaminhar metodologias para o ensino da Matemática, especialmente diante das mudanças sociais e educacionais vivenciadas nas últimas décadas."

No cotidiano, a Matemática manifesta-se de maneira constante, desde situações simples até problemas mais complexos, podendo, em grande medida, ser representada por modelos que auxiliam na compreensão e na busca de soluções para diferentes fenômenos. Nesse contexto, a modelagem matemática apresenta-se como uma alternativa metodológica promissora, pois possibilita a aproximação entre o conhecimento matemático e situações reais. Conforme Burak (1987, p. 17-18), o ensino por meio da modelagem busca propiciar o surgimento de situações-problema variadas, sempre inseridas em um contexto significativo, de modo que a Matemática estudada faça sentido para o aluno.

Diante da necessidade de buscar metodologias que impactem positivamente o processo de ensino e aprendizagem, este trabalho tem como foco o ensino da função exponencial por meio da construção e análise de uma sequência didática baseada na modelagem matemática,

voltada para estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública do município de Palmeirais, no estado do Piauí. A pesquisa busca responder ao seguinte problema: quais análises podem ser identificadas a partir do desenvolvimento de uma sequência didática baseada na modelagem matemática para o ensino de funções exponenciais no Ensino Médio?

Parte-se da hipótese de que a implementação de uma sequência didática fundamentada na modelagem matemática contribui para o desenvolvimento do raciocínio matemático e da capacidade de resolver problemas não convencionais. Acredita-se, ainda, que o uso de situações contextualizadas como a modelagem da absorção de medicamentos no corpo humano, o estudo de juros compostos, o crescimento populacional e a propagação viral, que favorecem a compreensão da função exponencial, promovendo uma aprendizagem significativa, real e contextualizada. Além disso, pressupõe-se que a utilização de recursos tecnológicos, como softwares educacionais (Geogebra, planilhas eletrônicas e calculadoras gráficas), bem como de atividades investigativas, jogos matemáticos (como a Torre de Hanói) e experimentos com dobras de papel, contribui para a visualização dos modelos matemáticos e para a descoberta de padrões, estimulando a curiosidade e o protagonismo dos estudantes.

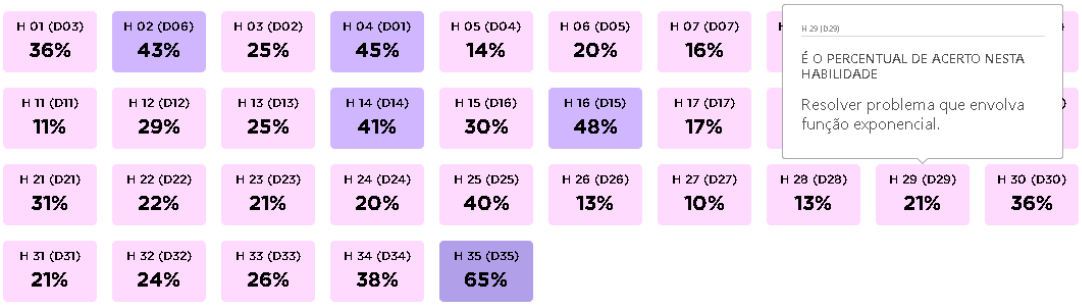
Assim, o objetivo geral deste estudo consiste em analisar uma sequência didática baseada na modelagem matemática para o ensino de funções exponenciais em uma turma da 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública piauiense. Como objetivos específicos, busca-se: analisar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca das funções exponenciais; aplicar atividades didáticas que integrem a modelagem matemática ao estudo dessas funções; e verificar possíveis avanços na aprendizagem decorrentes do uso dessa abordagem metodológica.

A justificativa deste trabalho fundamenta-se nas orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento normativo que define as aprendizagens essenciais a serem desenvolvidas ao longo da Educação Básica. A BNCC destaca a importância de processos matemáticos como a resolução de problemas, a investigação, o desenvolvimento de projetos e a modelagem como formas privilegiadas da atividade matemática (Brasil, 2018, p. 266). Ademais, a escolha do tema também se apoia nos resultados de avaliações externas, como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) e o Sistema de Avaliação Educacional do Estado do Piauí (SAEPI).

Conforme apresentado na Figura 1, os dados do SAEPI (2024) revelam que os estudantes do Ensino Médio apresentam níveis de proficiência em Matemática abaixo do básico, especialmente no que se refere às habilidades relacionadas às funções exponenciais. Destacam-se, nesse contexto, a habilidade H27 (D27) - Identificar a representação algébrica

e/ou gráfica de uma função exponencial com apenas 10% de acertos, H28(D28) - Identificar a representação algébrica e/ou gráfica de uma função logarítmica, reconhecendo-a como inversa da função exponencial com 13% de acertos e a habilidade H29(D29) - Resolver problemas envolvendo função exponencial com 21% de acertos.

Figura 1 - Print do Resultado da Prova SAEPI - 2024




Fonte: Avaliação e Monitoramento Piauí, 2024.

Tais resultados evidenciam a necessidade de repensar as práticas pedagógicas adotadas no ensino desse conteúdo, estabelecendo uma relação direta entre avaliação externa, metodologias de ensino e intervenções pedagógicas no contexto escolar.

Nesse sentido, a proposta de uma sequência didática baseada na modelagem matemática surge como uma alternativa capaz de contribuir tanto para a melhoria dos resultados em avaliações externas quanto para a construção de um conhecimento matemático mais significativo e conectado à realidade dos estudantes. A modelagem matemática, ao proporcionar maior liberdade para conjecturar, estimar e raciocinar, favorece o pensamento crítico e criativo, enquanto a sequência didática oferece uma organização estruturada do processo de ensino, orientando o desenvolvimento das atividades e potencializando a aprendizagem da função exponencial de forma mais eficaz e contextualizada.

Diante das discussões apresentadas, torna-se fundamental aprofundar os aportes teóricos que sustentam esta pesquisa, especialmente no que se refere ao ensino de Matemática no Ensino Médio, à função exponencial e à modelagem matemática como abordagem metodológica. Assim, o referencial teórico que segue busca fundamentar a proposta de sequência didática desenvolvida, dialogando com autores que discutem a modelagem matemática na educação, o ensino e a aprendizagem de funções exponenciais e as orientações curriculares que norteiam a prática docente. Esse referencial é essencial para compreender os princípios que orientam as escolhas metodológicas do estudo e para analisar, de forma crítica e consistente, os resultados obtidos ao longo da pesquisa.

# 2 REVISÃO DE LITERATURA

O presente capítulo tem por objetivo discutir as principais bases teóricas que fundamentam esta pesquisa, articulando contribuições da Educação Matemática, documentos oficiais e estudos recentes sobre o ensino da função exponencial, a modelagem matemática e o uso de sequências didáticas no Ensino Médio. Busca-se construir um texto analítico e autoral, no qual as ideias dos diferentes autores dialogam entre si e sustentam a proposta investigativa desenvolvida.

## 2.1 O ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) surge como uma tentativa de reorientar esse cenário, propondo que a área de Matemática e suas Tecnologias foque no desenvolvimento de competências que permitam ao estudante interpretar e transformar o mundo ao seu redor.

Nesse contexto, um dos maiores desafios é o abandono de práticas pedagógicas obsoletas. Conforme aponta a BNCC:

> No Ensino Médio, a área de Matemática e suas Tecnologias deve consolidar e ampliar as aprendizagens do Ensino Fundamental, visando ao desenvolvimento de competências e habilidades relativas aos processos de investigação e de construção de modelos para resolver problemas em diversos contextos. (Brasil, 2018, p. 527).

Essa diretriz reforça a necessidade de superar o ensino pautado exclusivamente na técnica. Historicamente, a Matemática escolar foi reduzida à memorização de fórmulas e à aplicação de algoritmos em exercícios repetitivos, o que distorce a natureza da disciplina como ciência da investigação. Para romper com essa abordagem, Brasil (2018) defende o foco no letramento matemático, que é definido como a capacidade individual de formular, empregar e interpretar a matemática em diferentes contextos.

A superação de abordagens puramente técnicas exige que o professor proponha situações que estimulem o raciocínio lógico e a investigação. De acordo com o documento norteador, "a matemática não se reduz a um conjunto de regras e procedimentos, mas é uma ciência que permite ler e interpretar a realidade" (Brasil, 2018). Portanto, as habilidades relacionadas ao estudo de funções, por exemplo, não devem se limitar ao esboço de gráficos, mas sim à capacidade de investigar relações entre variáveis e interpretar fenômenos reais.

A educação matemática desempenha um papel crucial no desenvolvimento intelectual e nas oportunidades futuras dos estudantes, sendo um componente essencial na formação para diversas carreiras e no fortalecimento da capacidade de resolução de problemas complexos

(Gouvea et al., 2024). Dessa forma, o desafio atual do docente de Matemática no Ensino Médio consiste em integrar o rigor matemático à contextualização e à modelagem. Ao invés de uma "matemática pronta", o objetivo passa a ser a construção do conhecimento através da resolução de problemas, em que o estudante deixa de ser um receptor passivo e assume o protagonismo em seu processo de aprendizagem, utilizando a matemática como uma ferramenta ética e crítica para a tomada de decisões em sua vida pessoal e coletiva.

### 2.1.1 Desafios Históricos do Ensino de Matemática

O ensino de Matemática, historicamente, tem sido marcado por práticas pedagógicas centradas na transmissão de conteúdos e na resolução mecânica de exercícios, o que tem contribuído para dificuldades persistentes na aprendizagem dos estudantes. De acordo com Gouvea et al. (2024), esse modelo de ensino pouco favorece a construção do pensamento crítico e a compreensão conceitual, refletindo diretamente nos baixos níveis de desempenho observados em avaliações educacionais.

Podemos destacar que o ensino de Matemática no Ensino Médio ainda enfrenta desafios para tornar conteúdos abstratos compreensíveis e significativos para os estudantes. No estudo de Santos et al. (2025), os autores destacam que, no ensino de funções exponenciais e logarítmicas, é recorrente a dificuldade em estabelecer conexões entre os conceitos matemáticos e experiências concretas dos alunos. Segundo os autores, a predominância de abordagens baseadas na manipulação de fórmulas e na construção de gráficos de forma descontextualizada contribui para o baixo engajamento e para dificuldades de compreensão conceitual, especialmente em conteúdos que exigem elevado nível de abstração.

Medeiros, Lopes e Pereira (2023) confirmam que a matemática ainda é percebida pelos estudantes como uma disciplina abstrata e distante da realidade, o que contribui para a desmotivação e para a construção de dificuldades persistentes ao longo da escolarização.

Diante das limitações dos métodos tradicionais de ensino, é fundamental explorar e adotar abordagens pedagógicas inovadoras que possam engajar mais os alunos e melhorar seu desempenho acadêmico (Gouvea et al., 2024). Sousa et al (2025) afirmam que, na Educação Básica, persiste uma dificuldade notória de conectar conteúdos matemáticos teóricos a situações do mundo real, o que acaba por gerar desinteresse e impactar negativamente o desempenho dos estudantes.

### 2.1.2 Ensino Tradicional e suas Limitações

O ensino tradicional de Matemática é caracterizado pela centralidade do professor, pela exposição prévia da teoria e pela resolução mecânica de exercícios, prática que Skovsmose (2000) denomina de paradigma do exercício. Nesse modelo, o aluno é conduzido a aplicar regras previamente apresentadas, com pouca ou nenhuma relação com situações do cotidiano ou de outras áreas do conhecimento, o que limita o desenvolvimento da compreensão conceitual e da autonomia intelectual (Oliveira, 2019).

De acordo com Paixão (2025), o ensino tradicional de Matemática, baseado na repetição de procedimentos e na memorização de conteúdos, tem se mostrado insuficiente para promover a compreensão conceitual e o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes, evidenciando a necessidade de práticas pedagógicas que reorganizem a dinâmica do ensino e da aprendizagem. Nesse sentido, Oliveira (2019) corrobora essa análise ao afirmar que esse modelo tem sido amplamente criticado na Educação Matemática por não responder adequadamente às demandas contemporâneas, especialmente diante das transformações sociais e tecnológicas recentes, que exigem do estudante a capacidade de interpretar, argumentar e agir em contextos mediados pela Matemática.

"No ensino convencional, os professores procuram garantir que todos os alunos aprendam o mínimo esperado. Para isso, explicam os conceitos básicos e, então, pedem que os alunos estudem e aprofundem esses conceitos por meio de leituras e atividades.” (Bacich; Moran, 2018, p.13)

### 2.1.3 A Matemática como Instrumento para a Compreensão da Realidade

Bassanezi (2019) problematiza de forma contundente as finalidades do ensino de Matemática na Educação Básica, especialmente nos níveis elementar e médio, ao questionar o sentido atribuído aos conteúdos matemáticos trabalhados em sala de aula. Para o autor, a recorrente abordagem que reduz conhecimentos de cálculo, geometria e estruturas algébricas a exercícios formais voltados apenas ao desenvolvimento de habilidades intelectuais esvazia o potencial formativo da Matemática. Nesse sentido, defende que esses conhecimentos devem assumir caráter instrumental, possibilitando ao estudante compreender e intervir em situações do cotidiano. Essa reflexão torna-se ainda mais relevante quando se considera que a maioria dos alunos, ao longo de sua trajetória escolar, tende a reter ou utilizar apenas uma pequena parcela dos conteúdos matemáticos ensinados.

Embora a Matemática possua uma estrutura formal e normativa própria, seu ensino não pode se limitar à apresentação abstrata de conceitos. Oliveira (2019) destaca que a Matemática também desempenha um papel fundamental na descrição e interpretação de fenômenos do mundo empírico, funcionando como uma linguagem que possibilita compreender relações quantitativas presentes na realidade.

### 2.1.4 A Necessidade de Metodologias Ativas e Contextualizadas

"Metodologia são grandes diretrizes que orientam os processos de ensino e aprendizagem e que se concretizam em estratégias, abordagens e técnicas concretas, específicas e diferenciadas" (Bacich; Moran, 2018, p. 4). Em contraposição ao ensino tradicional, Oliveira (2018) destaca que abordagens investigativas como a modelagem matemática, a resolução de problemas e a história da Matemática partem de situações do cotidiano ou de outras ciências, promovendo maior envolvimento dos estudantes no processo de aprendizagem. Essas metodologias favorecem a construção de significados, ao permitir que os estudantes investiguem, formulem hipóteses e analisem situações reais por meio da Matemática.

Bacich e Moran (2018, p. 2) afirmam: "Aprendemos desde que nascemos a partir de situações concretas, que pouco a pouco conseguimos ampliar e generalizar (processo indutivo), e aprendemos também a partir de ideias ou teorias para testá-las depois no concreto."

A contextualização dos conteúdos matemáticos é um elemento central para a aprendizagem significativa, pois possibilita a articulação entre teoria e prática e contribui para que os estudantes compreendam a Matemática como uma ferramenta para interpretar situações do cotidiano (Paixão, 2025). No entanto, Oliveira (2019) alerta que tais metodologias não devem desconsiderar o ensino sistematizado dos conceitos matemáticos. Para que o estudante possa investigar e interpretar situações reais, é necessário que ele domine previamente a "gramática" matemática, isto é, os conceitos, símbolos e regras que estruturam o pensamento matemático.

Paixão (2025) destaca que metodologias ativas se tornam necessárias ao colocarem o estudante como protagonista do processo de aprendizagem, favorecendo a construção do conhecimento por meio da participação, da investigação e da reflexão, em oposição a uma postura passiva diante dos conteúdos matemáticos.

## 2.2 A FUNÇÃO EXPONENCIAL NO CURRÍCULO DA EDUCAÇÃO BÁSICA

No currículo do Ensino Médio, a função exponencial assume um papel fundamental devido à sua vasta aplicabilidade na modelagem de processos naturais, sociais e tecnológicos. Conforme explicam Santos et al. (2025), a utilização de cenários práticos como investimentos financeiros, a clássica lenda do xadrez ou a disseminação de dados em redes sociais, oferece um terreno fértil para o aprendizado. Essa estratégia pedagógica permite que o estudante compreenda a natureza do crescimento acelerado de forma intuitiva, estabelecendo uma base conceitual sólida antes mesmo da formalização das leis matemáticas.

A análise dessas situações não apenas facilita a compreensão das propriedades da função, mas também desenvolve a capacidade do aluno de transitar entre diferentes registros, como tabelas, gráficos e expressões algébricas. Nesse sentido, Ashtiani e Demarchi (2025) reforçam que este é um dos conceitos de maior relevância prática na matemática moderna. Para os autores, o domínio da função exponencial é indispensável para a interpretação de fenômenos complexos da atualidade, incluindo o monitoramento de dinâmicas populacionais e a análise da progressão de surtos epidemiológicos em escala global.

### 2.2.1 Conceito de função exponencial

Para Lima (2023), uma Função Exponencial de base $a$, um número real positivo e que seja diferente de zero, é uma função $f: \mathbb{R} \to \mathbb{R}^+$, indicada pela notação $f(x) = a^x$, deve ser definida de modo a ter as seguintes propriedades, para quaisquer $x, y \in \mathbb{R}$:

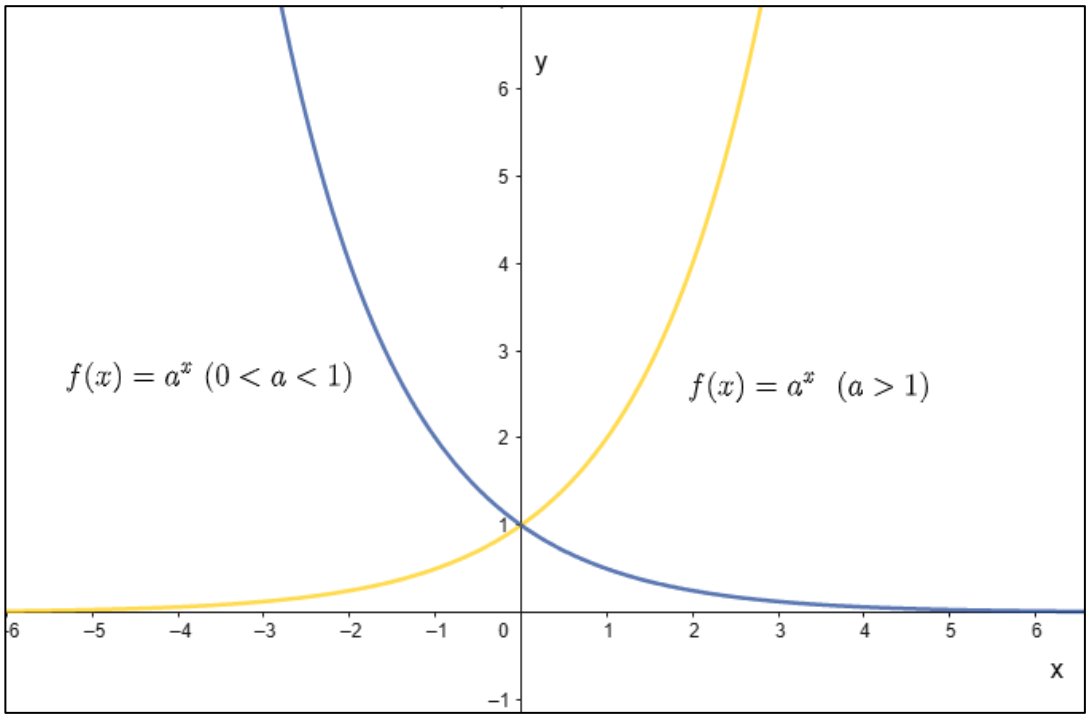
1) $a^x . a^y = a^{x+y}$;
2) $a^1 = a$;
3) $x < y \Rightarrow a^x < a^y$, quando $a > 1$, e $x < y \Rightarrow a^x > a^y$, quando $0 < a < 1$.

Segundo Lima (2023), as funções exponenciais, assim como as funções afins e as quadráticas, são os modelos mais utilizados para resolver problemas.

### 2.2.2 Representações algébrica, gráfica e numérica

Conforme ilustrado na Figura 2, Lima (2023) apresenta os esboços dos gráficos da função exponencial em sua forma elementar $f(x) = a^x$, destacando os comportamentos observados nos casos em que $a > 1$ e $0 < a < 1$.

Figura 2 – Gráfico da função $f(x) = a^x$, com $a > 1$(crescente) e $0 < a < 1$(decrescente)




Fonte: Lima, 2023, p.170.

Conforme Iezzi, Dolce e Murakami (2013), o gráfico cartesiano da função exponencial é uma curva representada inteiramente acima do eixo $x$, pois $y = a^x > 0$ para todo $x \in \mathbb{R}$. Além disso, o gráfico intercepta o eixo $y$ no ponto de ordenada 1. Quando $a > 1$, a função é crescente; por outro lado, quando $0 < a < 1$, função é decrescente.

> Quando $a > 1$, nota-se que, quando $x$ varia da esquerda para direita, a curva exponencial $y = a^x$ apresenta um crescimento bastante lento enquanto $x$ é negativo. À medida que $x$ cresce, o crescimento de $y$ se torna cada vez mais acelerado. Isto se reflete na inclinação da tangente ao gráfico; para valores positivos muito grandes de $x$, a tangente é quase vertical. O crescimento exponencial supera o de qualquer polinômio. (Lima, 2023, p.170).

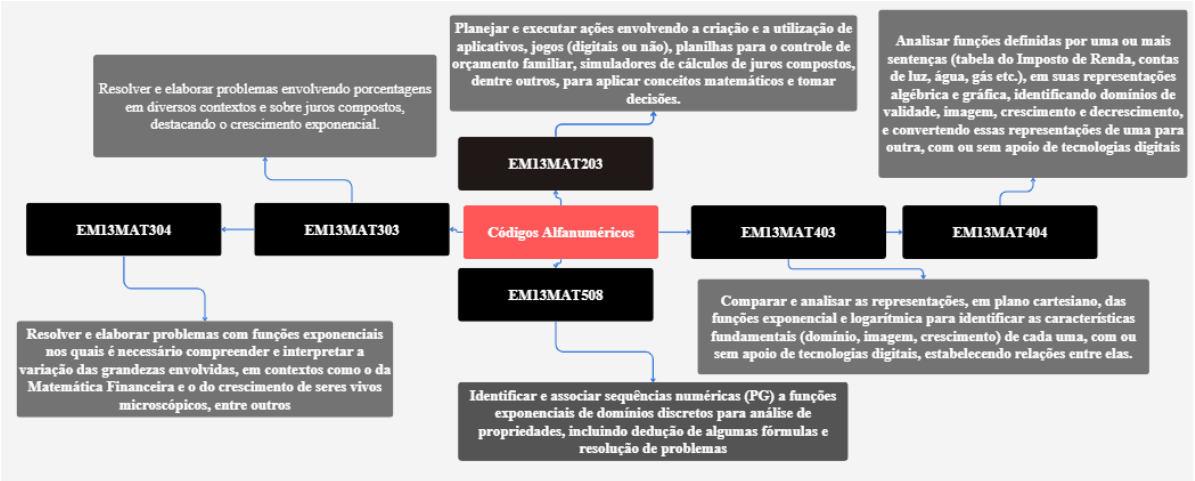
Os autores destacam que o gráfico nunca toca o eixo horizontal e que passa pelo ponto 1 no eixo vertical, os autores evidenciam que o valor de $a$ é o que define se a curva é crescente ou decrescente. Em resumo, a representação visual traduz o que acontece na fórmula: um crescimento que começa devagar, mas que rapidamente se torna muito mais veloz do que qualquer função polinomial de primeiro ou segundo grau.

### 2.2.3 A função exponencial na BNCC e nos documentos curriculares

A BNCC reconhece a função exponencial como objeto estruturante do currículo de Matemática do Ensino Médio, articulado ao desenvolvimento de competências e habilidades que extrapolam a mera manipulação algébrica. Segundo Correia e Cazorla (2021), a BNCC propõe que o estudo da função exponencial esteja associado à interpretação da variação entre grandezas, à análise de fenômenos naturais, sociais e econômicos e ao uso de diferentes registros de representação, como tabelas, gráficos e expressões algébricas.

No âmbito específico da função exponencial, a BNCC destaca a necessidade de associar sequências numéricas, como as progressões geométricas, às funções exponenciais, bem como de analisar suas representações gráficas a fim de identificar propriedades fundamentais, como crescimento, decrescimento e comportamento assintótico. Essa orientação evidencia a importância de um ensino que vá além da aplicação mecânica de fórmulas, favorecendo a compreensão conceitual e a análise crítica de fenômenos que apresentam crescimento ou decaimento exponencial (Brasil, 2018). Nesse contexto, a Figura 3 apresenta uma estrutura que sintetiza as principais habilidades propostas pela BNCC para a aprendizagem da função exponencial no Ensino Médio, evidenciando a centralidade da investigação, da modelagem matemática e da resolução de problemas no processo de ensino e aprendizagem.

Figura 3 - Estrutura organizacional das habilidades da BNCC para o ensino de função exponencial

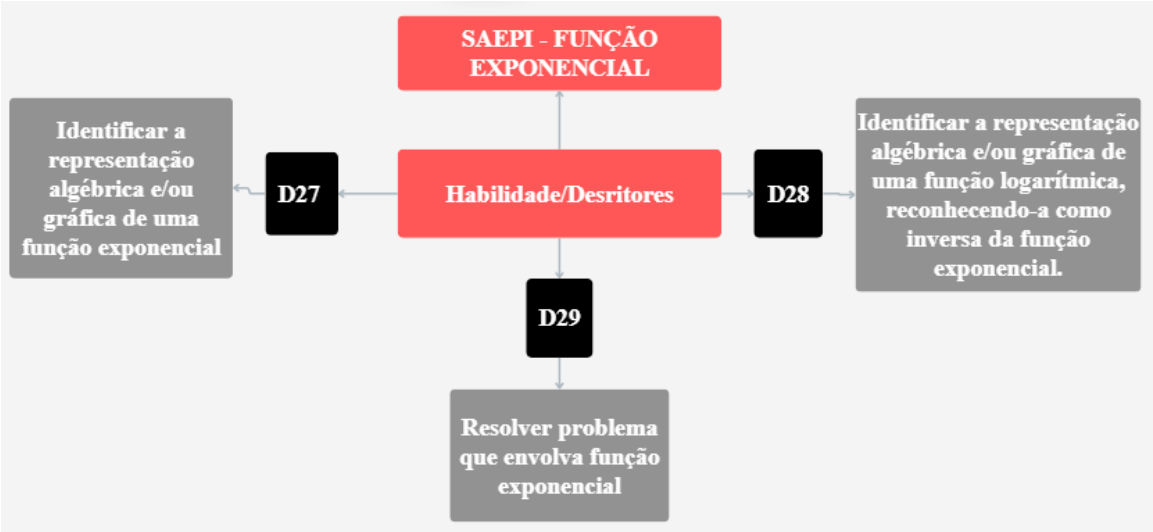



Fonte: Elaborado pelo autor, com base na BNCC (Brasil, 2018).

Outra referência importante para esta pesquisa baseia-se no SAEPI (Sistema de Avaliação Educacional do Piauí), desenvolvido pela Secretaria de Estado da Educação do Piauí (SEDUC/PI) em 2011, com a finalidade de verificar se o ensino ofertado aos estudantes

piauienses atende aos objetivos educacionais estabelecidos para cada etapa de ensino. O SAEPI é responsável por avaliar múltiplas etapas de escolaridade, em Língua Portuguesa e Matemática, contando sempre com a parceria do Centro de Políticas Públicas e Avaliação da Educação da Universidade Federal de Juiz de Fora (CAEd/UFJF). A Figura 4 apresenta as habilidades e os descritores do SAEPI do conteúdo de função exponencial.

Figura 4 – Estrutura organizacional das habilidades/descritores SAEPI para a aprendizagem da função exponencial no Ensino Médio

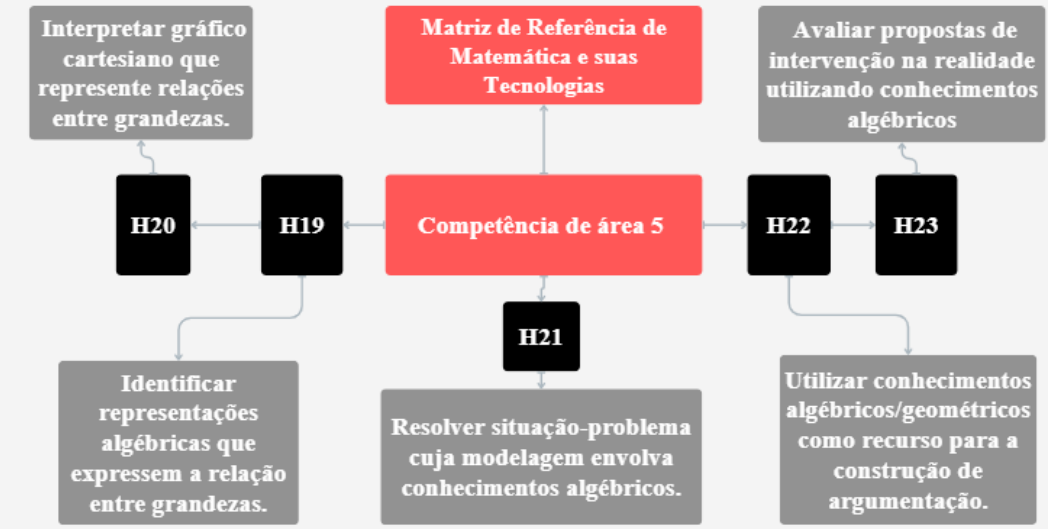



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no SAEPI (Piauí, 2025).

A relevância do estudo das funções exponenciais é reforçada pelas Matrizes de Referência do SAEB (BRASIL, 2020), que estabelecem competências essenciais para que o estudante consiga interpretar gráficos e relacionar representações algébricas a situações do cotidiano. As matrizes de referência do SAEPI seguem a mesma matriz SAEB. No SAEB existem escalas de proficiência que medem os resultados da 3ª série do Ensino Médio. Essas escalas são compostas por 10 níveis progressivos e cumulativos e as habilidades que fazem referência à função exponencial estão no nível 9 (Desempenho maior ou igual a 425 e menor que 450). Segundo o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira o resultado da última prova SAEB a nível Brasil do nível 9 mostrou que apenas 0,5% dos estudantes da 3ª série do Ensino Médio dominam as habilidades desta proficiência (Brasil, 2023).

Ainda podemos destacar a matriz de referência do ENEM, relacionada com a Competência de área 5 - Modelar e resolver problemas que envolvem variáveis socioeconômicas ou técnico-científicas, usando representações algébricas. A Figura 5 sintetiza as habilidades relacionadas ao estudo das funções.

Figura 5 – Estrutura organizacional das habilidades do ENEN para a aprendizagem das funções no Ensino Médio




Fonte: Elaborado pelo autor, com base no ENEM (INEP, 2025).

O documento de referência estabelece que o estudante deve ser capaz de "interpretar gráfico cartesiano que represente relações entre grandezas", que é uma das habilidades fundamentais para a compreensão das funções exponenciais e logarítmicas.

### 2.2.4 Dificuldades recorrentes dos estudantes no estudo da função exponencial

De acordo com Ashtiani e Demarchi (2025), muitos estudantes apresentam dificuldades em visualizar a aplicação concreta dos conceitos matemáticos, o que compromete a compreensão de conteúdos abstratos, como as funções exponenciais, frequentemente ensinadas de forma dissociada da realidade dos estudantes. Além disso, os autores identificam dificuldades específicas na interpretação do crescimento exponencial e na construção de expressões algébricas que representem situações modeladas, evidenciando obstáculos na generalização e na articulação entre diferentes registros de representação matemática.

Segundo Ferreira e Pereira da Costa (2024), uma das principais dificuldades enfrentadas pelos estudantes no estudo da função exponencial está relacionada à aplicação e correlação de suas propriedades, sobretudo quando se exige a interpretação de diferentes registros de representação matemática. Outra dificuldade encontrada está nos livros didáticos e de acordo com Ferreira e Pereira da Costa (2024) em sua pesquisa mostraram que não foram identificadas tarefas de exploração, investigação ou projeto nos livros analisados, o que reduz as

oportunidades de os estudantes desenvolverem conjecturas, realizarem inferências e construírem uma compreensão mais profunda do comportamento exponencial.

## 2.3 A MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS

Para Góes e Góes (2023), a modelagem, em geral, pode ser entendida como o ato de modelar um problema, utilizando modelos físicos, matemáticos, híbridos para prever, classificar e associar fenômenos. A modelagem matemática tem se consolidado, no âmbito da Educação Matemática, como uma abordagem pedagógica que possibilita a articulação entre conceitos matemáticos e situações oriundas da realidade. Ao favorecer a construção de significados e a compreensão de conteúdos abstratos, essa abordagem contribui para a superação de práticas de ensino excessivamente formais e descontextualizadas. No ensino de funções exponenciais, em particular, a modelagem revela-se especialmente pertinente, uma vez que tais funções descrevem fenômenos presentes em contextos sociais, científicos e naturais, ampliando as possibilidades de interpretação e aplicação do conhecimento matemático no Ensino Médio.

Sob uma perspectiva epistemológica, a modelagem matemática compreende a Matemática como um conhecimento construído historicamente, influenciado por contextos sociais e culturais. Conforme argumentam Lima, Lopes e Vieira (2024), os modelos matemáticos não devem ser entendidos como verdades absolutas, mas como aproximações da realidade, elaboradas a partir de escolhas, interpretações e decisões assumidas ao longo do processo de modelagem. Essa concepção rompe com uma visão dogmática da Matemática e evidencia seu caráter provisório e interpretativo.

Nessa direção, a modelagem matemática ultrapassa a simples aplicação de conteúdos previamente estabelecidos, assumindo-se como um processo investigativo que envolve a mediação entre realidade, linguagem e estruturas matemáticas. Negrelli e Cifuentes (2013) ressaltam que essa prática está ancorada em concepções filosóficas que reconhecem a Matemática como um conhecimento construído, no qual a formulação de modelos implica a elaboração de hipóteses, simplificações e recortes da realidade. Assim, o conhecimento matemático produzido no contexto da modelagem não corresponde a uma reprodução fiel dos fenômenos estudados, mas resulta de um processo interpretativo orientado por objetivos específicos.

### 2.3.1 Modelagem Matemática e Ensino de Funções no Ensino Médio

No contexto da Educação Básica, o estudo de funções ocupa lugar central na formação matemática dos estudantes, uma vez que permite a compreensão de relações de dependência entre grandezas presentes em outras áreas do conhecimento. De acordo com Paraná (2008), espera-se que o aluno compreenda os objetos de conhecimento relacionados às funções, reconhecendo seu papel na modelagem de situações-problema. Nessa perspectiva, Almeida e Silva (2010) ressaltam que a modelagem matemática, ao ser integrada aos conteúdos trabalhados em sala de aula, estabelece uma relação direta com o cotidiano dos estudantes, contribuindo para a atribuição de sentido ao conhecimento matemático.

No Ensino Médio, a utilização da modelagem matemática favorece a integração entre teoria e prática, permitindo que o estudo das funções deixe de assumir um caráter meramente abstrato e passe a ser compreendido a partir de situações reais vivenciadas pelos alunos (Santos; Assis; Assis, 2024). Essa abordagem contribui para que os estudantes reconheçam as funções como ferramentas matemáticas capazes de interpretar e explicar fenômenos do mundo real.

Além disso, a abordagem das funções por meio da modelagem matemática dialoga diretamente com as competências específicas propostas pela Base Nacional Comum Curricular, especialmente no que se refere à interpretação e à análise de modelos matemáticos aplicados à explicação de fenômenos sociais e naturais (Ashtiani; Demarchi, 2025). O uso da modelagem no ensino de funções também possibilita o desenvolvimento da autonomia dos estudantes, ao estimular o pensamento crítico e a interpretação de diferentes representações matemáticas, como tabelas, gráficos e expressões algébricas (Santos; Assis; Assis, 2024).

### 2.3.2 Modelagem Matemática e o Desenvolvimento do Pensamento Exponencial

A função exponencial constitui um conteúdo de grande relevância no ensino de Matemática, especialmente no Ensino Médio, sendo frequentemente associada a dificuldades relacionadas à abstração e à articulação com situações cotidianas. Em muitos contextos escolares, esse conteúdo é apresentado de forma excessivamente técnica e algébrica, com pouca ou nenhuma contextualização, o que compromete sua compreensão e aplicabilidade.

A função exponencial, na maioria das vezes, é apresentada de forma técnica, algébrica e sem contextualização, o que dificulta sua compreensão e aplicação. Nesse sentido, o uso da modelagem matemática surge como uma ferramenta pedagógica capaz de promover uma aprendizagem mais significativa. De acordo com Biembengut e Hein (2024), a elaboração de

modelos matemáticos requer uma postura lúdica e intuitiva por parte do modelador. Além do domínio dos conceitos matemáticos, é preciso ter sensibilidade para discernir quais ferramentas melhor se adaptam a cada situação real, tratando a modelagem como um exercício de interpretação criativa.

Ashtiani e Demarchi (2025) ressaltam que a função exponencial apresenta elevado potencial de aplicação prática, sendo essencial para a compreensão de fenômenos contemporâneos, como o crescimento populacional e a propagação de epidemias. Nessa perspectiva, a modelagem matemática aproxima o ensino desse conteúdo da realidade dos estudantes, favorecendo o desenvolvimento do pensamento exponencial.

De acordo com Santos et al. (2025), ao trabalhar com situações-problema contextualizadas, a modelagem convida os alunos a formular hipóteses, investigar padrões e construir modelos matemáticos a partir de dados produzidos por eles próprios. Nesse processo, a função exponencial emerge como uma ferramenta para descrever e explicar fenômenos de crescimento, superando a visão de um conteúdo restrito à manipulação algébrica. Os autores destacam, ainda, que a modelagem favorece a transição do pensamento linear para o reconhecimento de relações multiplicativas, uma das principais dificuldades enfrentadas pelos estudantes no estudo das funções exponenciais.

### 2.3.3 Contribuições da Modelagem para a Compreensão de Conceitos Abstratos

A compreensão de conceitos abstratos constitui um dos principais desafios no ensino da Matemática. Conforme aponta Bassanezi (2019), o uso da Matemática tem como objetivo fundamental extrair os elementos essenciais de uma situação-problema e formalizá-los em um contexto abstrato, no qual o pensamento possa ser desenvolvido com clareza e economia de linguagem.

Nesse sentido, a modelagem matemática, no contexto escolar, não deve ser compreendida apenas como um método de resolução de problemas, mas como uma estratégia pedagógica que possibilita ao estudante investigar situações reais, formular hipóteses e validar modelos, transformando a sala de aula em um ambiente de pesquisa (Ashtiani; Demarchi, 2024). Essa abordagem favorece uma postura ativa do aluno frente ao conhecimento matemático.

Além disso, a modelagem matemática atua como uma ferramenta que facilita a transição do pensamento concreto para o abstrato, ao integrar teoria e prática e promover uma aprendizagem mais significativa (Sousa et al., 2025). Dessa forma, a modelagem contribui para

que conceitos matemáticos abstratos sejam compreendidos de maneira mais consistente, favorecendo o desenvolvimento do raciocínio matemático e da autonomia intelectual dos estudantes.

### 2.3.4 Contribuições Uso da Modelagem Matemática como Metodologia Ativa

A Modelagem Matemática configura-se como uma abordagem pedagógica que promove um aprendizado contextualizado, integrando, de forma natural, teoria e prática, além de atuar como uma metodologia facilitadora na captação do interesse dos estudantes (Santos; Assis; Assis, 2024). Ao partir de situações-problema reais, essa metodologia possibilita que os conceitos matemáticos sejam construídos de maneira significativa, favorecendo a compreensão e a aplicação do conhecimento em diferentes contextos.

Sob essa perspectiva, a Modelagem Matemática encontra-se alinhada às tendências contemporâneas de ensino, especialmente às metodologias ativas. Segundo Bacich e Moran (2018, p. 4), "metodologias ativas são estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos estudantes na construção do processo de aprendizagem". Dessa forma, a modelagem destaca o protagonismo estudantil, uma vez que coloca o aluno no centro do processo educativo, incentivando sua participação ativa na investigação, na formulação de hipóteses e na análise de resultados. Nesse contexto, a sequência didática assume papel fundamental, ao organizar as etapas de ensino desde a problematização inicial até a formalização matemática e a análise crítica das soluções encontradas.

De acordo com Gouvea et al. (2024), metodologias ativas têm demonstrado maior eficácia no ensino de Matemática quando comparadas ao ensino tradicional, sobretudo no que se refere ao engajamento dos estudantes. Essa constatação dialoga diretamente com a proposta deste estudo, que adota a modelagem matemática como estratégia para o ensino da função exponencial, buscando promover uma aprendizagem mais significativa. Tal abordagem permite que o estudante assuma o papel central na construção do próprio conhecimento, desenvolvendo habilidades de investigação, argumentação e validação de hipóteses (Sousa et al., 2025).

Alinhada às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular, a Modelagem Matemática é compreendida como uma metodologia ativa essencial para atender às demandas de uma educação crítica e transformadora (Sousa et al., 2025). Estudos comparativos indicam que métodos inovadores tendem a superar os métodos tradicionais em termos de engajamento e resultados de aprendizagem (Gouvea et al., 2024). Além disso, a adoção de abordagens inovadoras apresenta potencial não apenas para melhorar o desempenho acadêmico dos

estudantes, mas também para prepará-los para os desafios futuros, desenvolvendo habilidades necessárias para atuar em um mundo cada vez mais complexo e interconectado (Gouvea et al., 2024).

Nesse cenário, o papel do professor assume centralidade, uma vez que cabe a ele organizar as situações de aprendizagem e orientar o processo de construção do conhecimento em sala de aula. Como ressalta D'Ambrosio (2008, p. 104), "ao começar a aula, o professor tem uma grande liberdade de ação", sendo fundamental romper com práticas rotineiras que limitam o potencial investigativo do ensino de Matemática. Ao tratar da melhoria do ensino da disciplina, a modelagem emerge como uma metodologia relevante, pois favorece uma aprendizagem significativa, que ultrapassa a mera memorização de fórmulas e incentiva o estudante a investigar e vivenciar os problemas propostos. Segundo D'Ambrosio (1986, p. 17), "os modelos matemáticos são formas de formalizar e estudar fenômenos do dia a dia", tornando o aluno mais consciente da utilidade da Matemática na análise e resolução de problemas cotidianos.

Por fim, destaca-se que a Modelagem Matemática, por seu caráter investigativo e interdisciplinar, estimula continuamente processos de leitura, análise e interpretação. Conforme apontam Brandt, Burak e Klüber (2016, p. 71), essa abordagem constitui-se como um meio de enfrentar uma das problemáticas centrais do ensino de Matemática, relacionada às dificuldades de interpretação, favorecendo o desenvolvimento do pensamento matemático em situações da vida real e no contexto escolar.

## 2.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM USO DA MODELAGEM MATEMÁTICA

Para além de sua definição geral, a Sequência Didática assume relevância particular quando analisada no contexto de áreas específicas do conhecimento, como a Matemática. Ao organizar o ensino de forma progressiva, articulando objetivos, atividades e avaliação, a Sequência Didática possibilita ao professor estruturar situações de aprendizagem que favoreçam a construção de significados, a participação ativa dos estudantes e a superação de práticas fragmentadas. Assim, compreendê-la como um conceito teórico e metodológico torna-se fundamental para analisar suas contribuições no ensino de Matemática, especialmente diante dos desafios históricos e pedagógicos que caracterizam essa área.

### 2.4.1 Conceito de Sequência Didática

No campo educacional, a noção de Sequência Didática tem sido amplamente discutida como uma estratégia fundamental para a organização do processo de ensino e aprendizagem. De modo geral, esse conceito está associado à articulação intencional de atividades didáticas que visam estabelecer uma relação coerente entre a ação pedagógica do professor e as aprendizagens esperadas dos estudantes. Nesse sentido, Rosa e Souza (2023, p. 2) definem a sequência didática como "um conjunto de atividades organizadas para denotar a estreita relação entre a ação de ensino proposta e a aprendizagem esperada".

Ao aprofundar essa compreensão, Costa, Gonçalves e Mariano (2024) destacam que o termo Sequência Didática deve ser compreendido como um conceito teórico específico, dotado de identidade própria no campo educacional. Segundo os autores, trata-se de um substantivo próprio que designa "um conjunto de ações, situações e atividades didáticas" organizadas de forma intencional e sistemática (Costa; Gonçalves; Mariano, 2024). Eles afirmam que, dessa forma, embora toda sequência didática seja composta por uma sequência de atividades, nem toda sequência de atividades pode ser caracterizada como uma Sequência Didática, uma vez que esta exige articulação, coerência interna e objetivos pedagógicos claramente definidos.

A organização das atividades em uma Sequência Didática pressupõe uma progressão didática que favoreça a construção do conhecimento de maneira construtiva e interativa. Conforme apontam Costa, Gonçalves e Mariano (2024), uma Sequência Didática completa estrutura-se desde atividades mais intuitivas até aquelas voltadas à institucionalização ou conclusão, respeitando o desenvolvimento cognitivo dos estudantes e promovendo a passagem do concreto para o abstrato.

Nessa perspectiva, as sequências didáticas configuram-se como experiências estruturadas de ensino, mediadas pelo planejamento pedagógico e pela escrita, que visam embasar a prática docente de maneira teoricamente rigorosa e favorecer a reflexão e o compartilhamento de experiências entre professores (Bacich; Moran, 2018). Para Moreira (2011), as sequências didáticas devem ser concebidas como unidades capazes de promover aprendizagens potencialmente significativas, uma vez que organizam o ensino de forma lógica, coerente e intencional.

Além disso, Bacich e Moran (2018) ressaltam que a sequência didática constitui uma forma de estruturar o trabalho docente tanto no planejamento de aulas quanto no desenvolvimento de projetos pedagógicos, garantindo coerência entre objetivos de ensino e pressupostos da aprendizagem. Sob essa ótica, as sequências didáticas favorecem a participação

ativa dos estudantes em situações-problema, partindo de conhecimentos prévios e concretos para alcançar níveis mais elevados de abstração, conforme já indicava Zabala (1998), ao defini-las como atividades ordenadas e articuladas, com objetivos educacionais claramente definidos e conhecidos por professores e estudantes.

De acordo com Uchôa e Andrade (2024), a sequência didática é compreendida como um instrumento organizador do processo de ensinagem, capaz de articular planejamento, execução e reflexão pedagógica, contribuindo para o desenvolvimento simultâneo de saberes práticos e teóricos na formação inicial de professores e permite que o professor em formação reflita criticamente sobre sua prática, uma vez que envolvem processos contínuos de planejamento, aplicação e reavaliação das ações pedagógicas desenvolvidas no contexto escolar. Essa organização progressiva contribui ainda para uma aprendizagem significativa, na medida em que permite ao aluno atribuir sentido às ações desenvolvidas ao longo do processo (Costa; Gonçalves; Mariano, 2024).

### 2.4.2 A Sequência Didática no Ensino de Matemática

No campo da Educação Matemática, o conceito de Sequência Didática adquire contornos específicos, ao dialogar com diferentes perspectivas teóricas que buscam superar práticas de ensino centradas na mera transmissão de conteúdo. Conforme destacam Costa e Gonçalves (2022), a Sequência Didática não deve ser compreendida apenas como uma organização linear de atividades, mas como uma unidade de conhecimento que se articula com outros conceitos fundamentais da área, assumindo um papel estruturante no processo de ensino e aprendizagem da Matemática. Segundo os autores, trata-se de uma ideia que movimenta diferentes abordagens teóricas e metodológicas, sendo considerada uma unidade conceitual no interior desse campo do saber (Costa; Gonçalves, 2022).

Nessa perspectiva, a Sequência Didática orienta o trabalho docente desde a definição do objeto matemático até os processos de avaliação, permitindo maior coerência entre objetivos, conteúdos e práticas pedagógicas. Sousa e Gutierre (2025) compreendem a Sequência Didática como uma estratégia organizadora do ensino que possibilita ao professor planejar atividades alinhadas ao currículo e ao nível cognitivo dos estudantes, assegurando que as situações propostas estejam adequadas às exigências educacionais e às especificidades do contexto escolar.

Além disso, o papel do professor na condução de uma Sequência Didática mostra-se central para o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem. Oliveira e Lavor

(2022) ressaltam a importância de o docente propor desafios que motivem os discentes a interagir, investigar e atribuir significado às situações didáticas vivenciadas. Nesse sentido, as situações didáticas organizadas em uma Sequência Didática não apenas subsidiam práticas de ensino, mas também possibilitam reflexões e investigações que contribuem para o desenvolvimento pleno dos educandos (Oliveira; Lavor, 2022).

Dessa forma, a Sequência Didática, quando compreendida como uma unidade de organização do ensino de Matemática, possibilita ao professor estruturar situações didáticas coerentes, progressivas e alinhadas aos objetivos de aprendizagem. Ao articular planejamento, execução e avaliação, esse instrumento favorece a proposição de desafios matemáticos que promovem o envolvimento ativo dos estudantes e a atribuição de significados aos conteúdos estudados. Nesse cenário, emerge a necessidade de metodologias que potencializem essa organização didática, especialmente aquelas que aproximem os conceitos matemáticos de situações reais, como é o caso da modelagem matemática.

### 2.4.3 Integração entre Sequência Didática e Modelagem

A articulação entre Sequência Didática e Modelagem Matemática apresenta-se como uma alternativa metodológica consistente para o ensino de Matemática, ao possibilitar a organização sistemática das etapas de aprendizagem aliada à investigação de situações do mundo real. Nesse sentido, Ashtiani e Demarchi (2024) defendem que a utilização de sequências didáticas articuladas à modelagem favorece a estruturação do ensino, permitindo que o professor promova a construção do conhecimento de forma progressiva e intencional.

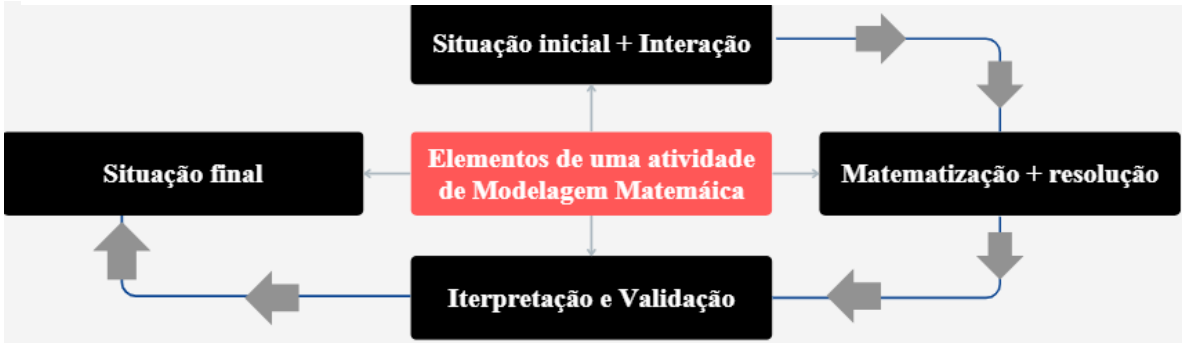
A aplicação de tarefas de modelagem organizadas em uma Sequência Didática contribui para o aumento da motivação dos estudantes e para a integração entre diferentes áreas do conhecimento. De acordo com Sousa et al. (2025), esse tipo de abordagem favorece o engajamento discente, uma vez que propõe situações investigativas que demandam a mobilização de conhecimentos matemáticos para a compreensão e a resolução de problemas contextualizados.

Além disso, a organização do ensino por meio de sequências didáticas fundamentadas na modelagem matemática contribui para a construção gradual e significativa dos conceitos matemáticos. Santos et al. (2025) destacam que a estruturação das atividades em diferentes momentos como convite, trabalho em grupo, socialização e formalização favorece a participação ativa dos estudantes e o desenvolvimento do raciocínio matemático. Segundo os autores, ao longo de uma sequência didática investigativa, os alunos constroem tabelas,

identificam padrões, generalizam relações e validam modelos matemáticos, possibilitando a sistematização de conceitos, como o de função exponencial, de forma articulada e contextualizada. Essa organização didática também reforça o papel do professor como mediador do conhecimento, promovendo um ambiente colaborativo e investigativo.

De acordo com Almeida, Silva e Vertuan (2025), nem toda atividade pode ser caracterizada como uma atividade de Modelagem Matemática. Por essa razão, os autores destacam os elementos fundamentais que a distinguem de outras abordagens de ensino, os quais estão apresentados na Figura 6.

Figura 6 – Elementos que contemplam uma atividade de modelagem Matemática




Fonte: Elaborado pelo autor, com base no Almeida, Silva e Vertuan (2025).

Nesse sentido, a modelagem matemática, organizada por meio de Sequências Didáticas, cria condições para que os estudantes investiguem fenômenos, construam modelos e atribuam significado aos conceitos matemáticos estudados. Contudo, para que esse processo investigativo se torne ainda mais acessível e significativo, torna-se relevante o uso de estratégias didáticas que favoreçam a experimentação, a visualização e a interação. É nesse contexto que jogos, experimentos e recursos digitais se apresentam como importantes mediadores do processo de ensino e aprendizagem, potencializando a abordagem da modelagem matemática no estudo de funções exponenciais.

### 2.4.4 Jogos, Experimentos e Recursos Digitais no Ensino de Funções Exponenciais

Segundo Almeida, Silva e Vertuan (2025), um aspecto relevante para aprendizagem em matemática e que pode motivar os estudantes diz respeito à incorporação do uso do computador nas aulas. Atividades de Modelagem Matemática demandam, por excelência, dessa incorporação.

Bacich e Moran (2018, p. 21), afirmam que “os jogos e as aulas roteirizadas com a linguagem de jogos (gamificação) estão cada vez mais presentes na escola e são estratégias

importantes de encantamento e motivação para uma aprendizagem mais rápida e próxima da vida real.” A utilização de jogos, experimentos e recursos digitais no ensino de Matemática tem se mostrado uma estratégia relevante quando articulada a situações didáticas investigativas, especialmente no contexto da modelagem matemática. De acordo com Oliveira e Lavor (2022), as tecnologias digitais, quando integradas a situações didáticas, contribuem para despertar o interesse dos estudantes, favorecer a interpretação dos conceitos matemáticos e tornar as aulas mais dinâmicas e interativas.

Nesse sentido, os autores ressaltam que a associação entre situações didáticas e recursos tecnológicos pode subsidiar investigações matemáticas em sala de aula, contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem (Oliveira; Lavor, 2022). Tais recursos ampliam as possibilidades de exploração dos conteúdos, permitindo que os estudantes visualizem relações, analisem padrões e interpretem representações gráficas, aspectos essenciais no estudo de funções exponenciais.

Estudos como o de Ferraz e Carvalho (2026) evidenciam que a utilização articulada de jogos e recursos digitais favorece a visualização de conceitos matemáticos e amplia as possibilidades de análise de padrões e interpretação de gráficos. Segundo os autores, o uso de jogos como ferramenta pedagógica contribui para tornar o ensino de Matemática mais significativo, ao aproximar conceitos abstratos de experiências concretas e promover a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem.

Além disso, jogos e atividades experimentais possibilitam a exploração de conceitos matemáticos a partir da manipulação concreta e da observação de regularidades. Ferraz e Carvalho (2026) destacam, por exemplo, que o uso de jogos como o Tangram favorece a compreensão de sequências de potências de base 2, permitindo estabelecer relações entre potenciação, progressões geométricas e funções exponenciais. De modo semelhante, Eufrausino, Assis e Assis (2025) apontam que jogos e experimentos em sala de aula criam situações reais de aprendizagem, nas quais os estudantes participam ativamente desde a coleta de dados até a construção e interpretação de modelos matemáticos.

Segundo Eufrausino, Assis e Assis (2025), a realização de atividades repetitivas associadas a jogos e experimentos possibilita a observação de padrões de crescimento e decaimento, favorecendo a construção e análise de modelos exponenciais relacionados às curvas de aprendizagem. Nessa perspectiva, a modelagem matemática, quando integrada a atividades lúdicas, experimentais e ao uso de tecnologias digitais, contribui para superar abordagens puramente algébricas, conectando os conteúdos curriculares da Matemática do Ensino Básico a situações concretas vivenciadas pelos estudantes.

# 3 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção, apresentaremos a metodologia de pesquisa utilizada para desenvolver este trabalho. Detalharemos os tipos de pesquisa empregados, os procedimentos adotados e a estrutura da nossa intervenção. Descreveremos as estratégias que nos permitiram analisar a seguinte questão norteadora: Quais análises surgem a partir do desenvolvimento de uma sequência didática baseada na Modelagem Matemática para o ensino de Funções Exponenciais, aplicada aos estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública em Palmeirais-PI?

Em essência, mostraremos como a pesquisa foi executada, garantindo que os resultados encontrados respondam de maneira sólida e transparente ao problema central do estudo.

## 3.1 MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa tem caráter investigativo de natureza quali-quantitativo, integrando e articulando dados de naturezas distintas para uma compreensão holística do fenômeno estudado (Creswell, 2010), de cunho exploratório e intervencionista, cujo objetivo principal era analisar os impactos da aplicação de uma sequência didática baseada na modelagem matemática no ensino da função exponencial no Ensino Médio, uma vez que buscou-se gerar conhecimentos diretamente utilizáveis na resolução de um problema prático específico no contexto escolar (Funções Exponenciais e Modelagem Matemática) (Gil, 2019).

O componente quantitativo é manifestado pela coleta e análise estatística dos resultados obtidos nos instrumentos pré-teste e pós-teste, o que permite medir o desempenho dos estudantes e avaliar a eficácia da sequência didática em termos de ganhos de aprendizagem. Este método possibilita a identificação de padrões e a generalização dos resultados de desempenho para o grupo amostral (Hair et al., 2009).

Em contraste, a dimensão qualitativa busca aprofundar a análise, explorando os processos de raciocínio, as percepções, as dificuldades conceituais e as interações dos estudantes durante a aplicação da sequência didática baseada na Modelagem Matemática. Por meio da análise de observações, notas de campo e registros das atividades em sala de aula, este aspecto metodológico oferece a interpretação detalhada e o significado atribuído pelos participantes à experiência de aprendizagem (Minayo; Deslandes; Gomes 2016).

Segundo D'Ambrosio (2008, p.104) afirma que: "Na pesquisa qualitativa a validação é muito influenciada por critérios subjetivos", que envolve seres humanos. A opção por uma abordagem qualitativa justifica-se pelo interesse em compreender os processos de

aprendizagem dos estudantes, suas interpretações, estratégias e dificuldades durante a realização das atividades propostas, valorizando os significados atribuídos por eles ao conteúdo estudado.

A pesquisa se enquadra no campo da pesquisa-ação, uma vez que envolve a intervenção direta do pesquisador no contexto escolar, por meio da aplicação de uma sequência didática, e a análise dos efeitos dessa intervenção. De acordo com Thiollent (2011), a pesquisa-ação é uma forma de investigação que se desenvolve em estreita associação com uma ação coletiva, na qual os participantes (neste caso, o professor-pesquisador e os estudantes) atuam de forma colaborativa na resolução de problemas significativos.

Essa triangulação quali-quantitativa é essencial para responder de forma completa à problemática da pesquisa (Creswell, 2010).

## 3.2 CENÁRIO DA PESQUISA

O cenário desta pesquisa foi em uma escola da rede pública de ensino localizada na zona urbana do município de Palmeirais - PI, caracterizada por diversidade sociocultural e desafios relacionados ao acesso igualitário à educação. A escola é tempo integral e atende somente estudantes do Ensino Médio. Estes estudantes são da zona urbana e rural, em sua maioria oriundos de famílias de baixa renda, e conta com infraestrutura básica para o desenvolvimento de atividades pedagógicas, incluindo salas de aula equipadas somente com quadro branco e uma sala multimídia, que contém computadores e retroprojetor.

## 3.3 PARTICIPANTES DA PESQUISA

A turma que participou da pesquisa foi composta por estudantes da 3ª série ano do Ensino Médio, com idades entre 17 e 19 anos. Vale ressaltar que, entre os estudantes, teve uma relação historicamente fragilizada com a matemática, principalmente pós pandemia, marcada por retrospectivos processos de ensino tradicionais, sem recursos tecnológicos e de ensino não contextualizados. Muitos demonstraram dificuldade em compreender o significado dos conteúdos matemáticos e sua utilidade fora do ambiente escolar. Nesse contexto, a proposta de uma sequência didática baseada na modelagem matemática no ensino de funções exponenciais, visou quebrar os paradigmas que a matemática é o “bicho papão” e valorizando o conhecimento prévio dos alunos e promovendo uma aprendizagem significativa através de situações reais que despertaram a curiosidade e a motivação em estudar matemática.

A turma da 3ª série foi selecionada por três razões: (i) os estudantes participaram das edições do SAEPI de 2023 e 2024 e participarão da edição de 2025; (ii) realizarão o ENEM; e (iii) o pesquisador atua como professor da turma, com carga horária semanal de seis aulas, sendo quatro destinadas à Formação Geral Básica e duas à Recomposição da Aprendizagem. Para chegarmos em um resultado fidedigno, participaram do estudo apenas os estudantes que manifestaram interesse voluntário em participar da pesquisa e apresentaram a autorização assinada pelos pais ou responsáveis. Esse critério visou garantir o engajamento dos participantes e assegurar o consentimento formal dos responsáveis legais, respeitando os princípios éticos e as normas vigentes aplicáveis à condução da pesquisa. Esta turma era formada por 33 estudantes, dos quais apenas 25 assinaram a TALE. Os que não assinaram relataram que poderiam faltar durante a pesquisa e esses estudantes não demonstraram compromisso. Os pais ou responsáveis também assinaram o TCLE, autorizando a participação dos estudantes. Ainda teve a Carta de Anuência assinada pela gestora da escola na qual a pesquisa foi realizada.

A realidade social e cultural dos estudantes, bem como suas vivências cotidianas, foram elementos centrais considerados na construção das atividades. Compreender o cenário da pesquisa, portanto, não apenas possibilita interpretar de forma mais adequada os dados coletados, como também reforça a importância de se pensar o ensino de matemática a partir da realidade concreta dos sujeitos envolvidos, respeitando seus contextos e promovendo oportunidades reais de aprendizagem e liberdade.

## 3.4 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

Para coleta de dados, foram utilizadas observações, questionários, uso de materiais concretos e virtuais, construção de materiais, registros de atividades com a produção dos estudantes, uso de fotografias e vídeos, garantindo o anonimato dos envolvidos na pesquisa.

Para a coleta de dados foram ministradas 18 h/a, incluindo pré testes, aulas, aplicações e pós testes. A coleta de dados foi realizada em quatro etapas. Cada etapa teve objetivos específicos para serem alcançados, incluindo os procedimentos. Nos próximos parágrafos serão apresentados com detalhes os momentos em que foram aplicados um teste diagnóstico, que permitiu conhecer os conhecimentos prévios que estudantes têm sobre função exponencial. Os conteúdos, as histórias, as atividades e as oficinas desenvolvidas durante a pesquisa.

O instrumento avaliativo foi composto por questões autorais elaboradas pelo pesquisador e por itens selecionados/adaptados de avaliações externas (ENEM, IFPE, PAEBES

SAEGO e SISEDU), devidamente identificadas, com a finalidade de compor instrumentos avaliativos alinhados às competências avaliadas na pesquisa, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Demonstrativo Metodológico

| Etapa | Carga horária | Momento |
|---|---|---|
| 1ª | 2h/a | Realização do pré-teste |
| 2ª | 2h/a | Construção do plano cartesiano |
| | 2h/a | Definição de funções e potenciação |
| | 2h/a | Estudo de funções exponenciais |
| 3ª | 2h/a | Oficina com a Torre de Hanói |
| | 2h/a | Oficina com a Lenda do Xadrez |
| | 2h/a | Estudo sobre absorção de medicamentos no corpo humano |
| | 2h/a | Oficina com a Lei de Resfriamento de Newton |
| 4ª | 2h/a | Realização do pós-teste |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Na primeira etapa, com a duração de 2h/a, foi realizado um pré-teste, com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios e as principais dificuldades dos estudantes acerca do conceito de funções exponenciais, mapeando lacunas de aprendizagem em questões objetivas e subjetivas antes da intervenção pedagógica. Os procedimentos para a aplicação do pré-teste ocorreram da seguinte forma: Primeiramente, procedeu-se à elaboração do instrumento, composto por 4 questões objetivas e 6 subjetivas focadas em situações-problema de crescimento exponencial. A Figura 7 apresenta a aplicação do pré-teste realizada em sala de aula de forma individual e sem consulta. Por fim, os dados foram tabulados para identificar os erros e acertos mais frequentes, servindo de base para a construção da Sequência Didática.

Figura 7 - Momento da aplicação do pré-teste

Fonte: Elaboração pelo autor, 2026.

Na segunda etapa, com duração de 6 h/a, foram ministradas aulas sobre plano cartesiano, definição de funções, estudo da potenciação, conceitos básicos de funções exponenciais e a relação entre funções afins e funções exponenciais, com objetivo de analisar a transição entre as representações algébricas e gráficas das funções, partindo do estudo da potenciação e da relação com a função afim para sistematizar a definição de função exponencial. Para as aulas sobre plano cartesiano, foram utilizados materiais de baixo custo encontrados com facilidades, que estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Lista de Materiais

| |
|---|
| 4 cartelas de ovos |
| 20 tampas de plásticos de refrigerantes |
| Tinta spray |
| Pistola para cola quente |
| Bastão de Cola quente |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A seguir fomos para o momento de construções dos planos cartesianos com os materiais listados na Tabela 1. As imagens das Figuras 8 e 9 ilustram a realização e confecção dos planos cartesianos.

Figura 8 – Construção do plano cartesiano

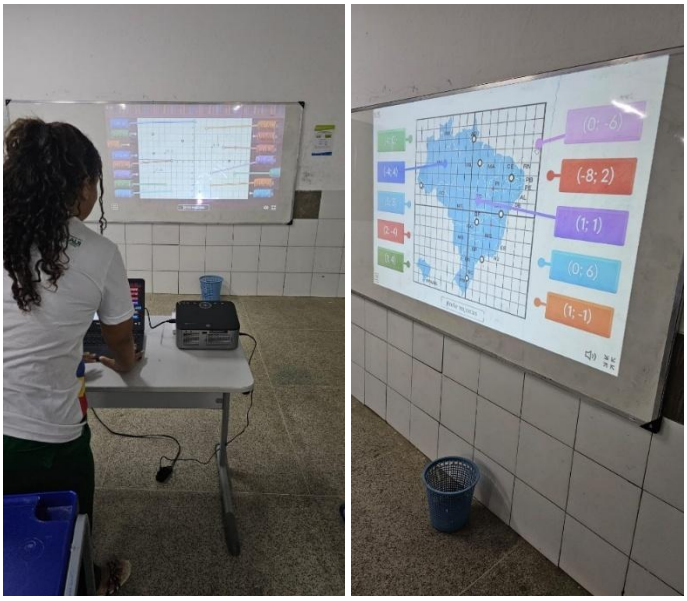
Fonte: Elaboração pelos autores, 2026.

Figura 9 – Construindo fora da sala de aula

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A Figura 10 apresenta outras formas de trabalhar com o plano cartesiano, usando jogos virtuais e atividades para melhorar a aprendizagem durante o manuseio do plano cartesiano feito de cartelas de ovos.

Figura 10 – Trabalhando o plano cartesiano com jogos virtuais




Fonte: Plano de cartesiano - Recursos de ensino.

Após esta oficina, trabalhamos o conceito de potenciação utilizando dobraduras com uma folha A4, que tinha como objetivo fazer a introdução às potências. Após a conclusão das atividades sobre potenciação. A Figura 11 apresenta uma atividade sobre funções utilizando o

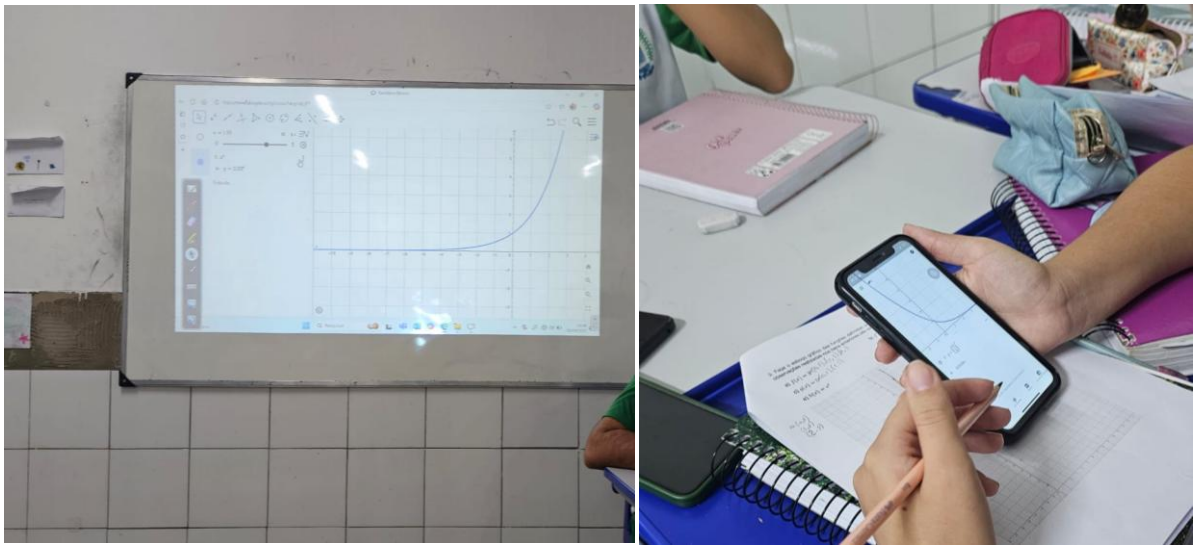
aplicativo GeoGebra no próprio smartphone dos estudantes, mostrando diferentes gráficos, quando era função ou não, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 – Trabalhando potenciação e funções

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

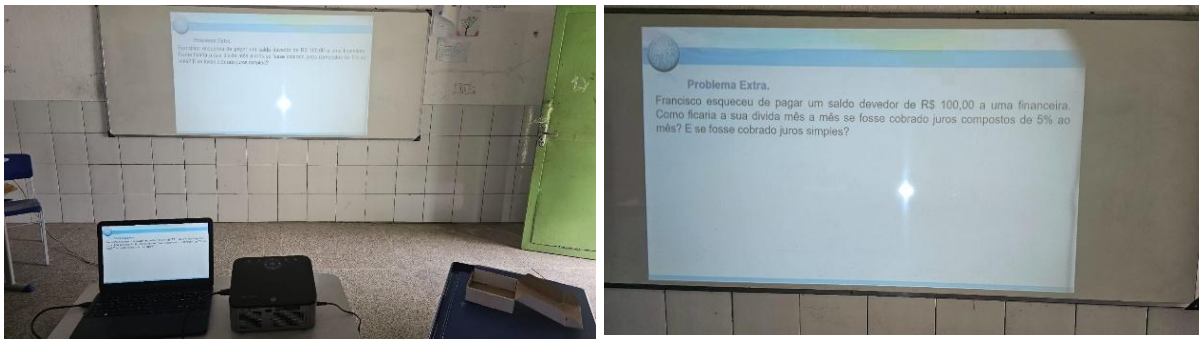
Para conclusão desta segunda etapa consistiu na formalização do conceito de funções exponenciais, utilizando a modelagem matemática como ferramenta pedagógica. Para tanto, realizou-se uma análise comparativa entre os regimes de capitalização: os juros simples, como exemplo de crescimento linear (função afim), e os juros compostos, representando o crescimento geométrico (função exponencial). As atividades representadas nas Figuras 12 e 13 permitiram aos estudantes constatar as taxas de variação e o comportamento gráfico de ambos os modelos em contextos práticos.

Figura 12 – Construindo gráficos com uso do aplicativo Geogebra



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 13 - Função Afim x Função Exponencial




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Na terceira etapa, com duração de 8h/a, investigando o potencial da modelagem matemática como estratégia para a compreensão de fenômenos exponenciais, utilizando oficinas práticas para analisar o comportamento da função em contextos diversos, como progressões geométricas, termodinâmica e farmacocinética. As oficinas pedagógicas foram organizadas em dois eixos temáticos distintos para proporcionar uma visão holística da aplicabilidade das funções exponenciais. O primeiro eixo abordou situações de crescimento explosivo através de problemas clássicos de contagem e potências de base 2, como o jogo da Torre de Hanói e a Lenda do Xadrez. O segundo eixo direcionou o olhar dos discentes para fenômenos de decrescimento exponencial, utilizando a modelagem da temperatura (Lei do Resfriamento de Newton) e a farmacocinética (absorção de fármacos). O Quadro 2 descreve as oficinas propostas de modelagem matemática permitindo que os estudantes compreendessem a função exponencial não apenas como uma fórmula abstrata, mas como um modelo capaz de descrever desde lendas ancestrais até processos vitais do corpo humano.

Quadro 2 - Oficinas de Modelagem

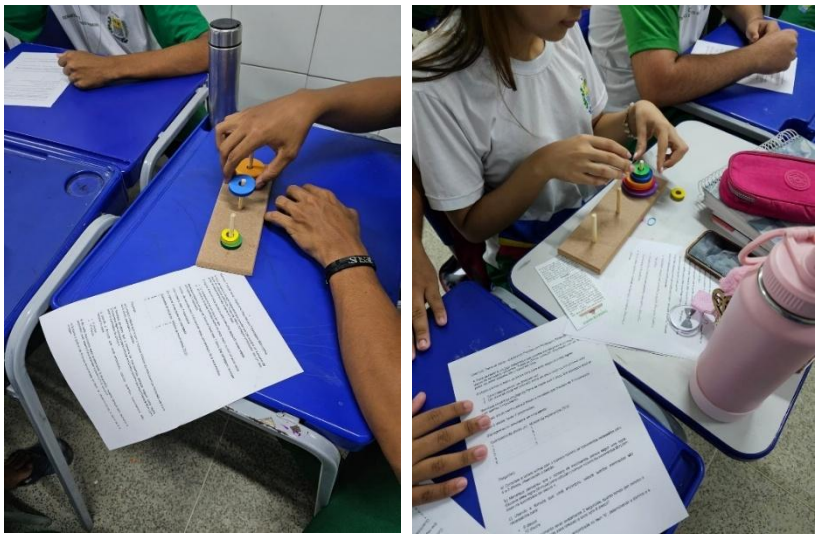
| Eixo Temático | Atividades | Conceito Matemático Chave |
|---|---|---|
| Crescimento Discreto | Torre de Hanói e Lenda do Xadrez | Potenciação, Base 2, Progressão Geométrica. |
| Decaimento Contínuo | Lei de Resfriamento de Newton e Absorção de Fármacos | Taxa de variação negativa, Decaimento percentual. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

O terceiro momento, conforme a Figura 14, foi iniciado de forma contextualizada com uma história sobre a Torre de Hanói, abordando a história do jogo, seu funcionamento e as estratégias para resolver com três pinos. Para este jogo a turma foi dividida em grupos e cada

grupo ficou com uma torre e cada estudante recebeu uma cópia da história e regras do jogo. E foi analisado o desenvolvimento das jogadas com o objetivo sempre em fazer em menor movimentos possíveis. Os estudantes também receberam uma tabela com a quantidade de discos para preencherem os resultados com o número mínimo de movimentos. Houve um momento de socialização das respostas e chegamos em um modelo matemático que mostrou como calculava para n discos com a quantidade mínima de movimentos. E ainda construíram o gráfico do modelo encontrado e por fim foram feitas indagações sobre o jogo.

Figura 14 – Oficina Torre de Hanói



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

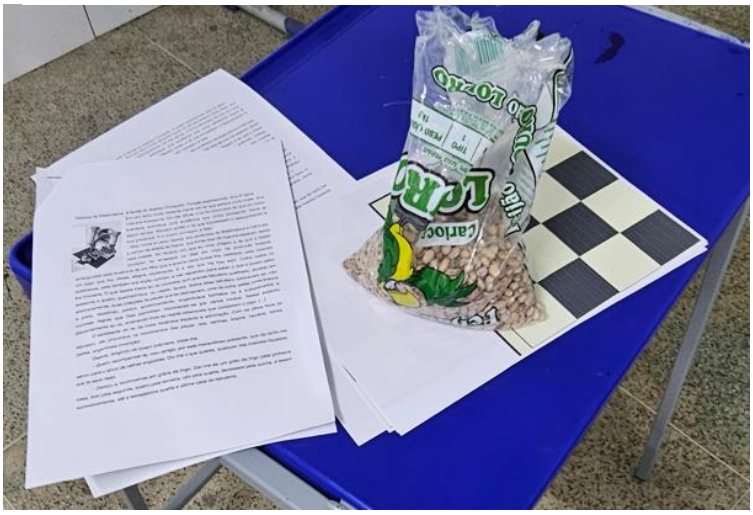
Com a conclusão da oficina sobre a Torre de Hanói, partiu-se para a próxima oficina, que foi a História do Xadrez, iniciando também de forma contextualizada com uma história que tem no livro "O homem que calculava" de Malba Tahan. Foi distribuída uma cópia dessa história para cada estudante. O nome da história é: "O Problema do Jogo de Xadrez", onde foram construídos tabuleiros de xadrez em sala de aula e substituímos os grãos de trigo por feijão, mostrando aos estudantes que a mente humana subestima o crescimento exponencial, onde o objetivo não é era contar uma história mas explorar as emoções e a surpresa que ela evoca, explorando a ideia de que a percepção muda drasticamente e o que parecia um crescimento linear de repente surge um crescimento exponencial, surgindo a seguinte indagação: será que eu preciso colocar todos os caroços de feijão para saber a quantidade exata de feijões? Desse modo, explorou-se o raciocínio lógico e interpretando o gráfico gerado pelo modelo matemático. Na tabela descreve exatamente os materiais usados durante a oficina. Na primeira aula, correspondeu à construção do tabuleiro e os questionamentos acerca da história da Lenda do Xadrez e na segunda aula, foi a validação através da modelagem matemática. As Figuras 15 e 16 ilustram o desenvolvimento da oficina.

Tabela 2 - Materiais para a lenda do Xadrez

| Materiais Necessários |
|---|
| Poster do desenho de um tabuleiro 2x2 |
| Régua |
| Cola |
| Feijões |
| Tesoura |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 15 – Feijão, substituindo os grãos de trigo



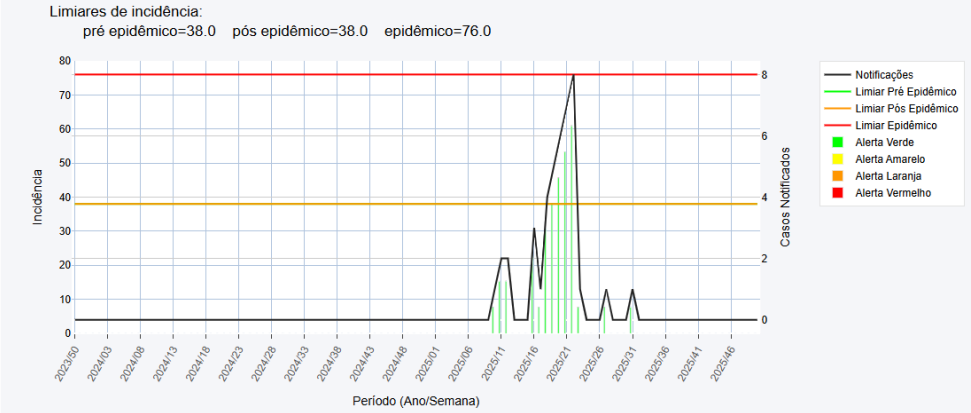
Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 16 – Oficina da Lenda do Xadrez

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Dando continuidade à sequência didática, após a análise da Lenda do Xadrez, a intervenção avançou para uma abordagem de modelagem fundamentada na realidade local. Utilizou-se a problemática do surto de dengue ocorrido na cidade de Palmeirais em 2025, com uma população de 13.156 habitantes, como cenário investigativo para o estudo de gráficos de uma função, baseada nas semanas, na taxa de incidência e a quantidade casos de dengue. Tomando como ponto de partida a crise epidemiológica de dengue em Palmeirais (2025), promoveu-se uma discussão sobre a absorção de fármacos no corpo humano. A utilização do GeoGebra e de planilhas permitiu a visualização dinâmica e gráfica da redução da concentração medicamentosa ao longo do tempo. O objetivo foi possibilitar ao estudante a relação das funções exponenciais com a prática da dosagem medicamentosa, interpretando as variáveis envolvidas no metabolismo humano de forma visual e interativa. A Figura 17 apresenta o comportamento da taxa de incidência e da quantidade de casos de dengue registrados em 2025.

Figura 17 – Print do gráfico da taxa de incidência e quantidade de casos de dengue




Fonte: info.dengue.mat.br/report/PI/2207504/202550.

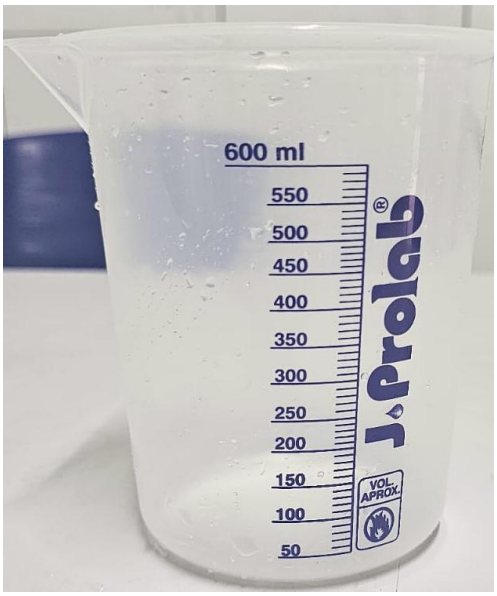
Como estratégia de sensibilização, foi exibido um recurso audiovisual na plataforma YouTube como mostra a figura 18, que abordava a farmacologia social, discutindo os riscos inerentes à automedicação, uso indiscriminado de fármacos e a importância da administração correta dos medicamentos. A atividade promoveu um debate crítico acerca da segurança do paciente sobre o uso racional, preparando o terreno para a análise matemática da permanência dessas substâncias no organismo. Além disso, buscou-se evidenciar a importância do cumprimento adequado das dosagens prescritas, relacionando conceitos farmacológicos ao estudo das funções exponenciais.

Figura 18 - Administração de medicamentos na hora certa porquê? por que tomar seu medicamento de 8 em 8 horas?

Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=6OUGWDOHsts.

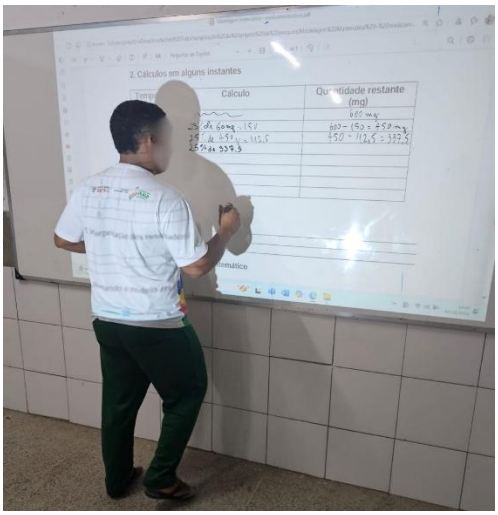
A aplicação prática da modelagem matemática iniciou-se com a seleção de um exemplo do cotidiano dos estudantes, no qual o medicamento era representado por um copo dosador de 600 ml, apresentada na Figura 19, e que foi preenchido com suco de uva, servindo como ponto de partida para a tradução da realidade em linguagem simbólica. A sala foi dividida em dez grupos, com dois ou três estudantes. Conforme apresentada na Figura 20, foi o momento que o processo permitiu que os discentes transitassem da observação empírica para a construção de um modelo matemático, utilizando a função exponencial para interpretar e prever o comportamento dos horários com o uso de medicamentos.

Figura 19 – Copo dosador de 600 ml




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 20 – Participação do estudante durante a devolutiva da oficina sobre o uso de medicamentos




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A conclusão da terceira etapa deu-se por meio de um experimento prático e sensorial para investigar a Lei de Resfriamento de Newton, como mostram as Figuras 21 e 22. Utilizando objetos simples do cotidiano: uma moeda, uma panela, um fogão elétrico, um termômetro infravermelho e um cronômetro, a sala de aula foi convertida em um espaço de investigação científica. O procedimento consistiu em aquecer a moeda para, em seguida, monitorar a curva de decaimento de sua temperatura após ser retirada da água no momento de ebulição. O objetivo desta oficina foi permitir que os estudantes modelem matematicamente a velocidade com que o metal perde calor para o ambiente, utilizando a função exponencial para descrever esse fenômeno.

Figura 21 – Registro do estágio de aquecimento da moeda durante a aplicação da sequência

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 22 - Uso de termômetro infravermelho e cronômetro digital na coleta de dados para modelagem matemática.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A quarta e última etapa desta pesquisa consistiu na aplicação do pós-teste, um instrumento de avaliação somativa estruturada para mensurar os avanços cognitivos dos estudantes após as oficinas de modelagem. O objetivo foi avaliar a evolução da aprendizagem e a consolidação dos conceitos de funções exponenciais após a intervenção pedagógica, comparando os níveis de proficiência e a capacidade de argumentação matemática dos estudantes com os resultados obtidos na etapa inicial. O instrumento foi segmentado em duas frentes complementares:

1. Avaliação Quantitativa (Objetiva): Composta por dez questões de múltipla escolha, focadas no domínio de propriedades, resolução de equações e interpretação de gráficos, visando uma análise estatística do desempenho da turma.
2. Avaliação Qualitativa (Subjetiva): Constituída por seis questões discursivas que exigiam a elaboração de modelos matemáticos para situações-problema. O intuito desta parte foi analisar a qualidade dos registros e a maturidade do raciocínio lógico-matemático dos estudantes.

A Figura 23 ilustra a realização do teste final, aplicado em sala de aula, em um momento reservado apenas para isso. O objetivo foi deixar os estudantes à vontade para mostrarem, por conta própria, tudo o que aprenderam durante as oficinas e as aulas. Assim, pudemos ver como eles usaram o conhecimento que construíram para resolver os problemas sozinhos.

Figura 23 – Aplicação do pós-teste

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A seguir, apresentaremos a Análise e Discussão dos Resultados, no qual os dados coletados no pré-testes e no pós-testes, bem como as observações feitas durante as oficinas, serão detalhados e confrontados. Este próximo capítulo permitirá visualizar o progresso da turma e entender como a modelagem matemática auxiliou na superação das dificuldades encontradas inicialmente.

# 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo é apresentado para a exposição, análise e discussão dos dados encontrados na realização da sequência didática sobre funções exponenciais. A investigação do desempenho pretendeu ir além do nível quantitativo, focando na percepção de como as atividades de modelagem matemática ajudaram na construção do conhecimento. Para tanto, os resultados foram organizados à luz de um comparativo de pré-testes e pós-testes, de modo a permitir a identificação da progressão nas habilidades de interpretação, e em seguida será discutido o impacto de cada oficina e, por fim, a consolidação do aprendizado observado no pós-teste.

## 4.1 ANÁLISE DO RESULTADO DO PRÉ-TESTE

Nesta seção foi realizado o momento inicial com os estudantes. Todos já estavam cientes de que iriam realizar uma avaliação diagnóstica da aprendizagem e da relevância do empenho individual para a realização da atividade. O pré-teste foi realizado em duas aulas, totalizando 120 minutos, sem auxílio externo ou consultas a materiais de pesquisa.

### 4.1.1 Diagnóstico Inicial: O Pré-Teste

O pré-teste foi realizado por 25 estudantes, composto por seis questões subjetivas e quatro questões objetivas, cujo objetivo principal era só analisar os acertos, mas também os erros e o que não sabiam. Foram verificados os conhecimentos prévios, mapeando as dificuldades iniciais dos estudantes antes das oficinas de modelagem.

A seguir, o Quadro 3 descreve o objetivo de cada questão para a análise dos resultados.

Quadro 3 - Descrição do pré-teste

| Questões | Descrição | Objetivo |
|---|---|---|
| Exercício 1.1 | Gráfico $g(x) = 2^x$ | Verificar se o estudante consegue realizar a leitura de pontos em um plano cartesiano e se compreende a relação entre domínio e imagem em uma função exponencial básica. |
| Exercício 1.2 | Funções $f(x) = Aa^x$ | Avaliar a capacidade de determinar a lei de formação a partir de pontos do gráfico e a compreensão do comportamento da função (crescente vs. decrescente) |
| Exercício 1.3 | Funções $g(x) = A^x$ | |
| Exercício 1.4 | Estudo de bactérias | Analisar a habilidade de resolver equações exponenciais aplicadas a contextos biológicos e a substituição de valores numéricos na fórmula. |
| Exercício 1.5 | Estudo de caprinos | |
| Exercício 1.6 | Freada do Automóvel | Testar a percepção de uma progressão geométrica (metade da distância anterior) como um modelo de decaimento, preparando o terreno para a futura oficina de medicamentos. |
| Exercício 1.7 | Concentração de Medicamento | Identificar se o aluno reconhece o modelo exponencial em tabelas e gráficos comparando-o com funções afins e quadráticas. |
| Exercício 1.8 | | |
| Exercício 1.9 | Juros Compostos | Verificar o conhecimento prévio sobre matemática financeira, que é uma das aplicações mais comuns do crescimento exponencial. |
| Exercício 1.10 | Autoavaliação | Coletar a percepção subjetiva do estudante sobre suas próprias barreiras. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

### 4.1.2 Análise da Representação Gráfica e Algébrica

No Exercício 1.1, uma questão discursiva com três itens, observou-se que nos três itens 44% dos estudantes não responderam, 56% responderam de forma parcial, e não houve nenhum estudante que conseguiu fazer o esboço do item c) da função exponencial $g(x) = 10^x$. Em relação ao Exercício 1.2, com dois itens discursivos, constatou-se que 60% não responderam os dois itens, 40% responderam ao item a), que era para localizar as coordenadas no plano cartesiano e o item b) não recebeu respostas, que consistia em determinar a função $f(x) = Aa^x$. A outra questão foi o Exercício 1.3, uma questão discursiva com cinco itens, o resultado foi que 80% não responderam a nenhum item e apenas 20% resolveram parcialmente alguns dos itens. Logo a maioria dos estudantes teve dificuldade em identificar as coordenadas básicas, o que justifica a necessidade da oficina de nivelamento sobre plano cartesiano.

### 4.1.3 Análise da Modelagem de Fenômenos Reais

Com base na análise dos exercícios (1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8 e 1.9), investigou-se a capacidade de modelagem dos estudantes nas questões. Iniciando pelo Exercício 1.4, questão subjetiva, observou-se que 64% não responderam, 28% responderam parcialmente, alguns resolvendo como se fosse uma função afim e outros fazendo confusão com a potenciação. Apenas 8% dos estudantes resolveram corretamente.

Ao analisar o Exercício 1.5, que é uma questão que requer a substituição da letra t por 6 para determinar a população, em milhares, de caprinos e ovinos, chegou-se ao seguinte resultado: 72% não responderam, 4% responderam parcialmente e 24% responderam de forma correta.

O Exercício 1.6, questão objetiva, temos algo curioso que foi que 24% dos estudantes não assinalaram nenhuma alternativa, embora a questão fosse objetiva, o relato foi que não adiantava marcar sem saber fazer os cálculos. Ainda tivemos 12% que marcaram o item errado e 64% acertaram ao item correto fazendo os cálculos. Nos Exercícios 1.7 e 1.8, questão subjetiva e objetiva respectivamente, tivemos os seguintes resultados, conforme o Quadro 4.

Quadro 4 - Resultodo dos execicios 1.7 e 1.8

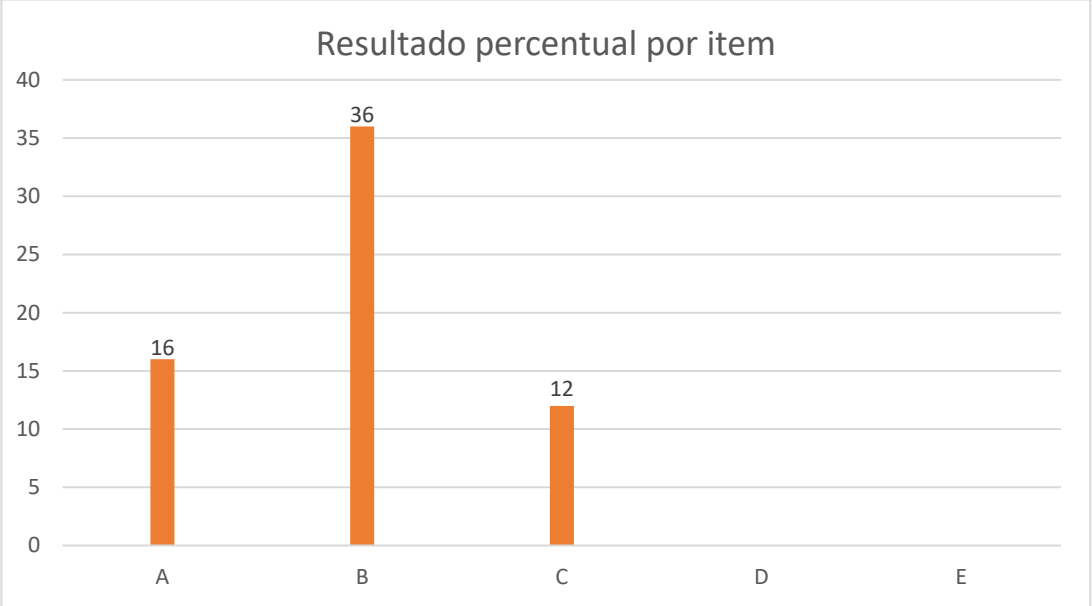
| Exercícios | Não responderam | Responderam errado | Responderam correto |
|---|---|---|---|
| 1.7 | 64% | 4% | 32% |
| 1.8 | 56% | 32% | 12% |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Os resultados descritos no Quadro 5 nos revelam que os 32% que responderam incorretamente ao Exercício 1.8, não conseguiram fazer a associação do gráfico com a função. Alguns associaram o gráfico a uma função afim, outros a uma função exponencial crescente e por fim com uma função quadrática. Demonstrando assim o fato de que a imagem e o conceito de uma função exponencial fosse algo desconhecido para eles.

Outra questão objetiva foi o Exercício 1.9, que se relacionava com à matemática financeira, uma questão de juros compostos. Tivemos os seguintes resultados: 36% não marcaram nenhum item, 48% marcaram errado e 16% acertaram. A seguir, o Gráfico 1 apresenta os resultados de cada item.

Gráfico 1 – Resultado percentual do Exercício 1.9




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

De acordo com o Gráfico 1, observa-se que 6% dos estudantes assinalaram a alternativa correta referente ao cálculo dos juros compostos. Observou-se a presença de um distrator, onde 36% realizaram corretamente os cálculos, mas como se fosse uma questão de juros simples. Na própria questão deixa bem claro que é uma questão de juros compostos, porém eles calcularam os juros simples e somaram os juros ao capital inicial chegando ao item b).

### 4.1.4 Análise das Dificuldades Autodeclaradas

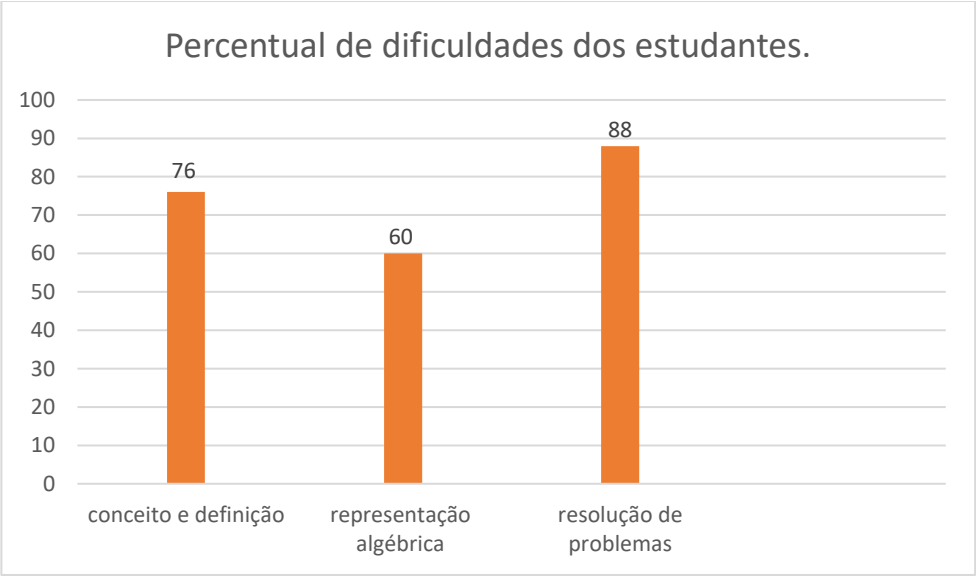
No Exercício 1.10, investigou-se, de forma objetiva, a percepção dos estudantes quanto às dificuldades relacionadas ao conteúdo de função exponencial, considerando os seguintes aspectos: conceito e definição, representação algébrica e resolução de problemas. Os resultados obtidos indicam que todos os estudantes participantes afirmaram apresentar dificuldades em pelo menos um desses quesitos.

Além disso, ao serem solicitados a especificar em quais aspectos apresentavam maior dificuldade, observou-se uma distribuição variada entre os itens propostos. Conforme ilustrado no Gráfico 2, apresentam os percentuais correspondentes a cada uma dessas dificuldades, permitindo uma análise mais detalhada do desempenho dos estudantes.

Essa evidência revela que as fragilidades não se concentram em um único aspecto, mas abrangem diferentes dimensões do conteúdo, o que sugere lacunas no processo de ensino-

aprendizagem. Dessa forma, tais resultados reforçam a necessidade de estratégias pedagógicas que abordem o conteúdo de maneira mais integrada e significativa.

Gráfico 2 – Resultado percentual de dificuldades do Exercicio 1.10




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Os estudantes que marcaram o item sobre conceitos e definição disseram que sentem dificuldades em compreender o que é uma função exponencial, aplicar a definição nas questões e não sabem diferenciar a função exponencial de outras funções, como funções afim, quadrática e logarítmica.

Os estudantes que marcaram o item sobre representação algébrica disseram que sentem dificuldades em compreender o significado dos coeficientes na construção dos gráficos, determinar a função exponencial a partir de dois pontos  e substituir os valores na função exponencial. Já em relação à resolução de problemas, muitos disseram que não sabem determinar uma função exponencial a partir de um problema, outros não sabem aplicar a função exponencial na resolução de situações-problema e por fim não sabem verificar, por meio da solução encontrada, se o modelo obtido representa adequadamente o problema original. Os resultados do pré-teste revelaram um cenário de fragilidades conceituais acentuadas, no qual 88% dos estudantes admitiram enfrentar sérias dificuldades na resolução de problemas envolvendo funções exponenciais. A maioria falhou na leitura básica de gráficos e na identificação de coordenadas simples e transpor fenômenos biológicos e financeiros para leis de formação matemática.

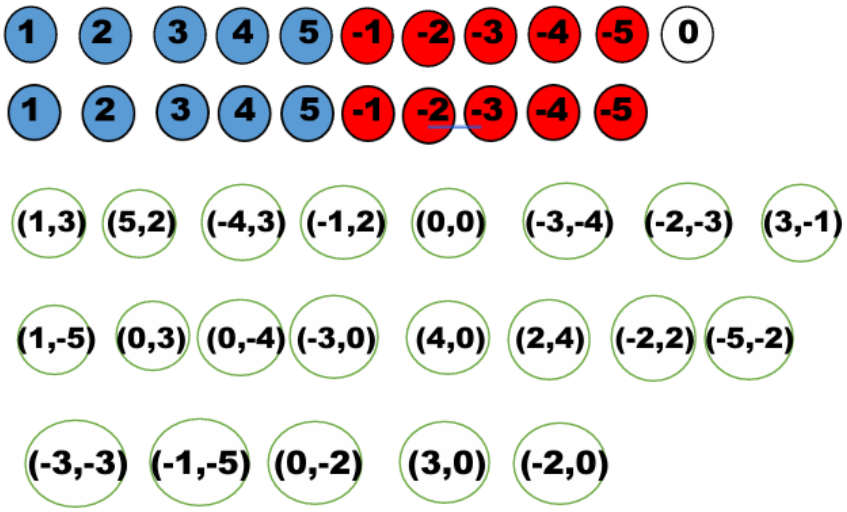
## 4.2 OFICINAS SOBRE CONTEÚDOS MATEMÁTICOS

A ideia foi preparar os estudantes para as próximas oficinas com situações-problema, nas quais os 25 estudantes vivenciaram atividades de modelagem matemática envolvendo funções exponenciais. Nesta seção, são enfatizados os conteúdos de coordenadas no plano cartesiano, potenciação, funções exponenciais e a diferenciação da função exponencial com outras funções.

### 4.2.1 Modelando o Plano Cartesiano

A primeira oficina teve como objetivo localizar pares ordenados no plano cartesiano. Para isso, os estudantes, divididos em grupos construíram um plano cartesiano utilizando quatro cartelas de ovos, sendo cada uma delas destinada à representação de um quadrante. Realizaram os cortes necessários em cada cartela para que elas se encaixassem. Foram coladas com cola quente e as tampas eram para localizar os pontos nas cartelas de ovos. Nas tampas de refrigerante e nos relevos das cartelas foram coladas identificações contendo a numeração dos eixos e os pares ordenados conforme a Figura 24.

Figura 24 – Modelo para colar nas tampas e nos eixos cartesianos




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A oficina mostrou-se satisfatória, transformando um conceito abstrato em um objeto tátil, os estudantes não eram mais espectadores de gráficos em livros, mas construtores de um plano cartesiano. Por meio da análise desta oficina, os resultados sugerem que a experiência de brincar com as tampinhas tornou mais fácil ver a relação entre o entre domínio e imagem, bem

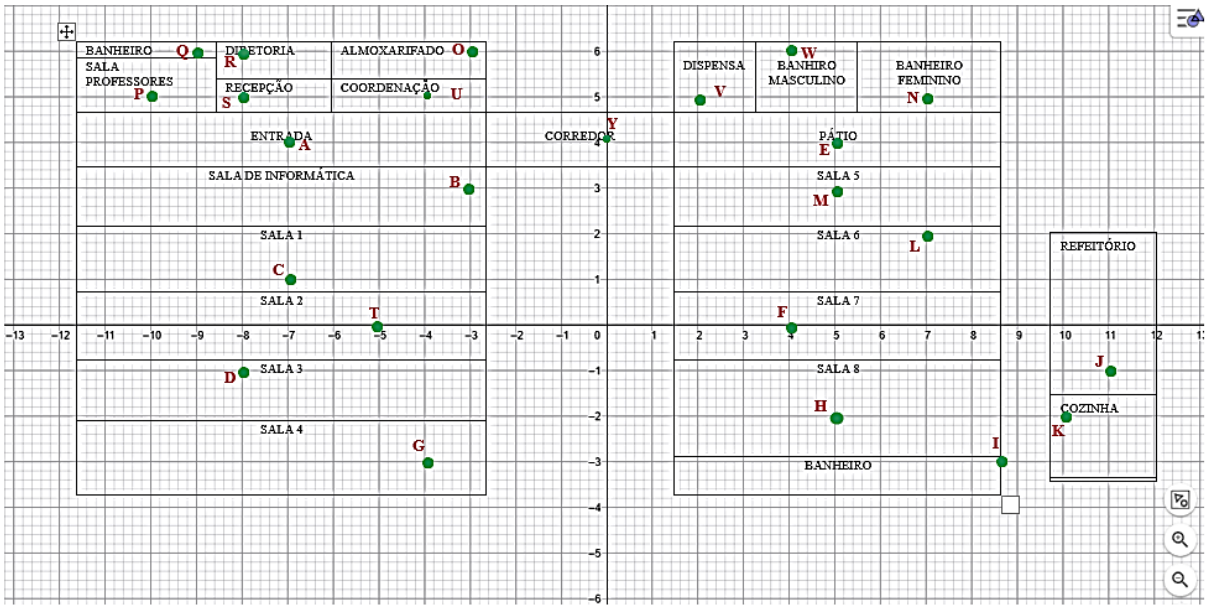
como entre abscissa e ordenada, estudo e preparação para a função exponencial que veria a seguir. A Figura 25 apresenta os grupos realizando a oficina.

Figura 25 – Trabalhando o plano cartesiano

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Para deixar a aula mais atrativa, foi trabalhado o plano cartesiano de forma virtual, com jogos na internet. Cada estudante participou de forma individual, mostrando, assim, protagonismo durante o processo de ensino. Em seguida, para finalizar, foi proposta uma atividade sobre as coordenadas cartesianas com algo que os estudantes conhecem com muita propriedade que era a própria escola. Foi desenhada uma planta baixa da escola junto com plano cartesiano, com o objetivo de associar as coordenadas a cada local da escola. A Figura 26 apresenta a atividade proposta aos estudantes.

Figura 26 – Ilustração da planta baixa da escola associada ao plano cartesiano

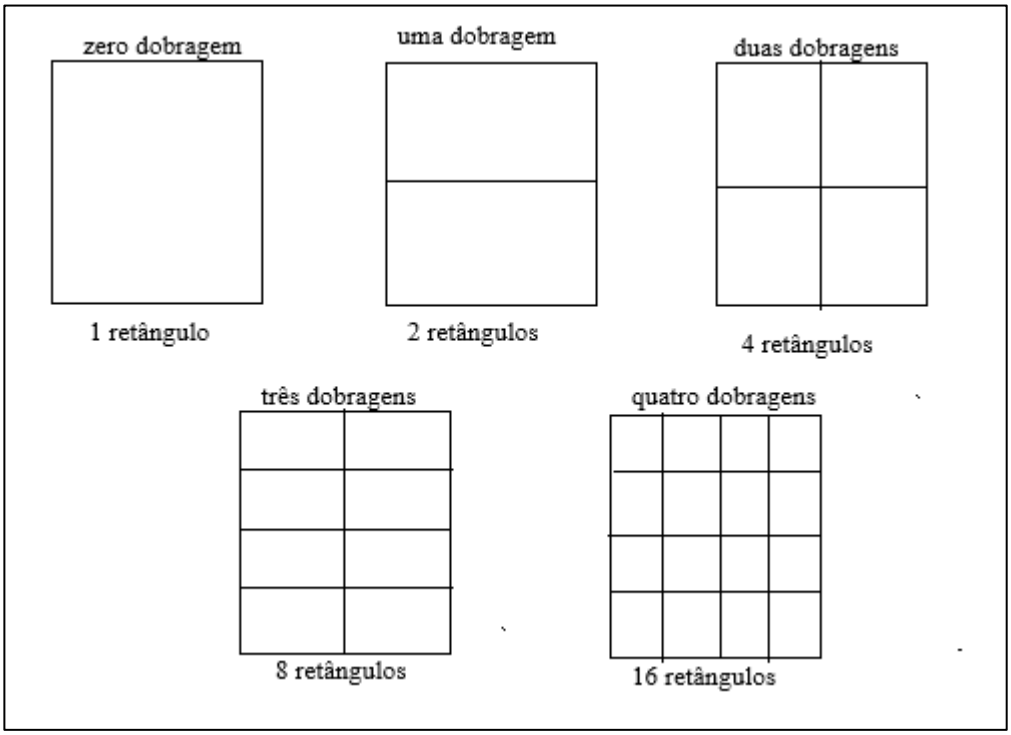



Fonte: Elaborada pelo autor 2026.

### 4.2.2 Trabalhando Potenciação com Papel A4

Para iniciar o estudo da potenciação, foi realizada de forma prática, como ilustra a Figura 27, utilizando uma folha A4. Cada estudante recebeu uma folha, e foram feitos alguns questionamentos: o estudante olhando para a folha sem dobrar, foi perguntado quantos retângulos estavam vendo? Se dobrarmos ao meio, quantos retângulos? Se dobramos novamente ao meio, quantos retângulos? E assim sucessivamente. Alguns estudantes conseguiram associar as dobragens com a base dois pois sempre dobravam ao meio. A Primeira conclusão foi que a base era dois, então se não dobrarmos nenhuma vez vamos ter um retângulo. Então perguntamos qual seria o expoente se o papel não fosse dobrado? A resposta foi unânime, responderam zero, logo é dois elevado a zero é um. Quando dobraram uma vez ao meio, todos falaram que obtiveram dois retângulos, logo é dois elevado a um é dois. Em seguida, dobraram pela segunda vez, abriram a folha e estavam em destaque quatro retângulos, logo é dois elevado ao quadrado. Foi pedido que dobrassem pela terceira vez, abriram o papel e contaram oito retângulos, que é dois elevado ao cubo. Portanto chegaram a um modelo matemático $N = 2^x$, onde $N$ representa a quantidade de retângulos e $x$ o número de dobras no papel A4.

Figura 27 – Potenciação com dobraduras




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

### 4.2.3 Trabalhando Funções com Uso do Aplicativo GeoGebra

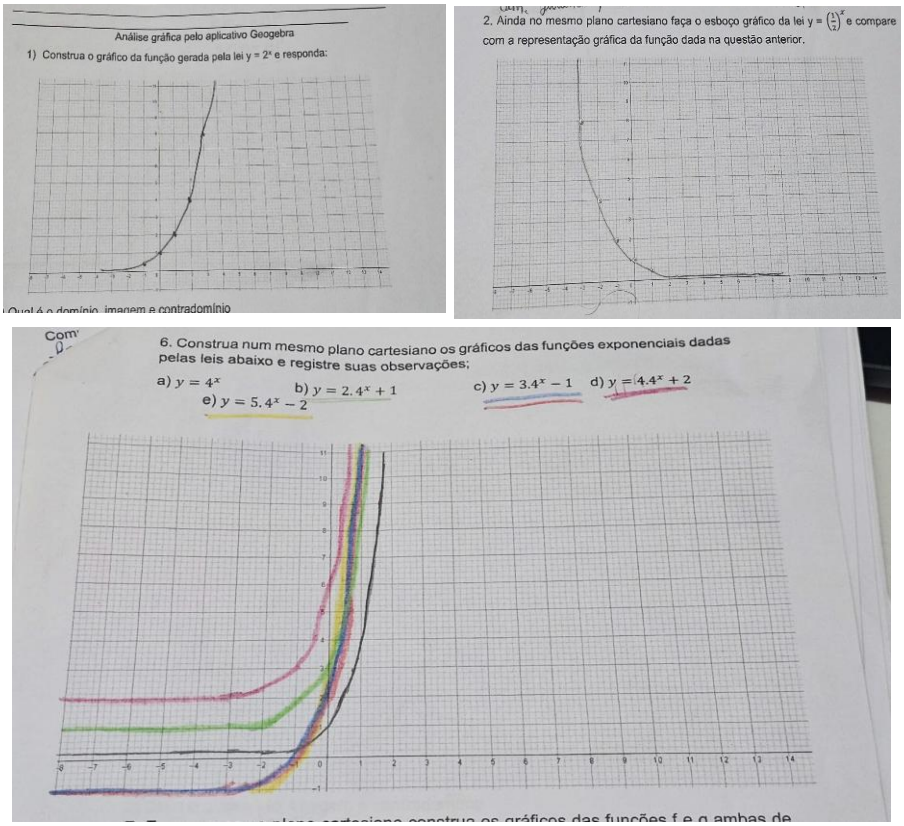
Foi utilizado por cada estudante, durante as oficinas seus próprios celulares como uma ferramenta de modelagem na construção de gráficos no plano cartesiano. Esta fase da análise qualitativa permitiu que os estudantes, através do software visualizassem, em tempo real, as variações das funções, desde funções afins até funções exponenciais. O uso do dispositivo móvel pessoal propiciou um clima de protagonismo, em que o erro passou a fazer parte do processo investigativo, possibilitando que os estudantes testassem hipóteses e observassem o comportamento dos gráficos com as mudanças de bases e expoentes.

Nas oficinas de funções exponenciais, ainda com ajuda do GeoGebra, os estudantes fizeram uma atividade com várias variações de gráficos de funções exponenciais. Eles relataram que puderam perceber quando adicionavam ou subtraíam uma unidade à função ou ainda fazendo a inversão da base, os gráficos tinham mudanças interessantes, compreendendo de forma intuitiva, a diferença entre o crescimento e o decaimento, algo que no papel parecia puramente abstrato, desenvolvendo a habilidade da BNCC (EM13MAT403), que diz:

> 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. (Brasil,2018, p. 539)

Outro fato interessante foi que relataram a possibilidade de “dar zoom” e a ferramenta "player" da animação para analisar o comportamento do gráfico usando o movimento pelo toque sobre o controle deslizante e ainda exploraram os eixos que facilitaram a compreensão de conceitos complexos, como a assíntota, tornando o aprendizado mais significativo e menos dependente da memorização de fórmulas. A Figura 28 retrata o momento em que foi trabalhado o GeoGebra nas construções dos gráficos.

Figura 28 – Trabalhando gráficos com geogebra




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Dessa forma, a análise qualitativa indica que a inserção do GeoGebra mediou a transição do pensamento aritmético para o algébrico. Os relatos dos estudantes convergem para a ideia de que a função exponencial tornou-se palpável, preenchendo as lacunas de representação algébrica que o pré-teste havia evidenciado.

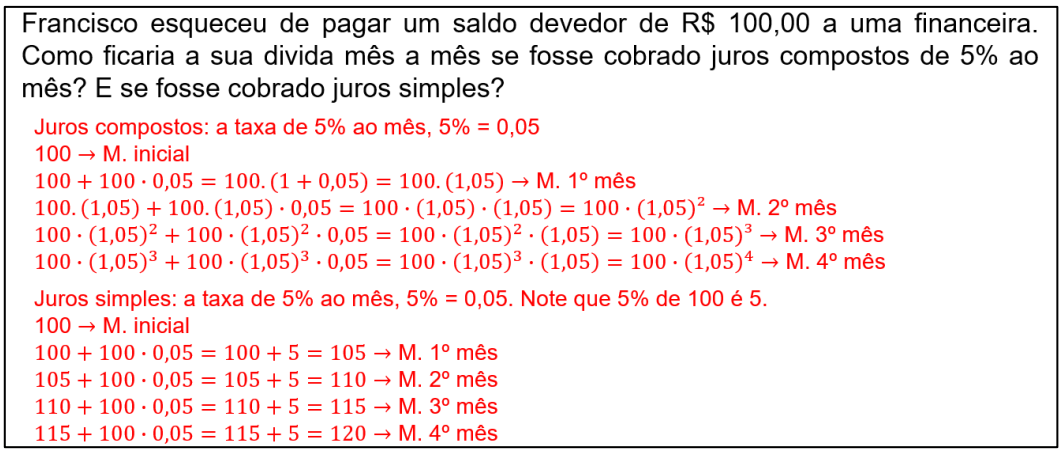
### 4.2.4 Função Afim ou Função Exponencial

Foram utilizados dois exemplos simples que já vivenciaram ou ainda vão passar por esses exemplos no cotidiano. Foram exemplos de juros simples e o outro de juros compostos. No contexto utilizamos os mesmos valores, mas um era simples e o outro composto. Ao confrontarem as duas situações, os estudantes relataram surpresa com a velocidade de crescimento dos juros compostos em relação aos simples. Eles puderam perceber que, embora a diferença inicial pareça insignificante, o caráter “juros sobre juros” cria uma curva de acumulação que se distancia drasticamente da reta dos juros simples. Eles desenvolveram a habilidade EM13MAT303 capacidade de "interpretar e comparar situações que envolvam variáveis crescentes ou decrescentes, incluindo as que envolvem juros simples e compostos, por meio de representações gráficas" (Brasil, 2018, p. 536) e tivemos ainda a habilidade EM13MAT203 que era:

> aplicar conceitos matemáticos no planejamento, na execução e na análise de ações envolvendo a utilização de aplicativos e a criação de planilhas (para o controle de orçamento familiar, simuladores de cálculos de juros simples e compostos, entre outros), para tomar decisões. (Brasil, 2018, p. 534)

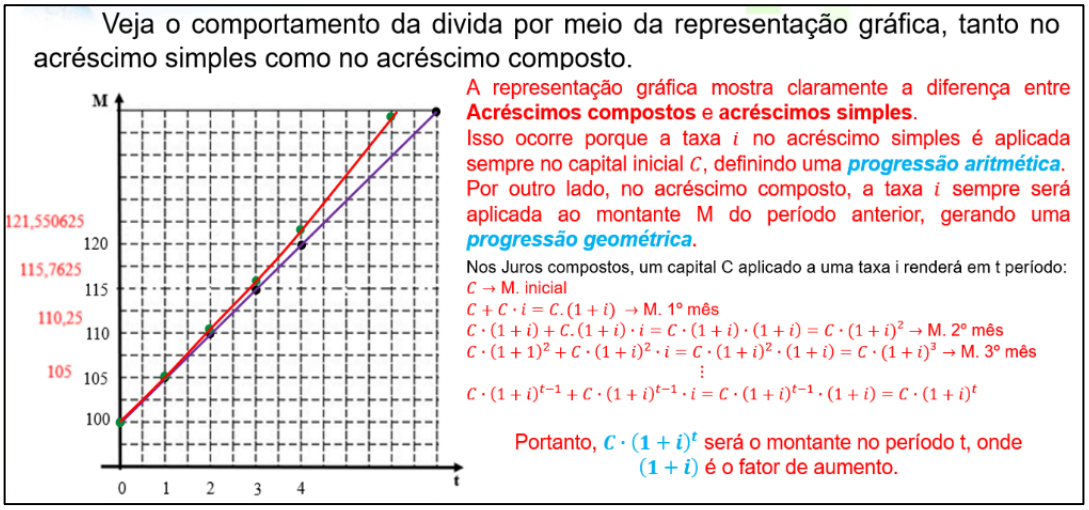
Esse momento foi crucial para que compreendessem, na prática, o conceito de crescimento exponencial. Outros relatos indicaram que não sabiam que as funções exponenciais estavam associadas nas dívidas e investimentos. As Figuras 29 e 30 apresentam resoluções e os gráficos dos juros compostos e simples associados respectivamente às funções exponenciais e afins.

Figura 29 – Print mostrando a diferença de uma função exponencial e afim




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 30 – Print dos gráficos de uma função afim e exponencial




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

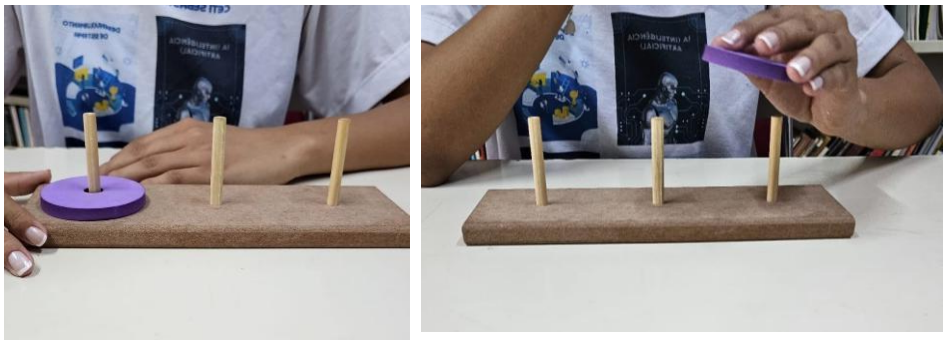
## 4.3 FAZENDO MODELAGEM MATEMÁTICA COM A FUNÇÃO EXPONENCIAL

De acordo com a sequência didática proposta, esta seção apresenta quatro oficinas com uso da modelagem para o estudo das funções exponenciais. As duas primeiras oficinas apresentam duas características em comum: o gráfico em relação ao crescimento e as narrativas baseadas em lendas. As outras duas oficinas também apresentam gráficos que representam decaimento exponencial e são equações diferenciais de primeira ordem.

### 4.3.1 Oficina com a Torre de Hanói

Para a realização da oficina com Torre de Hanói, os estudantes receberam as instruções e regra do jogo. Segundo Ferreira e Oliveira (2023), o objetivo do jogo é transferir a pilha de discos do pino inicial, onde se encontra, para o pino livre na outra extremidade da base, usando as regras a seguir: apenas um disco pode ser movido por vez; nenhum disco pode ficar em cima de um de raio menor; apenas o disco do topo pode ser movido. Eles ficaram à vontade para transferir os discos que estavam em uma extremidade para outra extremidade, com o mínimo de movimentos possíveis. As sequências de imagens a seguir (Figuras 31, 32, 33, 34 e 35) descrevem o momento para definir como transferir a pilha de discos de uma extremidade para outra no número mínimo possível de movimentos, começamos com um disco depois com dois, em seguida com três, depois quatro e por fim, cinco discos. Foi um momento de descoberta e os erros ganhavam mais destaque do que os acertos, recomeçando os movimentos para chegar ao objetivo do jogo.

Figura 31 – Torre de Hanói com um disco



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 32- Torre de Hanói com dois discos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 33 - Torre de Hanói com três discos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 34 - Torre de Hanói com quatro discos

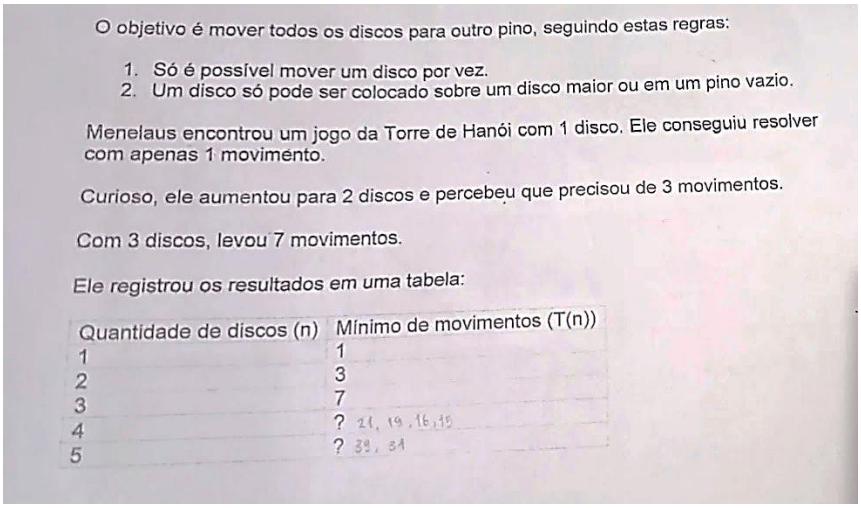
Fonte: Elaborado pelo autor, 2026

Figura 35 - Torre de Hanói com cinco discos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Durante o jogo, já foi dito que com um disco, era necessário apenas um movimento. Com dois discos, três movimentos e com três discos, sete movimentos. Foi proposto que eles determinassem o número de movimentos com quatro e cinco discos. Observou-se que nenhum dos cinco grupos obteve êxito na resolução inicial da atividade, a qual propunha identificar um padrão e determinar os resultados sem a realização de cálculos diretos. Nesse contexto, esperava-se que os estudantes explorassem padrões por meio da modelagem matemática. Conforme ilustrado na Figura 36, a dificuldade apresentada evidencia limitações na identificação de regularidades e na utilização de estratégias investigativas, indicando a necessidade de maior familiaridade com abordagens que valorizem o reconhecimento de padrões em detrimento de procedimentos puramente algorítmicos.

Figura 36 – Quantidade mínima de movimento com quatro e cinco discos



O objetivo é mover todos os discos para outro pino, seguindo estas regras:

1. Só é possível mover um disco por vez.
2. Um disco só pode ser colocado sobre um disco maior ou em um pino vazio.

Menelaus encontrou um jogo da Torre de Hanói com 1 disco. Ele conseguiu resolver com apenas 1 movimento.

Curioso, ele aumentou para 2 discos e percebeu que precisou de 3 movimentos.

Com 3 discos, levou 7 movimentos.

Ele registrou os resultados em uma tabela:

| Quantidade de discos (n) | Mínimo de movimentos (T(n)) |
|---|---|
| 1 | 1 |
| 2 | 3 |
| 3 | 7 |
| 4 | ? 21, 19, 16, 15 |
| 5 | ? 39, 31 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A Figura 36 representou o trabalho de um grupo que, para quatro discos, conseguiu na primeira vez 21 movimentos, na segunda tentativa 19 movimentos, na terceira 16 movimentos e foi na quarta tentativa que conseguiram 15 movimentos, que era o número mínimo de movimentos. Para os cinco discos era para ser mais difícil, mas eles perceberam alguns padrões, na primeira tentativa foram 39 movimentos e na segunda tentativa acertaram, 31 movimentos. Conforme destaca Smole, Diniz e Milani (2007, p. 10), "o erro é uma consideração importante a ser trabalhada, sendo que o jogo reduz a consequência dos erros e dos fracassos do jogador, permitindo que ele desenvolva iniciativa, autoconfiança e autonomia".

Com a tabela completada que está descrita na Tabela 3, os estudantes foram desafiados a determinar um modelo capaz de calcular a quantidade mínima de movimentos sem a necessidade de realizar o jogo. Dos cinco grupos tivemos dois grupos que perceberam que os resultados mínimos de movimentos eram números antecessores de potência de base dois, sendo a quantidade de discos era o expoente.

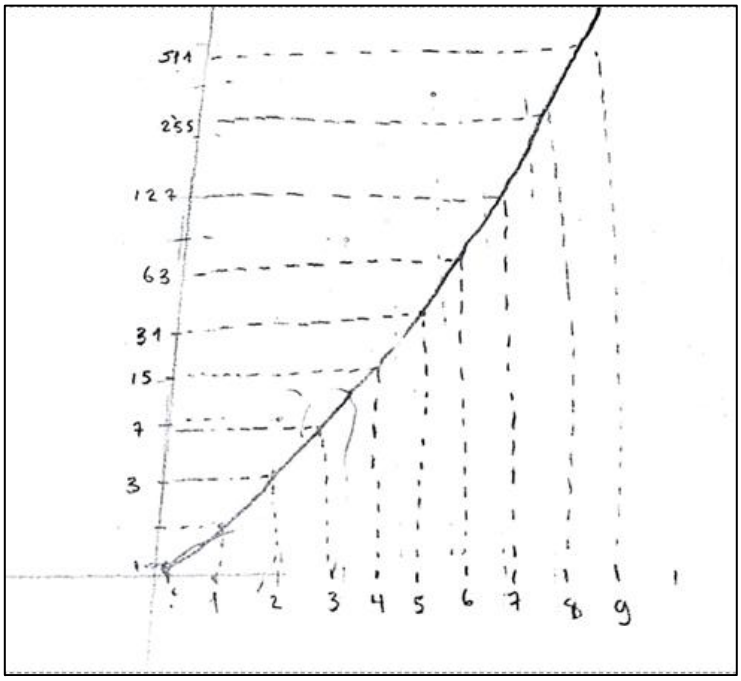
Tabela 3 - Modelando a quantidade mínima de movimentos

| Quantidade de discos | Números mínimos de movimentos |
|---|---|
| 1 | $2^1 - 1 = 1$ |
| 2 | $2^2 - 1 = 3$ |
| 3 | $2^3 - 1 = 7$ |
| 4 | $2^4 - 1 = 15$ |
| 5 | $2^5 - 1 = 31$ |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Com os dados organizados na Tabela 3, tornou-se mais fácil determinar o número mínimo de movimentos para qualquer quantidade n de discos. Logo o modelo matemático para determinar o número de movimentos de discos foi $T_n = 2^n - 1$, onde $T_n$ representa o número mínimo de movimentos e $n$ representa o número de discos. A partir desse modelo, os estudantes determinaram a quantidade mínima de movimentos de 6 a 10 discos. A partir das quantidades de movimentos obtidas, os estudantes construíram o gráfico correspondente, conforme apresentado na Figura 37, o qual possibilitou a identificação do modelo matemático associado ao fenômeno. Observa-se que a representação gráfica contribuiu para a visualização do padrão de crescimento, favorecendo a compreensão da estrutura exponencial envolvida.

Figura 37 – Gráfico do modelo $T(n) = 2^n - 1$.




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Ao observar o engajamento dos estudantes na oficina da Torre de Hanói, notou-se que a busca pela lei de formação dos movimentos não foi apenas uma tarefa técnica. Como aponta Bassanezi (2015):

> O uso de modelagem no processo de ensino-aprendizagem propicia a oportunidade de exercer a criatividade não somente em relações as aplicações das habilidades matemáticas, mas, principalmente, na formulação de problemas originais uma etapa tão estimulante quanto a da resolução. (Bassanezi, 2015, p.12)

Os estudantes deixaram de ser receptores da função exponencial para se tornarem seus descobridores. Dessa forma, conclui-se a oficina com a Torre de Hanói, na qual os estudantes utilizaram estratégias, pois à medida que os discos aumentavam, surgia a necessidade de identificar um padrão. Além disso, por meio da análise do gráfico, perceberam que o número de movimentos crescia muito rápido, ou seja, apresentava comportamento exponencial.

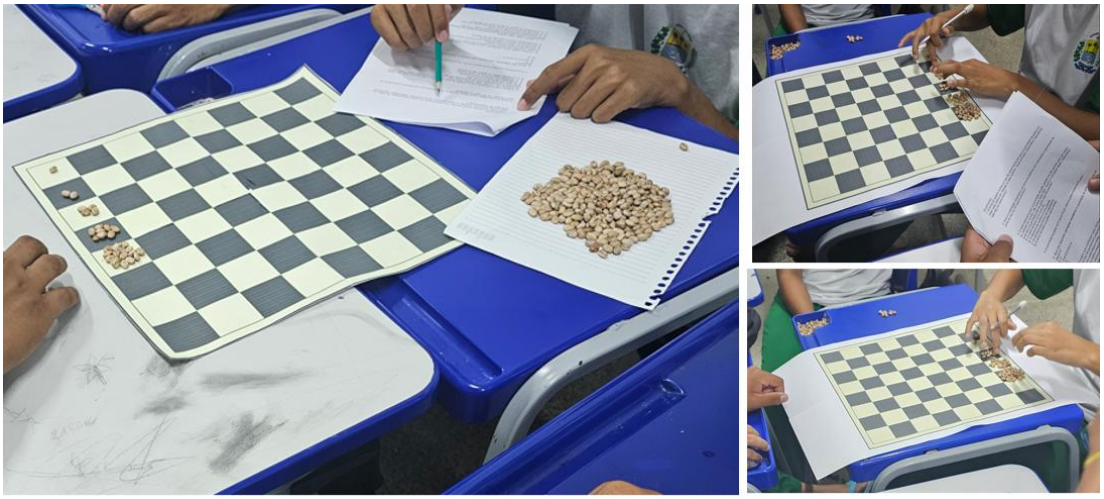
### 4.3.2 Oficina com a Lenda do Xadrez

Os experimentos foram feitos exclusivamente pelos estudantes, garantindo o processo fidedigno e real. Todo este processo, os resultados após a montagem, a colagem, a distribuição da quantidade de feijões em cada casa do tabuleiro, comprovam a importância da modelagem matemática para o desenvolvimento do aluno e estão devidamente alinhada com à BNCC com a seguinte habilidade EM13MAT508 que destaca em seu texto: Identificar e associar sequências numéricas (PG) a funções exponenciais de domínios discretos para análise de propriedades, incluindo dedução de algumas fórmulas e resolução de problemas. (Brasil, 2018, p. 541). As Figuras 38 e 39 ilustram a oficina da lenda do xadrez.

Figura 38 - Fazendo associação com uma função exponencial

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 39 - Fazendo a investigação com o uso de feijões



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Segundo Tahan (2023), o tabuleiro apresentado por Sessa ao Rei Iadava era quadrangular, composto por 64 divisões idênticas. O jogo utilizava dois conjuntos de peças de cores opostas que, apesar de visualmente distintas, possuíam funções simétricas e seguiam normas específicas de movimentação e estratégia. De acordo com a história da Lenda do Xadrez, deveria ser colocado um grão de trigo na primeira casa, dois na segunda, quatro na terceira, oito na quarta, dezesseis na quinta casa e assim dobrando sucessivamente conforme apresentado na Figura 38. A Tabela 4, a seguir, descreve a quantidade de feijões por casa.

Tabela 4 - Quantidade de feijões por casa

| Casas do tabuleiro | Quantidade de feijões por casa |
|---|---|
| 1ª | 1 |
| 2º | 2 |
| 3ª | 4 |
| 4ª | 8 |
| 5ª | 16 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Conforme a Tabela 4, os estudantes perceberam que a quantidade de feijões em cada casa no tabuleiro era de base 2: $2^0,\ 2^1,\ 2^2,\ 2^3,\ 2^4,\ 2^5$. Perguntou-se qual seria a quantidade de feijões que ficaria na última casa? Os grupos realizaram diferentes associações, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Quantidade de feijões na base 2

| Casas do tabuleiro | Quantidade de feijões por casa |
|---|---|
| 1ª | $1=2^0$ |
| 2º | $2=2^1$ |
| 3ª | $4=2^2$ |
| 4ª | $8=2^3$ |
| 5ª | $16=2^4$ |
| 6ª | $32=2^5$ |
| 64ª | $X= 2^{63}$ |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Chegando, assim, no primeiro modelo matemático: $Q_n = 2^{n-1}$, onde $Q_n$ representa a quantidade de feijões em cada casa e $n$ a posição da casa no tabuleiro. Durante o desenvolvimento da atividade, os estudantes identificaram uma regularidade na distribuição dos feijões ao longo das casas do tabuleiro, estabelecendo uma relação entre a posição de cada casa e os expoentes envolvidos. Observou-se que a quantidade de feijões em cada casa correspondia a uma potência cuja base se mantinha constante, sendo o expoente determinado pela ordem da casa, assumindo sempre o valor imediatamente anterior à sua posição.

A partir dessa percepção, foi proposto aos grupos o desafio de construir um modelo matemático capaz de representar a soma das quantidades de feijões para um número arbitrário de casas. Nesse contexto, buscou-se incentivar a generalização do padrão identificado, promovendo a transição do raciocínio empírico para a formalização matemática.

Essa abordagem evidencia que o processo investigativo contribuiu para o desenvolvimento da capacidade de abstração dos estudantes, ao possibilitar a compreensão da estrutura exponencial e sua aplicação na modelagem de situações-problema.

Realizou-se a experiência com as 6 primeiras casas do tabuleiro e resultou na seguinte soma: $1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 =$63 feijões.

A partir da soma dos feijões nas seis primeiras casas do tabuleiro, foi proposta aos estudantes uma reflexão sobre a natureza da sequência obtida, questionando-se se esta poderia ser caracterizada como uma progressão aritmética (PA) ou uma progressão geométrica (PG). Nesse contexto, observou-se divergência entre os grupos, uma vez que alguns indicaram tratar-se de uma PA, enquanto outros a identificaram como uma PG.

Com o intuito de aprofundar a análise, foi levantado o seguinte questionamento: para determinar o termo seguinte da sequência, seria necessário somar ou multiplicar? A partir dessa problematização, o grupo 3 destacou que a sequência era formada por potências de base 2, concluindo que o termo subsequente deveria ser obtido por meio da multiplicação por 2, caracterizando, assim, uma progressão geométrica.

Entretanto, verificou-se que, dentre os sete grupos formados, nenhum dos estudantes recordava a fórmula da soma de uma PG finita. Esse fato evidencia uma lacuna na compreensão conceitual, especialmente no que se refere à generalização de padrões e à formalização matemática de sequências.

Diante desse cenário, foi proposto aos grupos o desafio de elaborar deduções que os conduzissem à construção de um modelo matemático capaz de determinar a soma das quantidades de feijões em todas as casas do tabuleiro de xadrez. Nesse processo investigativo,

os grupos 2, 3 e 5 destacaram-se ao estruturar rapidamente uma tabela, a partir da qual passaram a organizar os dados e identificar regularidades, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Quantidade de feijões de acordo com o número de casas no tabuleiro

| Casas | Soma |
|---|---|
| 1ª | 1 |
| 1ª, 2ª | 1+2=3 |
| 1ª, 2ª, 3ª | 1+2+4 = 7 |
| 1ª, 2ª, 3ª,4ª | 1+2+4+8=15 |
| 1ª, 2ª, 3ª,4ª, 5ª | 1+2+4+8+16=31 |
| 1ª, 2ª, 3ª,4ª, 5ª, 6ª | 1+2+4+8+16+32=63 |
| 1ª, 2ª, 3ª,4ª, 5ª, 6ª, ..., 64ª | 1+2+4+8+16+32+ ....+$2^{63}$= |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Os grupos perceberam uma relação do resultado da soma com a potência de base 2. Os resultados sempre correspondiam ao seu antecessor. Perceberam uma correspondência com o jogo da Torre de Hanói feito anteriormente, a soma das quantidades de feijões nas casas do tabuleiro era equivalente à quantidade mínima de movimentos encontrada nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 – Comparação dos resultados da Torre de Hanói com a Lenda do Xadrez

| Quantidade de discos | Casas | Número mínimo de movimentos | Soma |
|---|---|---|---|
| 1 | 1ª | 1 | 1 |
| 2 | 1ª, 2ª | 3 | 1+2=3 |
| 3 | 1ª, 2ª, 3ª | 7 | 1+2+4 = 7 |
| 4 | 1ª, 2ª, 3ª,4ª | 15 | 1+2+4+8=15 |
| 5 | 1ª, 2ª, 3ª,4ª, 5ª | 31 | 1+2+4+8+16=31 |
| 6 | 1ª, 2ª, 3ª,4ª, 5ª, 6ª | 63 | 1+2+4+8+16+32=63 |
| 64 | 1ª, 2ª, 3ª,4ª, 5ª, 6ª, ..., 64ª | $2^{64} - 1$ | 1+2+4+8+16+32+ ....+$2^{63}$= |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

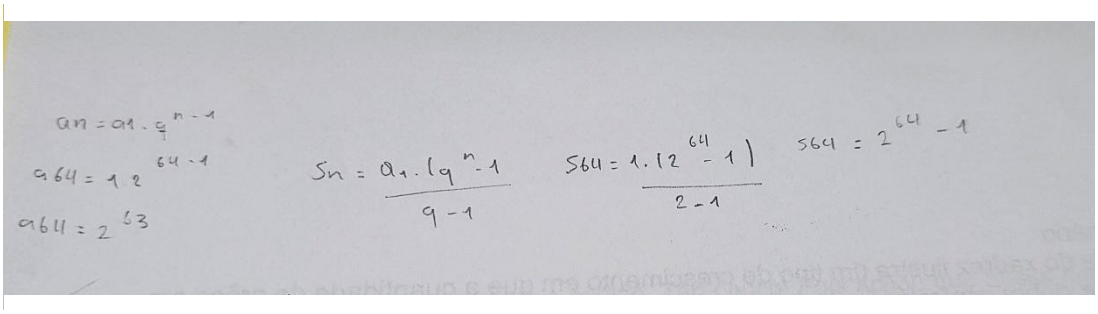
Tabela 8 – Modelando a soma de feijões

| Casas | Soma de feijões |
|---|---|
| 1ª | 1 |
| 1ª, 2ª | $1+2=3=2^2-1$ |
| 1ª, 2ª, 3ª | $1+2+4=7=2^3-1$ |
| 1ª, 2ª, 3ª,4ª | $1+2+4+8=15=2^4-1$ |
| 1ª, 2ª, 3ª,4ª, 5ª | $1+2+4+8+16=31=2^5-1$ |
| 1ª, 2ª, 3ª,4ª, 5ª, 6ª | $1+2+4+8+16+32=63=2^6-1$ |
| 1ª, 2ª, 3ª,4ª, 5ª, 6ª, ..., 64ª | $1+2+4+8+16+32+....+2^{63}=2^{64}-1$ |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Concluiu-se que a soma das 64 casas do tabuleiro seria $S = 2^{64} - 1$. Depois foi proposto aos estudantes que utilizassem a fórmula de uma PG finita, desenvolvida pelo grupo 3, conforme representado na Figura 40.

Figura 40 - Aplicação da fórmula da soma de uma progressão geométrica finita no contexto da Lenda do Xadrez




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

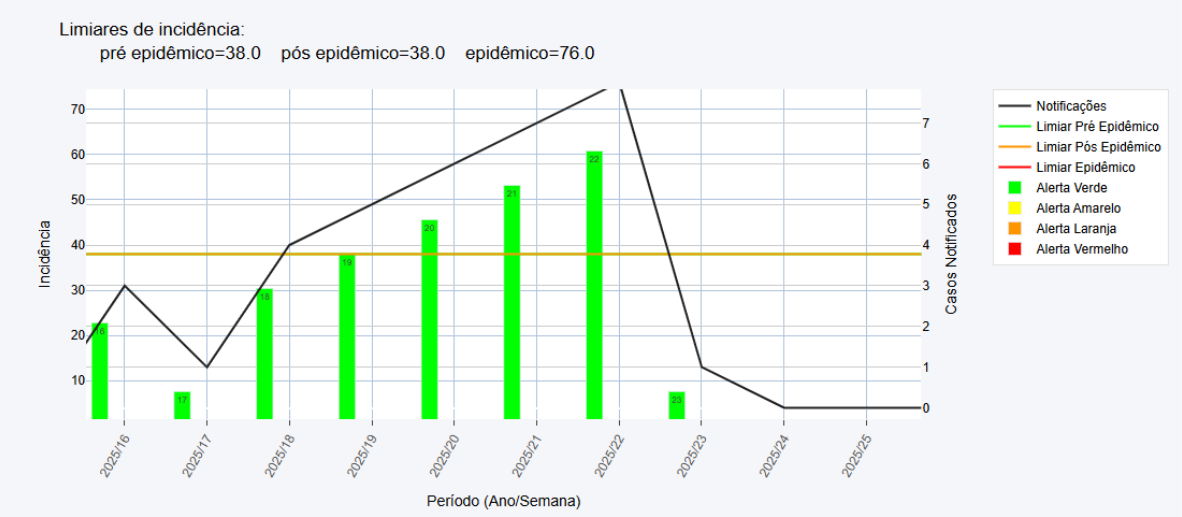
Os grupos chegaram à conclusão de que o modelo matemático seria $S_n = 2^n - 1$, onde $S_n$ representava a soma dos feijões e $n$ era o número de casas do tabuleiro. Foi uma oficina que prendeu a atenção dos estudantes, desde a história até o modelo matemático.

### 4.3.3 Oficina com uma Situação Problema Sobre o Uso de Medicamentos

Para falar sobre o uso de medicamentos, a dengue foi o canal para adentrar neste assunto. Foi proposto aos estudantes que visualizassem no site a quantidade de pessoas infectadas por

semana na cidade de Palmeirais e que através do gráfico apresentado na Figura 41, construíssem uma tabela e discutissem qual seria o tipo de função.

Figura 41 - Print do gráfico de incidência e pessoas infectadas




Fonte: info.dengue.mat.br/report/PI/2207504/202550.

Com a conclusão do Quadro 5, iniciou-se a discussão dos resultados obtidos, buscando identificar qual tipo de função melhor se ajustaria aos dados representados no gráfico, bem como qual intervalo seria mais adequado para a análise do comportamento da função.

Quadro 5 - Completando o quadro de acordo com o grafico da figura 40

| PERÍODO (ANO/SEMANA) | INCIDÊNCIAS | CASOS |
|---|---|---|
| 2025/17 | 17 | 1 |
| 2025/18 | 30 | 4 |
| 2025/19 | 38 | 5 |
| 2025/20 | 46 | 6 |
| 2025/21 | 53 | 7 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A partir da observação dos dados, verificou-se que, no intervalo correspondente às semanas 18 a 21, há uma tendência aproximadamente linear, indicando a formação de uma reta. Nesse contexto, os estudantes foram unânimes em classificar o comportamento como característico de uma função afim.

Entretanto, o objetivo inicial da atividade consistia em identificar um comportamento exponencial. A ausência desse padrão nos dados analisados evidencia que nem todo fenômeno apresenta, necessariamente, crescimento exponencial, o que contribui para uma compreensão mais crítica e contextualizada dos modelos matemáticos.

Essa constatação possibilitou ampliar a discussão, destacando que a escolha do modelo matemático adequado depende diretamente das características dos dados observados. Além disso, levanta-se a hipótese de que, em contextos com maior número de indivíduos ou em períodos mais extensos de observação, poderiam emergir padrões distintos, possivelmente mais próximos de um comportamento exponencial.

Dessa forma, a atividade ultrapassou o objetivo inicial de identificação de um modelo específico, favorecendo a compreensão de que a modelagem matemática envolve análise, interpretação e validação dos dados. Assim, reforça-se a importância de trabalhar com situações reais, nas quais os estudantes possam confrontar expectativas teóricas com evidências empíricas, desenvolvendo uma postura investigativa e crítica.

Contudo, o objetivo principal era discutir sobre o uso de medicamentos e absorção no nosso organismo. Em seguida foi exibido um vídeo de um farmacêutico abordando os benefícios de tomar um medicamento nas horas certas e os perigos de automedicarmos.

Para a conclusão desta oficina, foi proposto um problema contextualizado envolvendo a absorção e eliminação de um medicamento, a partir de uma situação fictícia em que um paciente ingere um comprimido de 600 mg. Considerou-se que, a cada hora, o organismo elimina 25% da substância presente no corpo.

Com o objetivo de tornar o fenômeno mais concreto e compreensível, utilizou-se um copo dosador contendo 600 ml de suco de uva como analogia à quantidade inicial do medicamento. Nesse contexto, o processo de eliminação foi simulado pela retirada de 25% do volume do líquido em intervalos regulares de tempo, representando a ação metabólica do organismo sobre a substância.

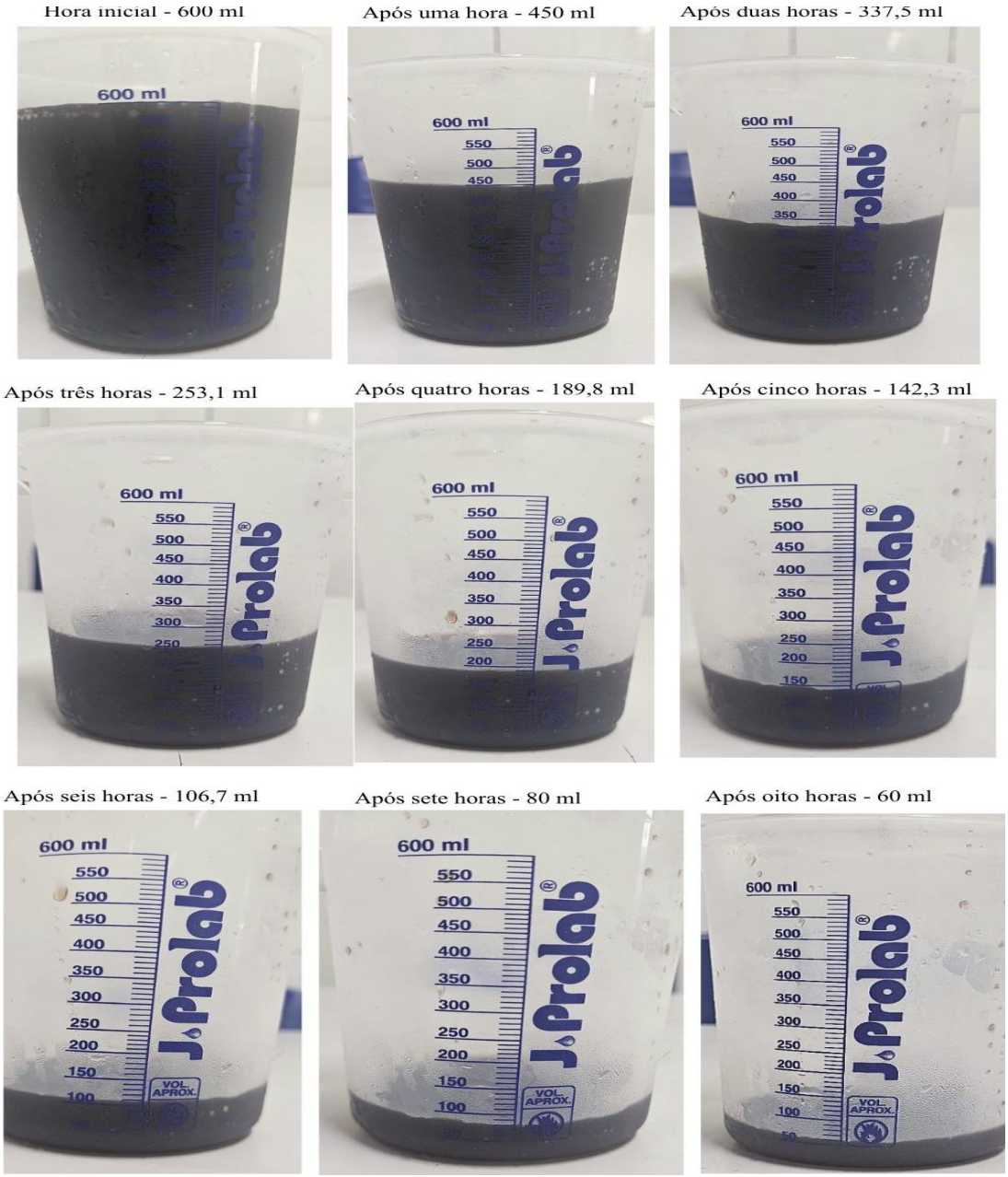
A partir dessa simulação, os estudantes registraram, a cada etapa, a quantidade restante no copo, organizando os dados em uma tabela. Observa-se que essa abordagem permitiu visualizar, de forma clara, a redução progressiva da substância ao longo do tempo. Além disso, a repetição do procedimento possibilitou a identificação de um padrão de decaimento, característico de uma função exponencial decrescente.

Do ponto de vista conceitual, essa atividade favoreceu a compreensão de que a eliminação de uma fração constante da substância em intervalos regulares implica uma redução não linear, evidenciando um comportamento exponencial. Tal evidência reforça a importância do uso de analogias e experimentações no ensino de conteúdos abstratos, como a função exponencial.

Antes da formalização do modelo matemático que descreve a quantidade de medicamento remanescente após t horas, foi conduzido um processo investigativo com os

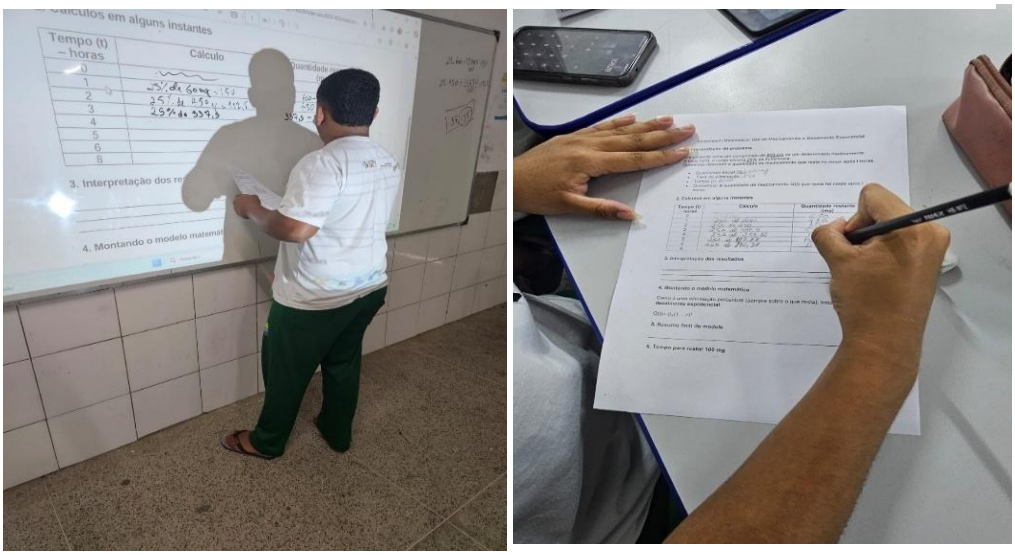
estudantes, no qual se buscou identificar regularidades nos dados obtidos. Conforme apresentado nas Figuras 42, 43 e 44, a organização das informações em tabela permitiu aos estudantes reconhecer a estrutura multiplicativa do fenômeno, conduzindo à construção do modelo matemático correspondente.

Figura 42 - Simulação da absorção de um medicamento a partir de um comprimido



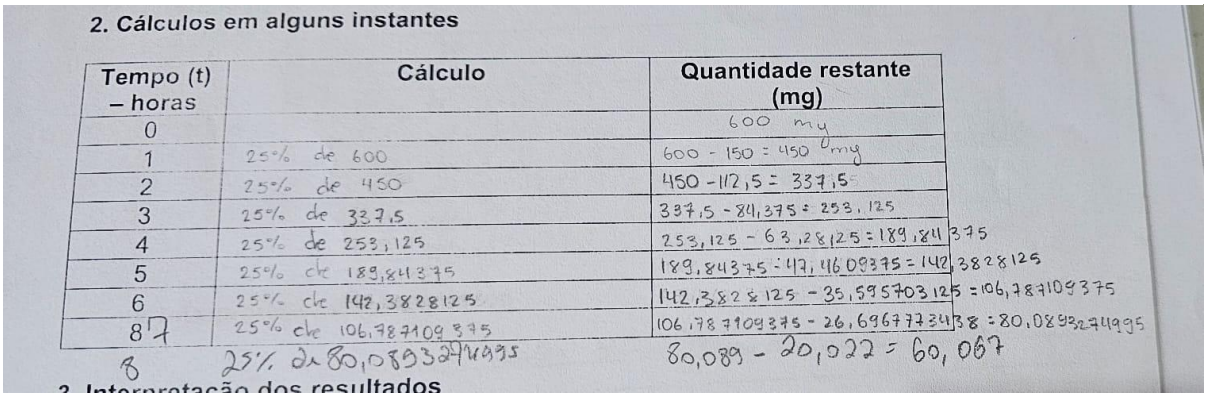

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 43 - Construção e resolução de estratégias para modelagem do decaimento exponencial pelos estudantes




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 44 - Cálculo da quantidade remanescente de medicamento em função do tempo



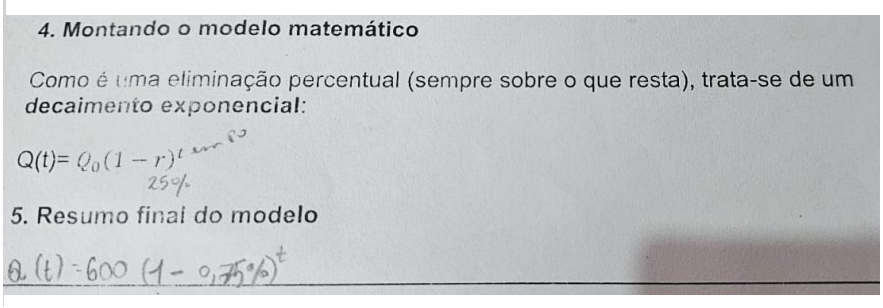
2. Cálculos em alguns instantes

| Tempo (t) – horas | Cálculo | Quantidade restante (mg) |
|---|---|---|
| 0 | | 600 mg |
| 1 | 25% de 600 | 600 - 150 = 450 mg |
| 2 | 25% de 450 | 450 - 112,5 = 337,5 |
| 3 | 25% de 337,5 | 337,5 - 84,375 = 253,125 |
| 4 | 25% de 253,125 | 253,125 - 63,28125 = 189,84375 |
| 5 | 25% de 189,84375 | 189,84375 - 47,4609375 = 142,3828125 |
| 6 | 25% de 142,3828125 | 142,3828125 - 35,595703125 = 106,787109375 |
| 8 7 | 25% de 106,787109375 | 106,787109375 - 26,696777344 = 80,089332749995 |
| 8 | 25% de 80,089332749995 | 80,089 - 20,022 = 60,067 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026

Os estudantes perceberam que a quantidade de mg estava diminuindo ao longo do tempo, caracterizando um decaimento exponencial. Os cálculos eram muito parecidos com os juros compostos, porém estava diminuindo com o passar das horas. Na própria atividade foi dada o seguinte modelo: $Q(t) = Q_0(1 - r)^t$, para que eles fizessem as devidas substituições e verificassem a validade do modelo com os resultados da tabela, conforme a Figura 45.

Figura 45 - Print montando o modelo matemático



4. Montando o modelo matemático

Como é uma eliminação percentual (sempre sobre o que resta), trata-se de um *decaimento exponencial*:

$Q(t) = Q_0(1 - r)^t$ com $r = 25\%$

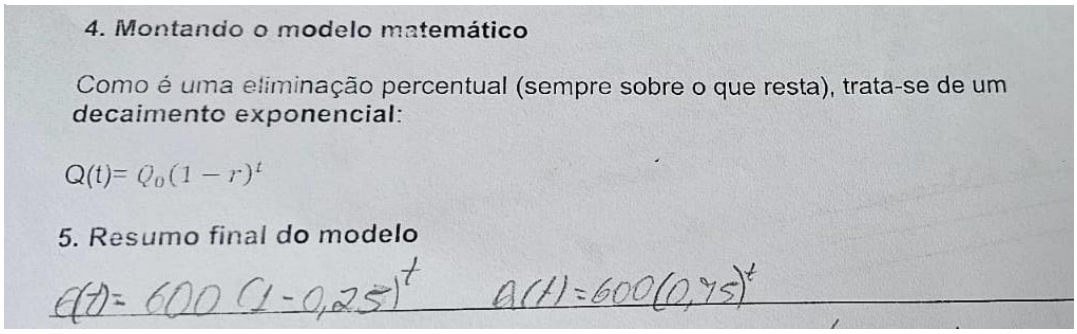
5. Resumo final do modelo

$Q(t) = 600(1 - 0{,}75\%)^t$

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Na Figura 45, os estudantes do grupo II demonstraram dificuldades para substituir os valores correspondentes, errando o modelo matemático. Na Figura 46, os demais grupos acertaram o modelo e verificaram sua validade.

Figura 46 - Resposta correta dos demais grupos




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Segundo Bassanezi (2015, p. 13), a modelagem matemática não é utilizada apenas na Física, mas também na Biologia, área em que possibilita a matematização de fenômenos da realidade. A partir de situações reais vivenciadas pelos estudantes, como a análise da incidência de doenças e a absorção de medicamentos pelo organismo, foi possível promover discussões que vão além dos cálculos, favorecendo a interpretação de dados, a formulação de hipóteses e a validação do modelo matemático. Embora o comportamento observado na análise dos dados epidemiológicos tenha se aproximado mais de uma função afim do que de uma função exponencial, essa constatação não comprometeu os objetivos da oficina. Pelo contrário, reforçou a importância da análise crítica dos dados e da compreensão de que nem todo fenômeno cresce ou decresce exponencialmente.

### 4.3.4 Oficina Utilizando a Lei de Resfriamento de Newton

Esta oficina foi bem interessante, não dependia só de cálculos, mas tudo o que estava ao redor, desde a temperatura da sala até o resfriamento da moeda. Foi uma verdadeira experiência em sala de aula, algo que nunca tinha presenciado na escola.

No primeiro momento, com uma panela com água em um fogão elétrico, foi colocada uma moeda para aquecer de acordo com a Figura 47.

Figura 47 - Momento em que a moeda estava sendo aquecida

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Nesse segundo momento, quando a água começou a borbulhar, um estudante foi chamado para medir a temperatura ambiente, $T_a = 30{,}5°C$. Em seguida foi retirada a moeda com a ajuda de uma colher, e foi medido por outro estudante a temperatura da moeda logo após a saída da água que deu $T_0 = 75{,}5°C$. A Figura 48 apresenta a sequência das medições da temperatura da moeda realizadas de dois em dois minutos, ou seja, dois, quatro, seis e oito minutos.

Figura 48 - Momento da participação da experiência

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A partir dos resultados obtidos, foi elaborada uma tabela contendo os valores das temperaturas registradas ao longo do experimento, conforme apresentado na Figura 49. Observa-se que a organização dos dados em formato tabular possibilita uma visualização mais clara da variação da temperatura ao longo do tempo.

Figura 49 - Print da tabela com os resultados

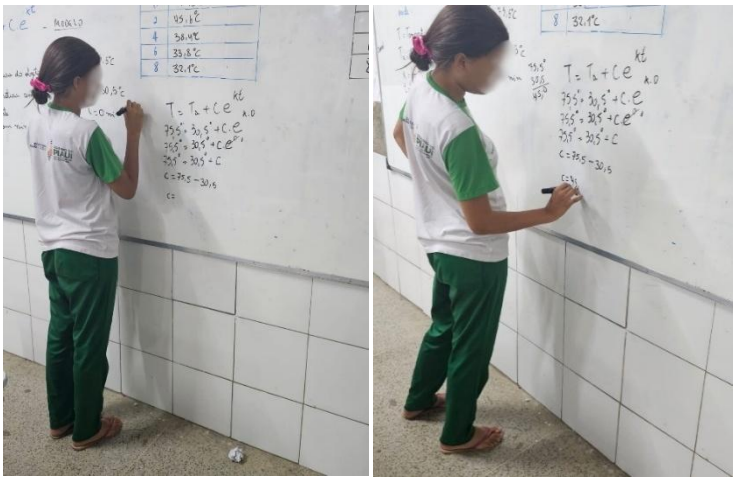
Resfriamentodamoedanaprática

| | 1[X] | 2[Y] |
|---|---|---|
| 1 | 0 | 75,5 |
| 2 | 2 | 45,6 |
| 3 | 4 | 38,4 |
| 4 | 6 | 33,8 |
| 5 | 8 | 32,1 |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Sabendo que o modelo que representa a Lei de Resfriamento de Newton é dado pela expressão $T = T_a + C.e^{kt}$. O próximo passo foi determinar $C = T_0 - T_a$, em que $C$ representa a diferença entre a temperatura inicial da moeda e a temperatura ambiente. Posteriormente, determinou-se a constante $k$. Após realizar as substituições e os cálculos, foram obtidos os valores $C = 45$ e $k = -0{,}5459838723$. A Figura 50 mostra uma estudante realizando os cálculos.

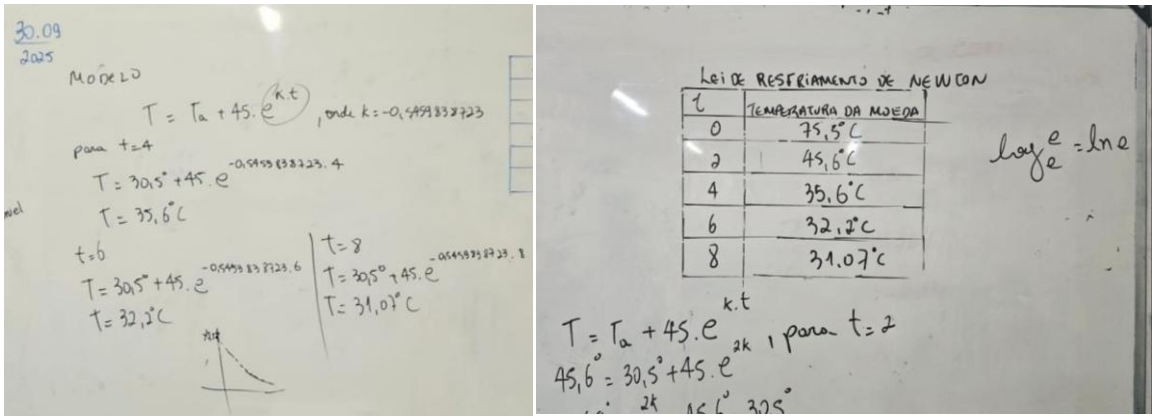
Figura 50 - Aplicação da Lei de Resfriamento de Newton



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

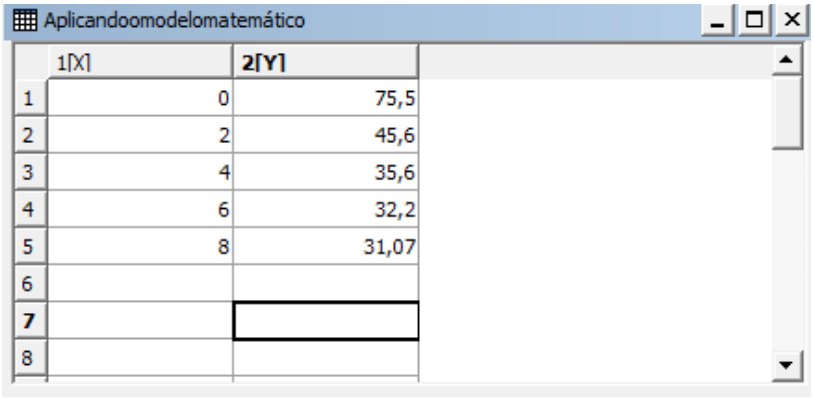
Com a conclusão dos cálculos, obteve-se o modelo matemático para determinar a temperatura da moeda de acordo com a Lei de Resfriamento de Newton, conforme apresentado nas Figuras 51 e 52.

Figura 51 - Aplicação do modelo matemático




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

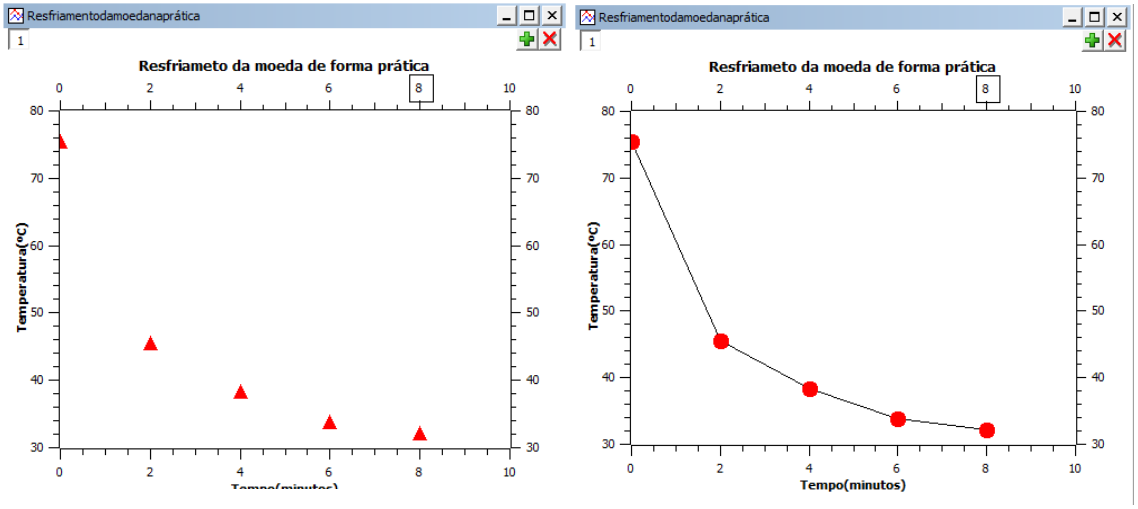
Figura 52 - Print da tabela com o resultado com modelo matemático




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026

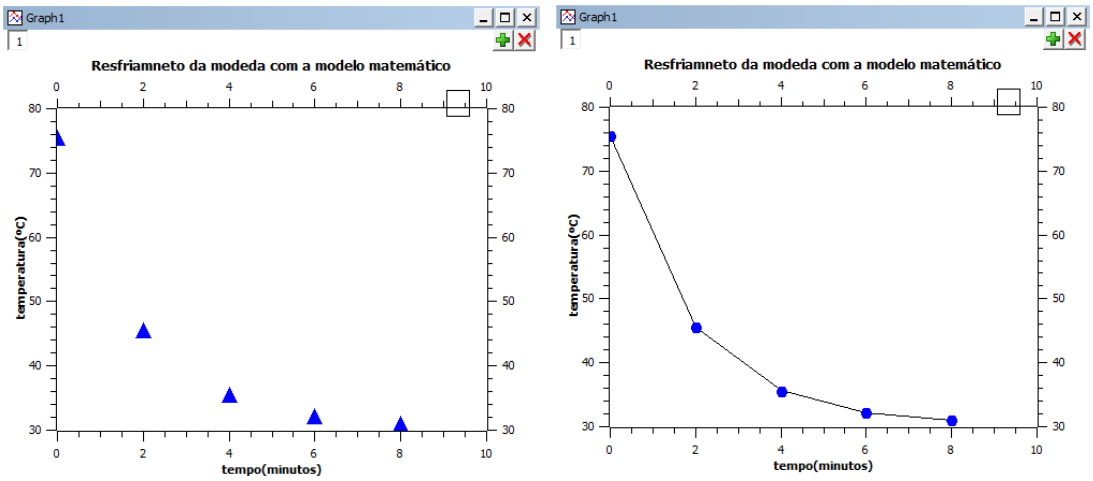
Com as tabelas completadas, foram elaborados os gráficos que representam o resfriamento da moeda observado na prática e aquele obtido por meio da modelagem matemática, conforme apresentado nas Figuras 53, 54 e 55.

Figura 53 - Print do gráfico da temperatura da moeda



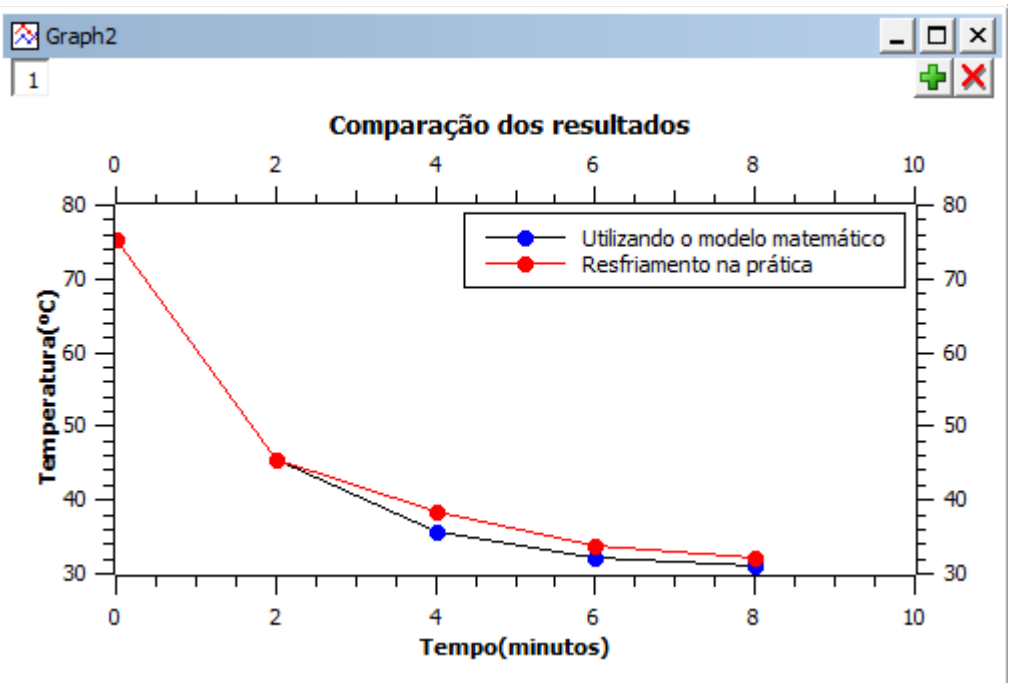

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 54 - Print do gráfico da temperatura da moeda com o modelo matemático




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Figura 55 - Comparação gráfica dos resultados




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Os estudantes perceberam que no intervalo de 0 a 2 minutos, a temperatura da moeda diminuiu rapidamente, enquanto nos intervalos seguintes, a temperatura passou a decrescer de forma mais lenta. Outra análise que podemos destacar é que os valores do modelo matemático acompanham de forma bastante próxima os dados obtidos experimentalmente, sendo possível atribuir as pequenas diferenças entre o modelo e a prática às variações da temperatura ambiente, pois, até o final do experimento, a temperatura ambiente pode sofrer alterações.

Outra conclusão que os estudantes perceberam foi que o resfriamento não ocorreu de forma linear, mas sim de forma exponencial. Foi perguntado aos estudantes sobre a experiência com a Lei de Resfriamento de Newton, as respostas estão no Quadro 6, a seguir.

Quadro 6 - Respostas dos estudantes sobre a experiencia com a Lei de Resfriamento de Newton

| Participantes | Respostas dos estudantes |
|---|---|
| Estudante A | "Foi uma atividade muito interessante pois na prática se torna mais fácil de aprender." |
| Estudante B | "Aprendi melhor o comportamento do gráfico da função exponencial, medidas de temperatura e conceitos matemáticos." |
| Estudante C | "Medir temperatura, função exponencial." |
| Estudante D | "Aprendi que a lei de newton é verdadeira pois utilizando apenas o modelo com a primeira e segunda temperatura, após 2 minutos podemos descobrir as próximas temperaturas sem precisar fazer manualmente, medindo cada uma." |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A aplicação da Lei de Resfriamento de Newton teve uma abordagem interdisciplinar, promovendo a ideia de que os dois componentes curriculares não estão isolados e podem contribuir mutuamente para a construção do conhecimento, especialmente quando relacionados à realidade dos estudantes (Batista, 2025). As falas dos estudantes evidenciam que a utilização da modelagem matemática no ensino da função exponencial contribuiu significativamente para a compreensão conceitual, a interpretação gráfica e o desenvolvimento do pensamento crítico, reforçando o potencial dessa abordagem como estratégia pedagógica no Ensino Médio.

## 4.4 DIAGNÓSTICO FINAL: O PÓS - TESTE

Os resultados referentes ao pós-teste sobre função exponencial são apresentados e discutidos nesta seção, com o objetivo de caracterizar os avanços conceituais, a interpretação de gráficos e a resolução de situações-problema apresentados pelos estudantes após a conclusão da sequência didática baseada na modelagem matemática. Para essa avaliação, foram utilizados dois instrumentos distintos: um composto por questões subjetivas e outro por questões objetivas. A análise foi pautada nas competências previstas pela Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio, com o objetivo de identificar evidências de aprendizagem relacionadas à interpretação de gráficos, à modelagem de fenômenos reais e à reflexão sobre o próprio processo de aprendizagem.

### 4.4.1 Análise das Questões Subjetivas

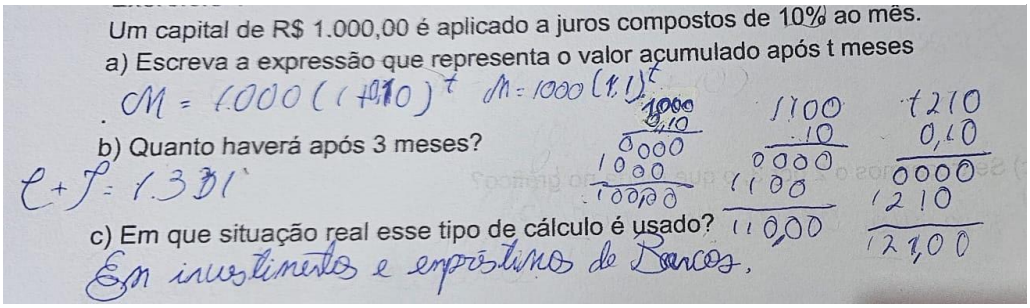
O pós-teste subjetivo foi composto por seis questões, dos Exercícios 1.1 a 1.6. O Exercício 1.1 teve como objetivo relacionar a função $f(x) = 2^x$ com sua representação no plano cartesiano. Essa questão está relacionada diretamente à habilidade EM13MAT304, que estabelece a descrição de variações, por meio de representações gráficas, de funções exponenciais. Além de determinar as ordenadas, dadas as abscissas, construíram o gráfico da função realizando análises ao alterar a base da função de 2 para 3. Os resultados foram os seguintes: todos os estudantes responderam aos três itens, obtendo 80% de acertos.

Já fazendo a análise do Exercício 1.2, os estudantes foram instigados a investigar relações entre variáveis (tempo e altura) para estabelecer uma lei de crescimento, mobilizando a habilidade EM13MAT403. Para esta questão, observou-se que 88% dos estudantes reconheceram o padrão de crescimento exponencial a partir da tabela de dados apresentada. Muitos conseguiram expressar o fenômeno por meio de um modelo de função exponencial $f(x) = Aa^x$ e realizaram previsões da altura da planta após seis semanas, alguns utilizaram o modelo matemático e outros deram sequência na tabela.

Ao analisar o Exercício 1.3, uma questão que descrevia um problema com um medicamento de 200 mg ingerido por uma pessoa e que a cada hora a substância era reduzida pela metade, em que se questionava a quantidade de substância após 3h, depois de quantas horas restaria apenas 25 mg e se era um exemplo de crescimento ou decaimento exponencial, que permitiu avaliar a habilidade EM13MAT305, focada no decaimento exponencial e no conceito de meia-vida. Para essa questão tivemos 100% de acertos.

Para o Exercício 1.4, apresentado na Figura 56, uma questão de juros compostos, foi possível observar que 84% dos estudantes conseguiram escrever a expressão algébrica que representa o montante acumulado ao longo do tempo e, também, calcular qual seria o valor final após um determinado número de meses. A identificação de situações reais nas quais é preciso fazer esse tipo de cálculo possibilitou aos estudantes estabelecer relações da matemática escolar com contextos financeiros da vida cotidiana, o que, mais uma vez, corrobora a habilidade EM13MAT203 e EM13MAT304.

Figura 56 - Print da resposta do Exercício 1.4




Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

O Exercício 1.5 tratou do resfriamento de uma xícara de café, permitindo analisar a percepção dos estudantes sobre o comportamento de grandezas variáveis. A questão apresentou 100% de acertos reconheceram que se trata de um fenômeno decrescente, um decaimento exponencial, e identificaram que a variação da temperatura ocorre em diferentes proporções, e não de forma constante. Ao apontar a função exponencial como modelo mais adequado para representar esse comportamento, os estudantes demonstraram avanços na habilidade EM13MAT303, relacionada à análise qualitativa de fenômenos e à escolha de modelos matemáticos apropriados.

De modo geral, os resultados dos exercícios 1.1 a 1.5 evidenciam que a sequência didática baseada na modelagem favoreceu a compreensão da função exponencial como uma ferramenta para interpretar e representar fenômenos reais, indo além da resolução mecânica de exercícios.

Para finalizar a atividade subjetiva, o Exercício 1.6 consistiu em uma autoavaliação, cujo objetivo foi compreender a percepção dos estudantes acerca de sua própria aprendizagem. Esse instrumento está alinhado à Competência Geral 10 da BNCC, "agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários" (Brasil, 2018, p. 10). A seguir, o Quadro 7 apresenta as falas dos 25 estudantes sobre o que mais ajudou a entender o conteúdo de função exponencial.

Quadro 7 - Respostas subjetivas dos estudantes sobre as oficinas

| Participantes | Respostas dos estudantes: "O que mais te ajudou a entender o conteúdo?" |
|---|---|
| Estudante A | "As aulas de forma prática, tornando mais leve e fácil o aprendizado." |
| Estudante B | "Às aulas de modelagem matemática, as oficinas que concedeu à prática e também o professor. A experiencia foi única porque mostrava na realidade a função exponencial." |
| Estudante C | "A forma em que o professor explicava usando a modelagem matemática." |
| Estudante D | "Foi a forma da modelagem que ajudou bastante sobre o conteúdo e de acordo com as explicações do professor em sala de aula." |

| | |
|---|---|
| Estudante E | “O professor está explicando de uma forma melhor e fácil para entender o conteúdo.” |
| Estudante F | “As aulas com o professor explicando melhor, e tirando as dúvidas com os colegas e as divisões em grupo.” |
| Estudante G | “Na forma que o professor explica, de uma forma mais dinâmica, fica um pouco melhor para entender.” |
| Estudante H | “A aplicabilidade da modelagem matemática e as oficinas em grupos.” |
| Estudante I | “O professor, os trabalhos em grupos e as aulas extras.” |
| Estudante J | “Com ajuda das oficinas realizadas na sala de aula, usando a modelagem matemática para ter melhor entendimento do assunto.” |
| Estudante K | “As aulas de modelagem, os trabalhos em grupos, as aulas bem explicadas.” |
| Estudante L | “Ajuda da modelagem e as oficinas e as aulas práticas.” |
| Estudante M | “Aplicações de problemas.” |
| Estudante N | “Experimentos feitos nas oficinas ajudaram a compreender de forma mais didática e com materiais simples, e a modelagem matemática e as aulas em grupo.” |
| Estudante O | “Trabalhar com materiais concretos.” |
| Estudante P | “Aplicações práticas em problemas e as oficinas de modelagem matemática.” |
| Estudante Q | “Resolver os problemas usando os modelos matemáticos.” |
| Estudante R | “Os gráficos.” |
| Estudante S | “A forma de explicar, utilizando jogos e experimentos. Assim deixando as aulas mais leve e promovendo um bom aprendizado.” |
| Estudante T | “As aulas práticas com experimentos feitos em grupos, ou em duplas, que ajudaram na compressão da função exponencial.” |
| Estudante U | “A prática que o professor ensina nas aulas de modelagem matemática.” |
| Estudante V | “A aplicação do conteúdo com representações e trabalho em grupo.” |
| Estudante W | “As aulas práticas, a modelagem matemática e a explicação do professor.” |
| Estudante X | “Usar a modelagem matemática no estudo das funções exponenciais.” |
| Estudante Y | “Os experimentos que deixa a aula mais interessante e mais fácil para compreender o conteúdo.” |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

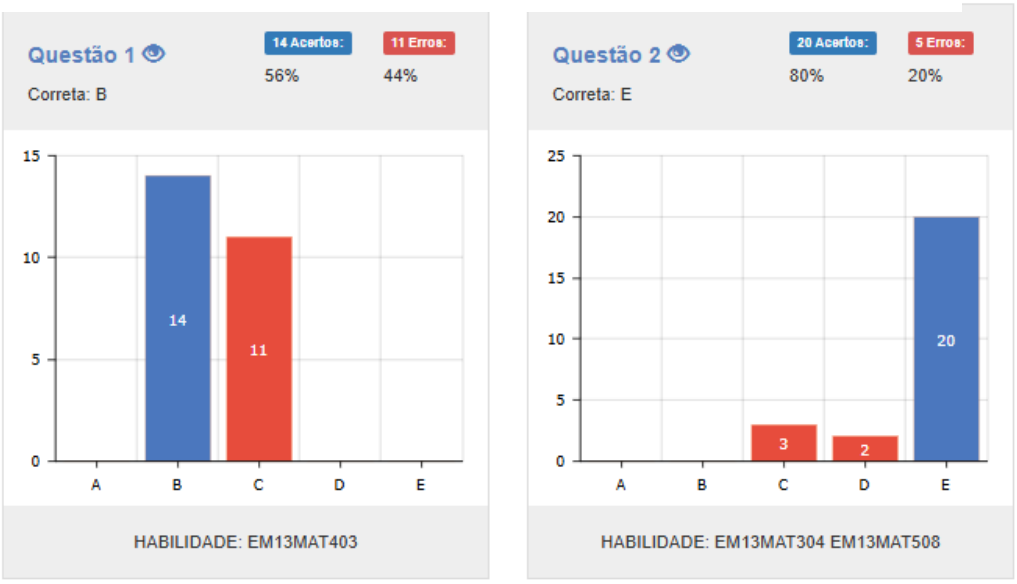
As falas dos estudantes indicaram que a aplicação da sequência didática fundamentada na modelagem matemática favoreceu a compreensão da função exponencial, especialmente por meio de atividades práticas, experimentais e colaborativas. Destacaram-se, ainda, a importância da interpretação gráfica e da mediação docente, que contribuíram para tornar o processo de ensino e aprendizagem mais significativos, participativo e contextualizado.

### 4.4.2 Análise das Questões Objetivas

Para a prova objetiva, foram elaboradas 10 questões com cinco alternativas cada. O objetivo era familiarizar com questões cobradas pelo SAEB e pelo SAEPI nas provas. A prova valia de 0 a 10, e ao final, foi calculada a média da turma, classificando o desempenho em muito baixo, baixo, médio ou alto. As provas foram elaboradas na plataforma Mobieduca.me, uma ferramenta tecnológica de monitoramento da frequência escolar e de gestão educacional adotada pela Secretaria de Estado da Educação (Seduc) do Piauí e corrigidas por meio do aplicativo MobiCorretorLite.

A Questão 1 avaliou a habilidade dos estudantes em interpretar gráficos, competência relacionada à habilidade EM13MAT403, com 56% de acertos. A Questão 2 abordou o crescimento populacional de bactérias, exigindo a aplicação direta de uma função exponencial, e está relacionada com às habilidades EM13MAT304 e EM13MAT508, com 80% de acertos. Os acertos e erros das questões 1 e 2 estão representados pela Figura 57.

Figura 57 – Print da quantidade de acertos das questões 1 e 2

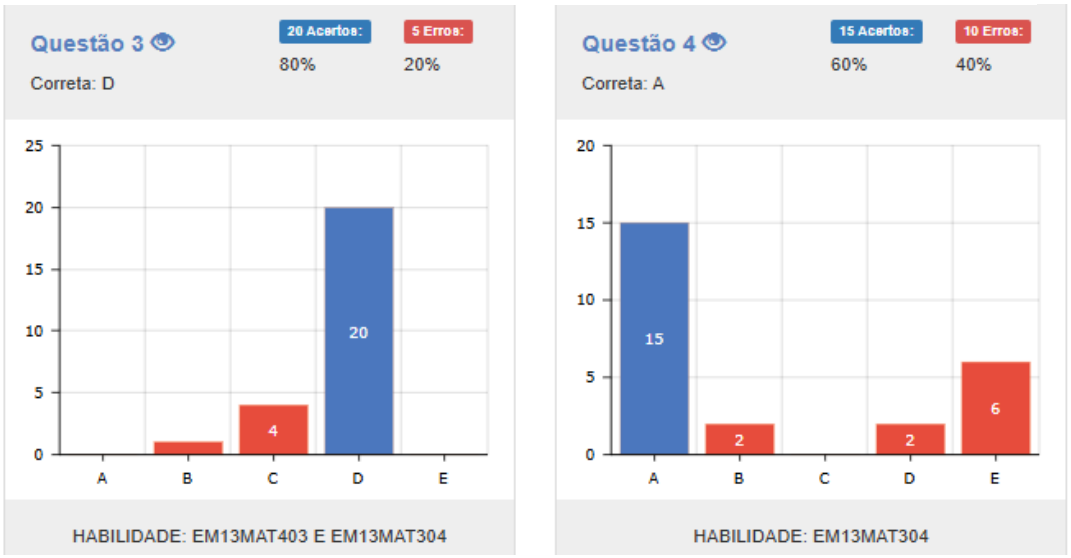



Fonte: https://corretor.mobieduca.me/#/analise/169253?page=respostas&escola_id=2526&tipo=9.

A Questão 3 avaliou a capacidade dos estudantes de identificar a expressão algébrica que melhor representa um fenômeno real a partir de dados experimentais, mobilizando as habilidades EM13MAT304 e EM13MAT403, relacionadas à construção e à análise de modelos matemáticos, com 80% de acertos. A Questão 4 envolveu a análise do crescimento do número de downloads de um aplicativo, exigindo a interpretação dos parâmetros de uma função exponencial. Essa questão mobilizou a habilidades EM13MAT304, relacionadas à resolução de

problemas e à interpretação dos parâmetros das funções, com 60% de acertos. A Figura 58 mostra os resultados.

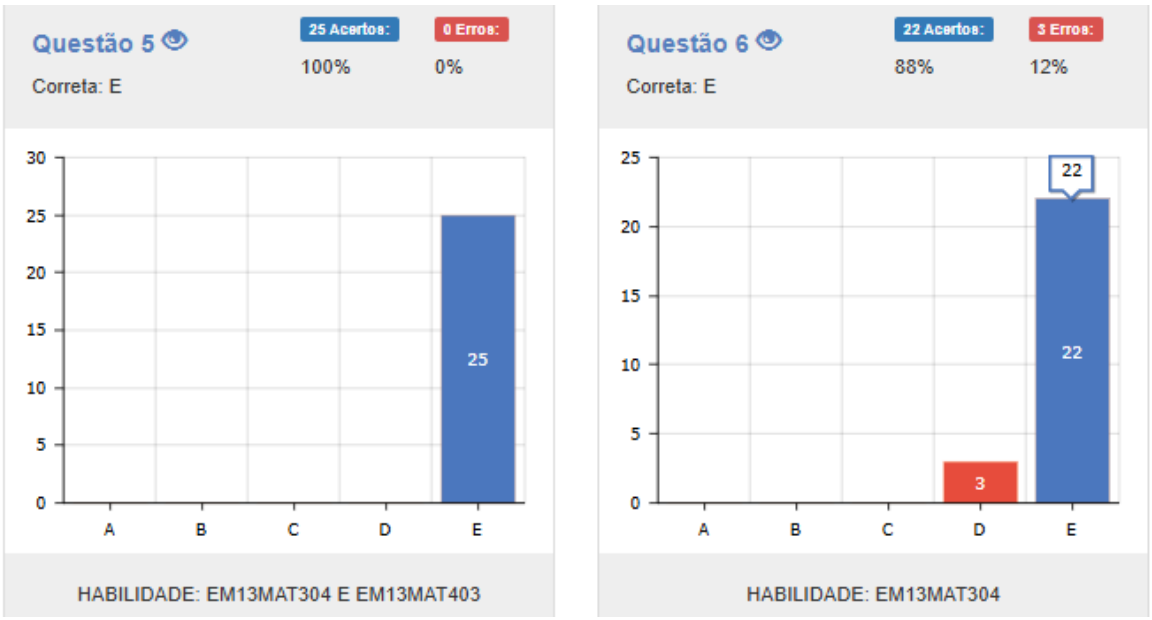
Figura 58 - Print da quantidade de acertos das questões 3 e 4




Fonte: https://corretor.mobieduca.me/#/analise/169253?page=respostas&escola_id=2526&tipo=9.

A Questão 5 avaliou a capacidade dos estudantes de identificar o tipo de função adequado para modelar um fenômeno de decaimento populacional, mobilizando as habilidades EM13MAT304 e EM13MAT403, com 100% de acertos. A Questão 6 abordou a interpretação de uma função exponencial utilizada como modelo matemático para descrever o crescimento das vendas mensais de uma empresa, mobilizando a habilidade EM13MAT304, com 88% de acertos. A Figura 59 mostra os resultados.

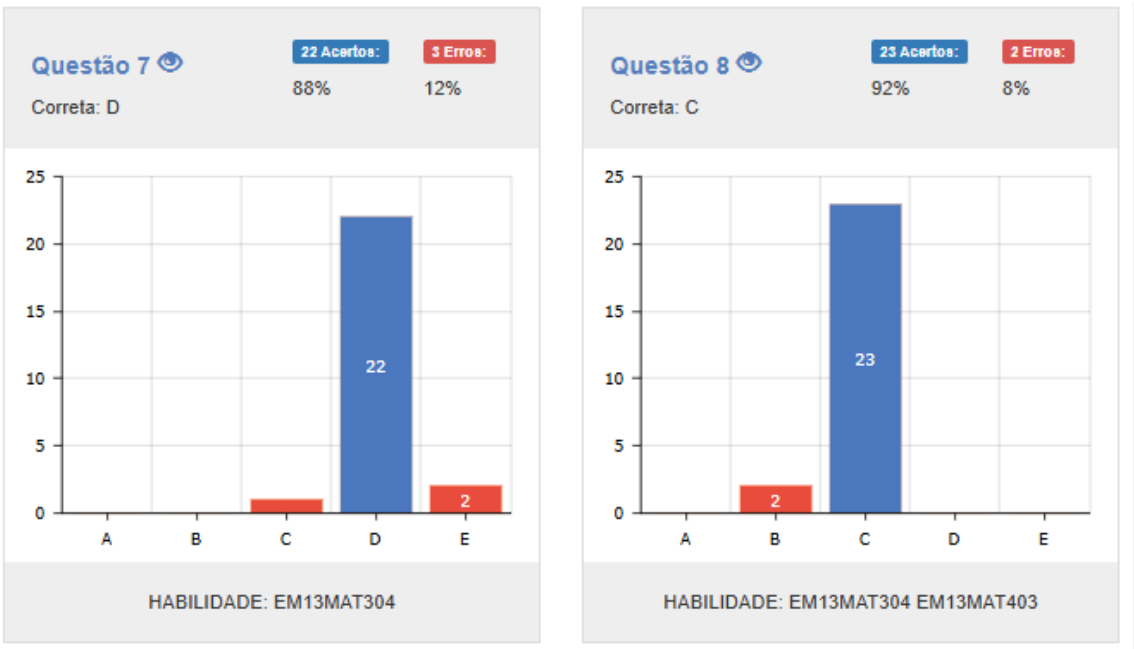
Figura 59 - Print da quantidade de acertos das questões 5 e 6




Fonte: https://corretor.mobieduca.me/#/analise/169253?page=respostas&escola_id=2526&tipo=9.

As Questões 7 e 8 abordaram o decaimento da concentração de um medicamento ao longo do tempo. A Questão 7 mobilizou a habilidade EM13MAT304, com 88% de acertos, ao exigir a determinação de um valor específico a partir de um modelo exponencial, enquanto a Questão 8 está relacionada às habilidades EM13MAT304 e EM13MAT403, com 92% de acertos, ao exigir a identificação do modelo matemático mais adequado. Os resultados indicam que os estudantes compreenderam o comportamento exponencial decrescente e sua aplicação em contextos reais, conforme apresentado na Figura 60.

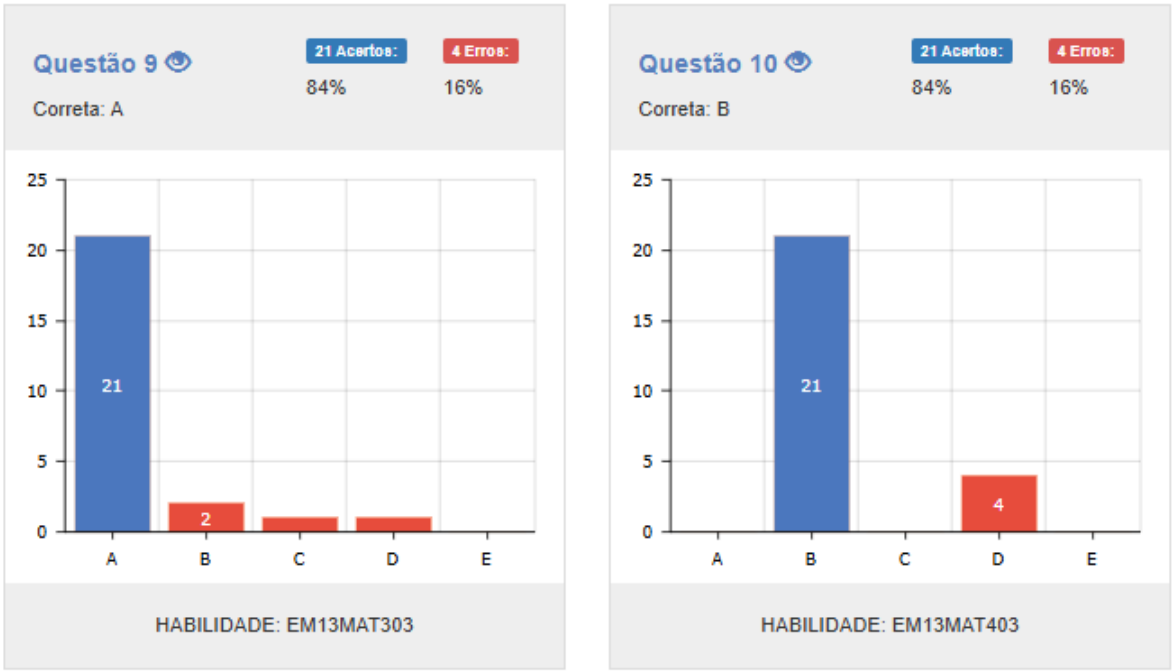
Figura 60 - Print da quantidade de acertos das questões 7 e 8




Fonte: https://corretor.mobieduca.me/#/analise/169253?page=respostas&escola_id=2526&tipo=9.

A Questão 9 avaliou a aplicação da função exponencial em um contexto de educação financeira, mobilizando a habilidade EM13MAT303, com 84% de acertos. A Questão 10 avaliou a capacidade de associar uma expressão algébrica ao gráfico correspondente, mobilizando a habilidade EM13MAT402, com 84% de acertos. Na Figura 61, os resultados indicam que os estudantes desenvolveram a competência de interpretar e comparar representações gráficas de funções exponenciais, habilidade amplamente explorada nas atividades de modelagem.

Figura 61 - Print da quantidade de acertos das questões 9 e 10




Fonte: https://corretor.mobieduca.me/#/analise/169253?page=respostas&escola_id=2526&tipo=9.

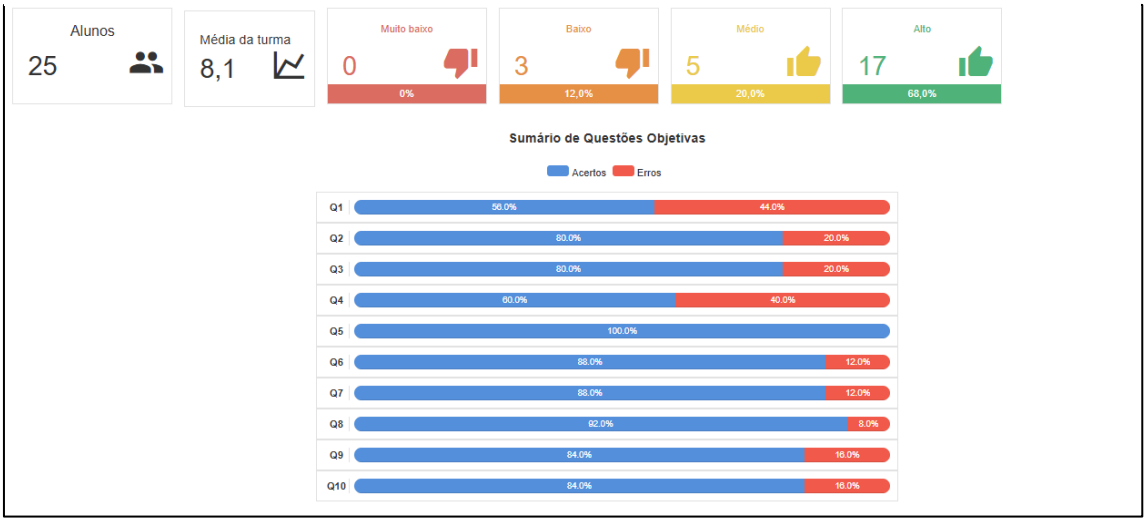
De modo geral, a análise do pós-teste evidencia que a sequência didática fundamentada na modelagem matemática favoreceu o desenvolvimento das habilidades EM13MAT303, EM13MAT304, EM13MAT403 e EM13MAT508 relacionadas à resolução de problemas, à interpretação gráfica e à construção de modelos matemáticos. Esses resultados reforçam a coerência entre os objetivos da proposta pedagógica e as aprendizagens previstas na BNCC, indicando que a modelagem matemática constitui uma estratégia eficaz para o ensino da função exponencial no Ensino Médio, conforme apresentado na Figura 62, com o resultado geral.

Figura 62 – Média da turma

Fonte: https://corretor.mobieduca.me/#/analise/169253?page=analise&escola_id=2526&tipo=9.

O resultado mostrou que não houve nenhum estudante muito baixo, 12% foram classificados como baixo, foram classificados como médio e 68% ficaram classificados como alto. A Figura 63 representa o sumário das questões.

Figura 63 - Sumário de questões objetivas




Fonte: https://corretor.mobieduca.me/#/analise/169253?page=sumario&escola_id=2526&tipo=9.

### 4.4.3 Análise Comparativa do Resultado SAEPI (2024-2025)

Os avanços observados nos resultados do SAEPI entre 2024 e 2025, especialmente nas habilidades H27(D27) e H28(D28), são compatíveis com os objetivos da metodologia de modelagem matemática aplicada ao longo do período analisado. A melhora expressiva na identificação e interpretação das representações algébricas e gráficas das funções exponenciais sugere que a abordagem metodológica adotada contribuiu para o fortalecimento da compreensão conceitual desse conteúdo.

Embora a habilidade H29 (D29), relacionada à resolução de problemas envolvendo funções exponenciais, também tenha apresentado crescimento, seu desempenho permaneceu inferior às demais habilidades, indicando que a aplicação dos conhecimentos em situações-problema continua sendo um desafio. Esse resultado aponta para resultados parcialmente satisfatórios da metodologia, evidenciando a necessidade de aprofundar estratégias que articulem a modelagem matemática à resolução sistemática de problemas. Segundo Smole e Diniz (2001), resolver problemas requer mais do que competência técnica ou acerto de respostas; demanda um comportamento de investigação científica por parte do estudante diante dos conteúdos apresentados.

Ressalta-se que os dados analisados não permitem estabelecer uma relação causal direta entre a metodologia aplicada e os resultados obtidos, uma vez que se trata de uma avaliação externa e de um contexto educacional com múltiplas variáveis intervenientes, visto que nem todos os estudantes participaram das oficinas de modelagem. No entanto, os resultados observados constituem indícios consistentes de que a modelagem matemática se apresenta

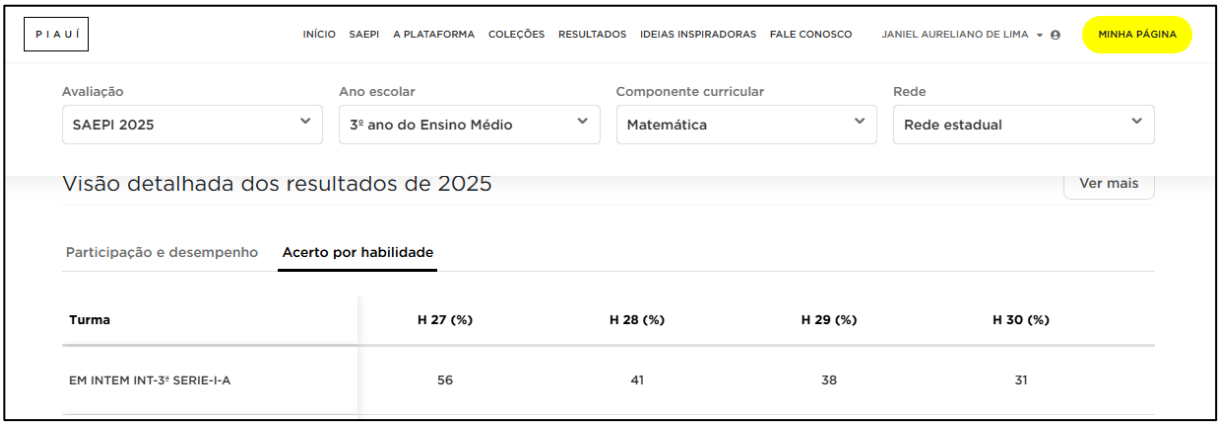
como uma abordagem pedagógica promissora para o ensino de funções exponenciais no Ensino Médio, conforme apresentado no Quadro 8 e na Figura 64, que representam os resultados do SAEPI 2025.

Quadro 8 - Comparação dos percentuais de acertos por habilidade no SAEPI (2024–2025)

| Habilidade | Descrição da habilidade | SAEPI 2024 (%) | SAEPI 2025 (%) | Variação |
|---|---|---|---|---|
| H27(D27) | Identificar a representação algébrica e/ou gráfica de uma função exponencial | 10% | 56% | +46 pontos |
| H28(D28) | Identificar a representação algébrica e/ou gráfica de uma função logarítmica, reconhecendo-a como inversa da função exponencial | 13% | 41% | +28 pontos. |
| H29(D29) | Resolver problemas que envolvem função exponencial | 21% | 38% | +17 pontos |

Fonte: SAEPI (2024; 2025).

Figura 64 - Resultado SAEPI 2025




Fonte: https://avaliacaoemonitoramentopiaui.caeddigital.net/#!/resultados.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho se propôs investigar a seguinte problemática: Quais as análises podem ser identificadas com o desenvolvimento de uma sequência didática baseada na modelagem matemática para o ensino de funções exponenciais para estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública na cidade de Palmeirais no Piauí? A proposta buscou aproximar teoria e prática, aproximando o conteúdo matemático da realidade dos estudantes, em consonância com as orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Os resultados indicaram que os estudantes começaram a compreender a função exponencial não apenas como uma expressão algébrica, mas como um modelo matemático capaz de representar fenômenos reais. Segundo Biembengut e Hein (2024, p. 13), "genericamente, pode-se dizer que matemática e realidade são dois conjuntos disjuntos e a modelagem é um meio de fazê-los interagir", permitindo que conceitos matemáticos ganhem significado ao serem aplicados a situações reais no contexto da matemática escolar, possibilitando sua exploração ao longo da sequência didática. Além disso, constatou-se o desenvolvimento da capacidade de interpretar e analisar gráficos de funções exponenciais, diferenciando gráficos de funções afins, quadráticas e logarítmicas, habilidade essencial à leitura e à compreensão de dados em diferentes contextos. A construção e comparação de gráficos, a partir de dados experimentais, contribuíram para que os estudantes reconhecessem o comportamento não linear das funções exponenciais, favorecendo uma aprendizagem mais significativa.

Outro aspecto relevante identificado foi o desenvolvimento do pensamento crítico e científico, favorecendo o protagonismo dos estudantes no processo de aprendizagem. Ao vivenciarem etapas do processo de modelagem matemática, como a formulação de hipóteses, a coleta de dados, a construção de modelos e a análise de suas limitações, os estudantes puderam compreender que os modelos matemáticos são aproximações da realidade, o que ampliou a compreensão sobre o papel da Matemática como ferramenta de investigação e sobre a modelagem matemática como metodologia ativa. Segundo Assumpção e Costa (2024) essa metodologia facilita o aprendizado e torna o processo educacional mais dinâmico e estimulante.

Os resultados também indicaram que os estudantes conseguiram transferir os conhecimentos adquiridos para novos contextos, como problemas envolvendo crescimento populacional, decaimento de substâncias e juros compostos, evidenciando a consolidação dos conceitos trabalhados. Tal transferência reforça a eficácia da sequência didática na promoção de aprendizagens duradouras. A pesquisa foi além de simplesmente levar os estudantes a

recordar o conceito de função exponencial. Os resultados evidenciaram que os participantes também rememoraram experiências significativas vivenciadas nas oficinas, especialmente aquelas relacionadas a situações do cotidiano. Meyer, Caldeira e Malheiros afirmam que o estudante:

> Não se deve mais assistir aos objetos matemáticos, mas manipulá-los, porque rompemos com a concepção de que o professor ensina e passamos a acreditar na ideia de que o conhecimento não está somente nem no sujeito nem no objeto, mas na sua interação. Passamos de objetos que o professor ensina para objetos que o aluno aprende. ( Meyer, Caldeira e Malheiros, 2019, p.19).

No que se refere ao engajamento, as falas dos estudantes revelaram maior participação, interesse e envolvimento durante as aulas. O uso de atividades práticas, experimentais e colaborativas contribuiu para tornar o ambiente de aprendizagem mais dinâmico, favorecendo mais uma vez o protagonismo discente e o trabalho em grupo. Destacou-se ainda a importância da mediação docente ao longo do processo, uma vez que a modelagem matemática não substitui a atuação do professor, mas exige uma condução cuidadosa para a sistematização dos conceitos e a articulação entre as atividades práticas e os conteúdos formais da Matemática.

Por fim, os resultados obtidos permitem concluir que a sequência didática baseada na modelagem matemática se mostrou uma estratégia pedagógica eficaz para o ensino de funções exponenciais no Ensino Médio, especialmente no contexto da escola pública investigada. A proposta apresentou alinhamento com as habilidades da BNCC, em especial as EM13MAT203, EM13MAT303, EM13MAT304, EM13MAT403, EM13MAT508 associadas às habilidades da matriz do Saeb: H27(D27), H28(D28) e H29(D29) e pode servir de referência para práticas pedagógicas que busquem tornar o ensino de Matemática mais significativo, contextualizado e investigativo.

## 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diante dos resultados obtidos na aplicação da sequência didática baseada na modelagem matemática para o ensino de funções exponenciais, algumas recomendações podem ser apontadas para investigações futuras. Primeiramente, sugere-se a ampliação da proposta para outras turmas do Ensino Médio, como por exemplo, a 1ª série, em que os estudantes estudam funções exponenciais pela primeira vez, possibilitando realizar análises comparativas e verificar a replicabilidade da sequência didática em realidades distintas.

Outra possibilidade consiste na adaptação da sequência didática para outros conteúdos matemáticos, tais como funções logarítmicas, progressões geométricas e funções exponenciais com base natural, tendo o conteúdo de funções exponenciais seria o ponto de partida, ampliando o uso da modelagem matemática como estratégia pedagógica ao longo do currículo do Ensino Médio. Além disso, futuras pesquisas podem explorar a integração da modelagem matemática com o uso de tecnologias digitais, como softwares de simulação, planilhas eletrônicas e aplicativos educacionais, potencializando a análise de dados e a construção de modelos.

Por fim, sugere-se o aprofundamento de estudos que articulem a modelagem matemática com outras metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em projetos e a resolução de problemas, buscando ampliar as possibilidades metodológicas e didáticas e fortalecer o ensino de Matemática de forma contextualizada, crítica e significativa.

## REFERÊNCIAS


ALMEIDA, Lourdes Werle de; SILVA, Karina Pessôa da; VERTUAN, Rodolfo Eduardo. **Modelagem matemática na educação básica**. 1. ed., 2ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2025.

ALMEIDA, L. M. W; e SILVA, A. **Por uma Educação Matemática Crítica: a Modelagem Matemática como alternativa**. Educ. Matem. Pesq., São Paulo, v.12, n.2, 221-241, 2010. Disponível http://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/2752/3304. 30/05/2025

ASHTIANI, Alireza Mohebi; DEMARCHI, Tatielen. **MODELAGEM MATEMÁTICA ASSOCIADA A UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE FUNÇÃO EXPONENCIAL**. Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino, *[S. l.]*, v. 9, n. 3, p. 5–25, 2025. Disponível em: https://periodicos.uenp.edu.br/index.php/reppe/article/view/1953. Acesso em: 29 jan. 2026

ASSUMPÇÃO, Caline; COSTA, Váldina. **Metodologias Ativas: Modelagem Matemática na Educação Básica**. In: XI Bienal de Matemática, 2024. Disponível em: <XI_BM_POSTER_Caline_Assumpção> Acesso em: 25 jan. 2026.

BACICH, Lilian. MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. – Porto Alegre: Penso, 2018.

BASSANEZI, R.C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia.**4. ed.,2ª impressão. – São Paulo: Contexto, 2019.

BASSANEZI, R.C. **Modelagem matemática: teoria e prática**. – São Paulo: Contexto, 2015.

BATISTA, José Ivan Luz *et al*. **A lei de resfriamento de newton e a modelagem matemática: uma experiência no ensino médio**. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, *[S. l.]*, v. 1, pág. 1–16, 2025. DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4169 . Disponível em: https://remunom.ojsbr.com/multidisciplinar/article/view/4169 .

BIEMBENGUT, Maria Salett; HEIN, Nelson. **Modelagem matemática no ensino**. – 3ª ed – São Paulo: Contexto, 2024.

BRANDT, C.F; BURAK, Dionísio; KLÜBER, Tiago Emanuel. **Modelagem Matemática: perspectivas, experiências, reflexões e teorizações**. 2 ed. rev. ampl. Ponta Grossa, Editora UEPG, 2016.umentação: numeração progressiva das seções de um documento: apresentação. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012a.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Saeb 2001: novas perspectivas**. Brasília, DF: Inep, 2002. Disponível em: http://download.inep.gov.br/download/saeb/2001/Miolo_Novas_Perspectivas2001.pdf. Acesso em: 4 abr. 2022.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Matrizes de referência de matemática do Saeb – BNCC**. Brasília, 2022

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Relatório de resultados do Saeb 2023**: volume 1: dados de proficiência: versão preliminar. Brasília, DF: Inep, 2025. Disponível em: https://download.inep.gov.br/saeb/volume_1_dados_de_proficiencia.pdf .Acesso em: 1 fev. 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. 2018. Disponível https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf . Acesso em 19 mai. de 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep**). Matriz de Referência Enem**. Brasília, DF: Inep, [s.d.]. Disponível em: https://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf .Acesso em: 1 fev. 2026.

BURAK, D. **Modelagem matemática: uma metodologia alternativa para o ensino de matemática na 5ª série**. Dissertação de Mestrado em Educação Matemática. Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Rio Claro, 1987.

CAÇANDRE, Elemilson Barbosa; ALVES, Stephanie Coelho Teista. **O ENSINO DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS NA EDUCAÇÃO BÁSICA: UMA PROPOSTA DIDÁTICA UTILIZANDO A MODELAGEM MATEMÁTICA**. Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco, *[S. l.]*, v. 13, n. 1, p. 5–16, 2024. DOI: 10.36524/saladeaula.v13i1.1625. Disponível em: https://ojs.ifes.edu.br/index.php/saladeaula/article/view/1625.Acesso em: 2 fev. 2026.

CAED. **Centro de Políticas Públicas e Avaliação da Educação**: Disponível em: Avaliação e Monitoramento Piauí. Acesso em: 18 mai. 2025.

CORREIA, Gleidson Santos; CAZORLA, Irene Mauricio. **A função exponencial na pesquisa em Educação Matemática: como dialoga com a BNCC? Em Teia** | Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana, *[S. l.]*, v. 12, n. 4, 2021. DOI: 10.51359/2177-9309.2021.249017. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/emteia/article/view/249017. Acesso em: 1 fev. 2026.

COSTA, Dailson Evangelista; GONÇALVES, Tadeu Oliver. **Compreensões, abordagens, conceitos e definições de sequência didática na área de educação matemática**. Bolema: Boletim de Educação Matemática, Rio Claro, v. 36, n. 72, p. 306-328, abr. 2022. DOI: https://doi.org/10.1590/1980-4415v36n72a16. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bolema/a/TBtxkXdxLr5JnHCrcyWfSWL/?lang=pt. Acesso em: 3 fev. 2026.

COSTA, Dailson Evangelista; GONÇALVES, Tadeu Oliver; MARIANO, Wagner dos Santos. **Construção e Desenvolvimento de Sequência Didática Investigativa (SDI): bases teóricas e metodológicas**. PARADIGMA, Maracay, v. 45, n. 2, p. e2024011, 2024. DOI: 10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2024.e2024011.id1538. Disponível em: https://revistaparadigma.com.br/index.php/paradigma/article/view/1538. Acesso em: 3 feb. 2026.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

D'AMBROSIO, U. **Da realidade à ação: reflexões sobre educação e matemática**. Campinas, Summus, 1986.

D'AMBROSIO, Ubiratan. **Educação matemática: Da teoria à prática**. – Campinas, SP: Papirus, 2008.

EUFRAUSINO, F. A.; ASSIS, R. A. DE; ASSIS, L. M. E. DE. **Curvas de aprendizagem. Revista Educação & Ensino** - ISSN 2594-4444, v. 9, n. 1, 8 maio 2025. https://doi.org/10.71136/ree.v9i1.820. Acesso em: 4 fev. 2026

FERRAZ, Valmária Rocha da Silva; CARVALHO, Irismar da Silva. **Aplicações matemáticas com Tangram no Ensino Médio: Um estudo de caso. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, *[S. l.]*, v. 15, n. 1, p. e6015150545, 2026. DOI: 10.33448/rsd-v15i1.50545 . Disponível em: https://rsdjournal.org/rsd/article/view/50545 . Acesso em: 4 fev. 2026.

FERREIRA, Débora Borges; OLIVEIRA, Edvan Pontes de. **A matemática no jogo de Torres de Hanói**. Rio de Janeiro: SBM – Sociedade Brasileira de Matemática, 2023. Disponível em: < https://sbm.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Torre_de_Hanoi_SBM.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2026.

FERREIRA, R. dos S.; PEREIRA DA COSTA, A. **FUNÇÃO EXPONENCIAL: uma análise de tarefas presentes em livros didáticos de matemática**. Revista Pedagógica, *[S. l.]*, v. 26, n. 1, p. e7945, 2024. DOI: 10.22196/rp.v26i1.7945. Disponível em: https://pegasus.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/pedagogica/article/view/7945 . Acesso em: 1 fev. 2026.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GÓES, Anderson Roges Teixeira; GÓES, Heliza Colaço. **Modelagem matemática: teoria, pesquisa e práticas pedagógicas**. 2. ed. rev. e atual. Curitiba: Intersaberes, 2023. (Série matemática em sala de aula).

GOUVEA, Erica; VEIGA, Susana Aparecida da; RICHETTO, Katia Celina da Silva; FERREIRA, Willian José; MOURA, Roque Antônio de. **Aplicação de análise estatística na educação matemática: avaliação da eficácia da metodologia ativa no ensino como método inovador**. *Revista Ciências Exatas*, Taubaté, v. 30, n. 2, 2024. DOI: https://doi.org/10.69609/1516-2893.2024.v30.n2.a3886

HAIR, Joseph F. et al. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

IEZZI, Gelson; DOLCE, Osvaldo; MURAKAMI, Carlos. **Fundamentos de matemática elementar, 2: logaritmos**. 10. ed. São Paulo: Atual, 2013.

LIMA, Elon Lages. **A Matemática do Ensino Médio**, v. 1. 11. ed. Rio de Janeiro: SBM, 2023.

LIMA, Jean Amaral Gomes; SILVA, Luciano Martins da. **A Modelagem Matemática no processo de ensino e aprendizagem no ensino médio**. Rebena - Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem, *[S. l.]*, v. 13, p. 520–526, 2026. DOI: 10.5281/zenodo.18136053. Disponível em: https://rebena.emnuvens.com.br/revista/article/view/523. Acesso em: 2 fev. 2026

LIMA, Soleny Canuto de; LOPES, Thiago Beirigo; VIEIRA, Suellen Aparecida Greatti. **EPISTEMOLOGIA DA MODELAGEM MATEMÁTICA E IMPRESSÃO 3D NO ENSINO DE GEOMETRIA**. REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, Cuiabá, v. 12, p. e24042, 2024. DOI: 10.26571/reamec.v12.17920. Disponível em: https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/17920. Acesso em: 2 fev. 2026

MEDEIROS, Leticia de Azevêdo; LOPES, Maria Maroni; PEREIRA, Jarlyson César Silva. **DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM EM CONTEÚDOS MATEMÁTICOS: FOCO NAS CONCEPÇÕES DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218, *[S. l.]*, v. 5, n. 1, p. e514604, 2023. DOI: 10.47820/recima21.v5i1.4604. Disponível em: https://recima21.com.br/recima21/article/view/4604. Acesso em: 28 jan. 2026.

MEYER, João Frederico Costa Azevedo; CALDEIRA, Ademir Donizeti; MALHEIROS, Ana Paula dos Santos. **Modelagem em Educação Matemática**. – 4. ed.; – Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2019.

MINAYO, Maria Cecília de Souza; DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 18. ed. Petrópolis: Vozes, 2016.

MOREIRA, M.A. **Unidades de enseñanza potencialmente significativa**.: UEPS. Aprendizagem significativa em revista. Porto Alegre, v.1n.2, p. 43-63, 2011

NEGRELLI, M. A.; CIFUENTES, J. C. **Aspectos epistemológicos da modelagem matemática na educação matemática**. BOLEMA – Boletim de Educação Matemática, Rio Claro, v. 27, n. 45, p. 1–20, 2013. Disponível em: < https://www.sbembrasil.org.br/files/XIENEM/pdf/2605_1707_ID.pdf >. Acesso em: 2 fev. 2026.

OLIVEIRA, A. C. M. **Modelagem Matemática em Sala de Aula: perspectivas para o ensino fundamental**. 2018. 112 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, 2018.

OLIVEIRA, C. J. A. de; LAVOR, O. P. .**Sequência didática para o ensino e aprendizagem de juros compostos com o software Geogebra**. Boletim Cearense de Educação e História da Matemática, *[S. l.]*, v. 9, n. 25, p. 96–110, 2022. DOI: 10.30938/bocehm.v9i25.7400. Disponível em: https://revistas.uece.br/index.php/BOCEHM/article/view/7400. Acesso em: 3 fev. 2026.

OLIVEIRA, Marcelo de Sousa. **Uma reflexão sobre a ideia de superação do ensino tradicional na educação matemática: a dicotomia entre a abordagem clássica e abordagens inovadoras em foco**. Revista BOEM, Florianópolis, v. 7, n. 14, p. 79–93, 2019. DOI: 10.5965/2357724X07142019079. Disponível em:

https://www.periodicos.udesc.br/index.php/boem/article/view/16816. Acesso em: 4 fev. 2026.

PAIXÃO, Joelson. **O USO DE METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE MATEMÁTICA**. Revista Tópicos, v. 3, n. 27, 2025. ISSN: 2965-6672.DOI: 10.5281/zenodo.17556518

PARANÁ. GOVERNO DO PARANÁ. **SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ**. Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Matemática. 2008. Disponível em: https://www.educacao.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-12/dce_mat.pdf . Acesso em: 08 fev. 2026.

PIAUÍ. Secretaria de Estado da Educação. **Sistema de Avaliação Educacional do Piauí – SAEPI**. 2025. Disponível em:<https://avaliacaoemonitoramentopiaui.caeddigital.net/#!/sistema >. Acesso em: 30 jan. 2026

ROSA, Maria Fabiana Sousa; SOUZA, Ronilson Freitas de. **Sequência didática, apoiada em Aprendizagem Baseada em Projetos, no ensino de Ciências, em diálogo com os pressupostos freireanos**. Scientia Plena, *[S. l.]*, v. 19, n. 3, 2023. DOI: 10.14808/sci.plena.2023.034413. Disponível em: https://scientiaplena.emnuvens.com.br/sp/article/view/6870. Acesso em: 3 fev. 2026.

SANTOS, Lucas Matias dos; SCHUEROFF, Bianca; SILVA, Parmmenas Ferro da; FERREIRA, Patrick; VIDOTTI, Daniela Barbieri. **Do Meme à Lenda do Xadrez: Modelagem Matemática em situações de crescimento exponencial**. Monumenta - Revista Científica Multidisciplinar, *[S. l.]*, v. 12, n. 12, p. 1–6, 2025. DOI: 10.57077/monumenta.v12i12.314. Disponível em: https://revistaunibf.emnuvens.com.br/monumenta/article/view/314. Acesso em: 29 jan. 2026.

SANTOS, Maurinete Costa dos; ASSIS, Raul Abreu de; ASSIS, Luciana Mafalda Elias de. **UMA MODELAGEM MATEMÁTICA E O ENSINO DE FUNÇÕES: UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO MÉDIO**. RECET - Revista de Ciências Exatas e Tecnológicas, *[S. l.]*, v. 1, p. e012401, 2024. DOI: 10.30681/recet.v1i.11721. Disponível em: https://periodicos.unemat.br/index.php/recet/article/view/11721. Acesso em: 2 fev. 2026.

SCANDIUZZI, P. P.; MIRANDA, N. **Resolução de problema matemático através da etnomatemática**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ETNOMATEMÁTICA, 1., 2000, São Paulo. Anais... São Paulo: USP/Faculdade de Educação, 2000. p. 251-254.

SKOVSMOSE, Ole. **Cenários para investigação**. Bolema – Boletim de Educação Matemática, Rio Claro, v. 13, n. 14, 2000. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/bolema/article/view/10635/7022 . Acesso em: 3 fev. 2026.

SMOLE, K.S; DINIZ, M.I. **Ler, escrever e resolver problemas. Habilidades básicas para aprender matemática**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

SMOLE, Kátia Stocco; DINIZ, Maria Ignez; MILANI, Estela. **Cadernos do mathema: jogos de matemática**. Porto Alegre, RS: Artemed, 2007

SOPRANI, L. C. P.; MÓL, A. C. de A.; SANTO, A. C. do E. **A defasagem no ensino da matemática: análise crítica das causas, impactos e estratégias para superação**. Caderno Pedagógico, *[S. l.]*, v. 22, n. 1, p. e13515, 2025. DOI: 10.54033/cadpedv22n1-191 Disponível em: https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/13515.

SOUSA, Francilino Paulo de et al. **MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: ATIVIDADES PRÁTICAS PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**. ARACÊ , *[S. l.]*, v. 7, n. 6, p. 31609–31625, 2025. DOI: 10.56238/arev7n6-142. Disponível em: https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/5838. Acesso em: 29 jan. 2026.

SOUSA, Robert David Fernandes de; GUTIERRE, Liliane dos Santos. **Sequência Didática para o ensino de Matemática mobilizados a partir dos Critérios de Adequação Didática: um guia de elaboração**. PARADIGMA, Maracay, v. 46, n. 1, p. e2025023, 2025. DOI: 10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2025.e2025023.id1613. Disponível em: https://revistaparadigma.com.br/index.php/paradigma/article/view/1613. Acesso em: 3 fev. 2026.

TAHAN, Malba. **O homem que calculava** – 1ª ed. – Rio de Janeiro: Record, 2023.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2011.

UCHÔA, José Mauro Souza; ANDRADE, Gleiciane Lima. **O processo de ensinagem e desenvolvimento de saberes práticos e teóricos no programa Residência Pedagógica: duas concepções de sequência didática**. *Revista Cocar*, Belém, v. 21, n. 39, p. 1–20, 2024. Disponível em: https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar. Acesso em: 3 fev. 2026.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

## APÊNDICE 1 - PRÉ – TESTE

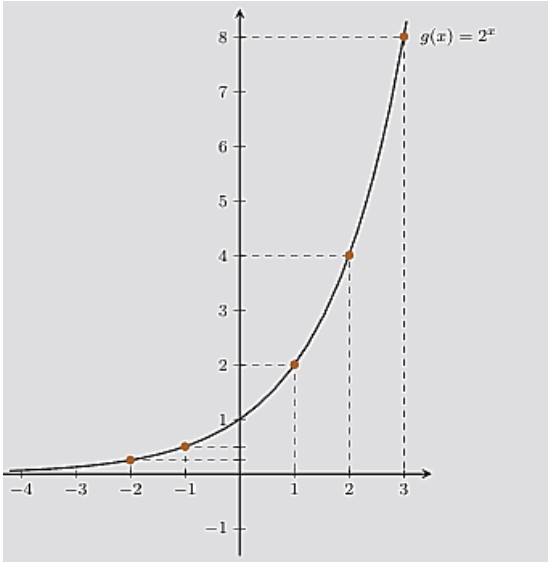
Nome:_____ Idade: _____

Série: _____ Turma: _____

FUNÇÃO EXPONENCIAL

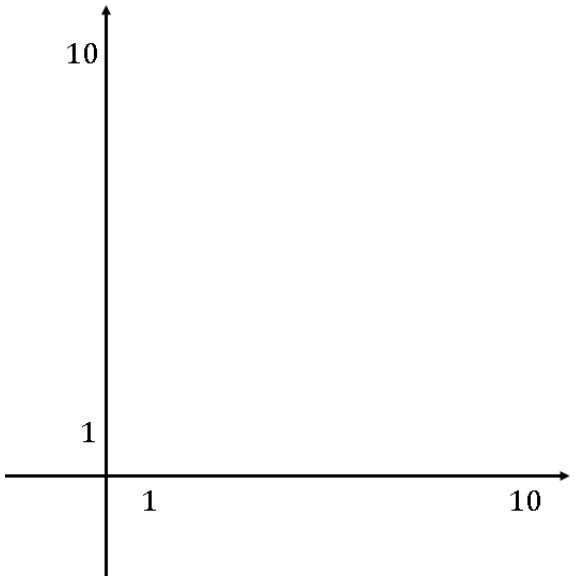
Exercício 1.1

a) Quais são as coordenadas dos pontos destacados no gráfico da função $g(x)=2^x$ representado na figura abaixo?



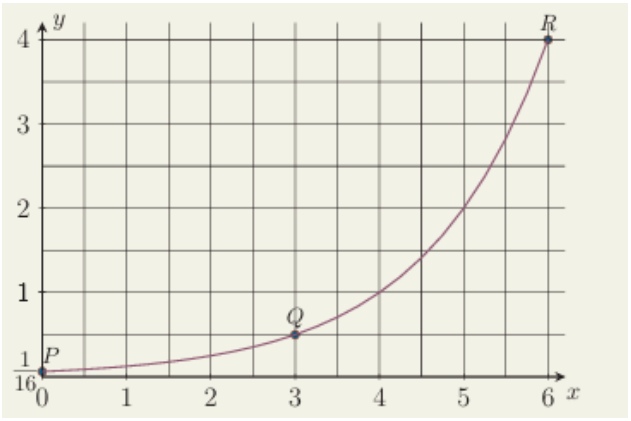

b) O que essas coordenadas representam?

c) Agora esboce o gráfico da função exponencial $g(x)=10^x$, definida para todo número real x.



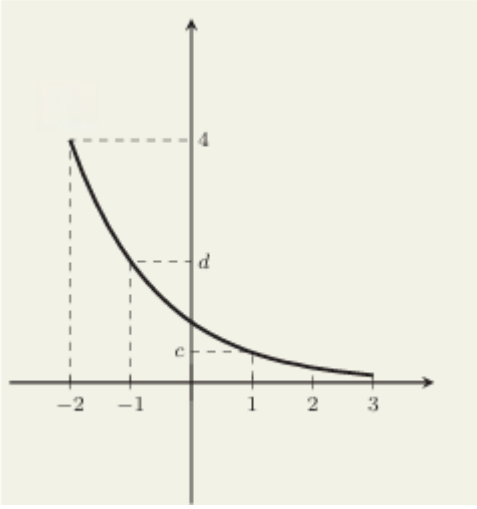
Exercício 1.2 A seguinte figura mostra parte do gráfico de uma função da forma $f(x)=Aa^x$, onde **A** e **a** são constantes.

a) Determine as coordenadas dos pontos P, Q e R.




b) Determine o valor A e a na função $f(x)=Aa^x$ .

Exercício 1.3 Observe o gráfico na figura faça os seguintes itens.




a) O gráfico representa a função $h(x)=A^x$, para algum $A>0$. Determine o valor de A.

b) Calcule $h(-3)$ e $h(3)$.

c) Os pontos $(-1,d)$ e $(1,c)$ pertencem ao gráfico. Qual o valor de $d-c$?

d) Para qual valor de x devemos ter $h(x)=1/16$?

e) Para qual valor de x devemos ter $h(x)=16$?

Exercício 1.4 - PAEBES, ItemM120261A9 (adaptada)- A evolução prevista para certa cultura de bactérias é dada por $N(t)=2\cdot 3^t$, em que N é o número de bactérias, e t é o tempo em anos. Qual será o tempo necessário para que o número de bactérias seja de 486?

Exercício 1.5 - SAEGO, ItemM120282H6(adaptada) - Em determinado período, um pecuarista constatou que a população P, em milhares, de caprinos e ovinos da empresa onde atuava variava de acordo com a função $P(t)=\frac{1}{4}2^t$, em que t representa o tempo, em anos, a partir do início do registro dessa população. Depois de 6anos do início desse registro, a população, em milhares, de caprinos e ovinos será de quanto?

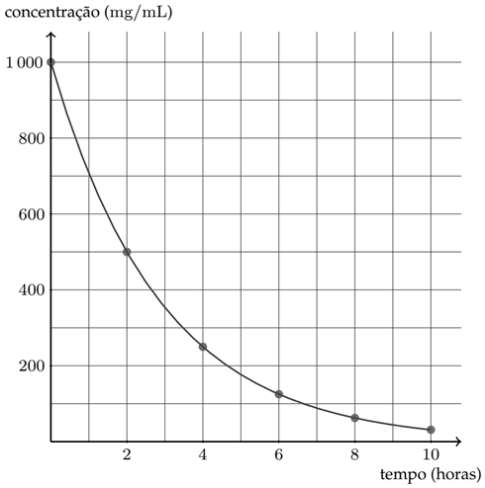
Exercício 1.6 PAEBES, ItemM120109A9 (adaptada), adaptada. No meio de uma avenida movimentada, o motorista aciona os freios de seu automóvel. Após a freada, o automóvel percorre 24 metros no 1º segundo, 12 metros no 2º segundo, e assim por diante, percorrendo, em cada segundo, metade da distância que percorreu no segundo anterior. A distância total a ser percorrida no tempo de 4 segundos após a freada será de
A) 15metros. B) 21metros. C) 27metros. D) 42metros. E) 45metros.

TEXTO REFERENTE AOS EXERCÍCIOS 1.7 E 1.8.

A seguinte tabela mostra a concentração de um medicamento na corrente sanguínea após o instante em que o medicamento é ingerido.

| **Tempo** (em horas) | **Concentração do medicamento** (em mg/mL) |
|---|---|
| 0 | 1 000 |
| 2 | 500 |
| 4 | 250 |
| 6 | 125 |

Esses dados podem ser representados no plano cartesiano da seguinte forma:




Exercício 1.7 Após a ingestão do medicamento, em quanto tempo, em horas, sua concentração na corrente sanguínea é igual a 31,25 mg/mL?

Exercício 1.8 Qual dos seguintes tipos de função melhor modela a concentração do medicamento em função do tempo?

a) Função afim da forma $f(t)=1000+at$, onde a>0.
b) Função exponencial da forma $f(t)=1000\cdot a^t$, onde $a>1$.
c) Função exponencial da forma $f(t)=1000\cdot a^t$, onde $0<a<1$.
d) Função quadrática da forma $f(t)=at^2+bt+c$ com $a<0$.
e) Função quadrática da forma $f(t)=at^2+bt+c$ com $a>0$

Exercício 1.9. Marcos solicitou ao banco, em janeiro de 2025, financiamento de uma dívida de R$ 2 000,00, a uma taxa de juros compostos de 10% ao mês. Caso realizasse o pagamento 2 meses após o financiamento, isto é, em março de 2025, o valor a ser pago por Marcos seria igual a

a) R$ 2 420,00. b) R$ 2 400,00. c) R$ 2 040,00. d) R$ 2 020,00. e) R$ 2 010,00.

Exercício 1.10. Você apresenta dificuldades no conteúdo de função exponencial (conceito e definição, representação algébrica, resolução de problemas)? ( ) Sim ( ) Não

Se sim, em qual(is)? ( ) Conceito e definição ( ) Representação algébrica ( ) Resolução de problemas

I. Se você marcou que sente dificuldade em conceito e definição, qual seria essa dificuldade?

( ) Compreender o que é uma função exponencial.

( ) Dificuldade em aplicar a definição de função exponencial nas questões.

( ) Distinção entre função exponencial e outras funções, como a função quadrática e afins e logarítmica.

II. Se você marcou que sente dificuldade em Representação algébrica, qual seria essa dificuldade?

( ) Compreender o significado dos coeficientes na construção do gráfico.

( ) Em encontrar a função exponencial a partir de dois pontos.

( ) Na substituição de valores em uma função exponencial.

III. Se você marcou que sente dificuldade em resolução de problemas, qual seria essa dificuldade?

( ) Em encontrar uma função exponencial a partir de um problema.

( ) Em aplicar a função exponencial na resolução de questões práticas.

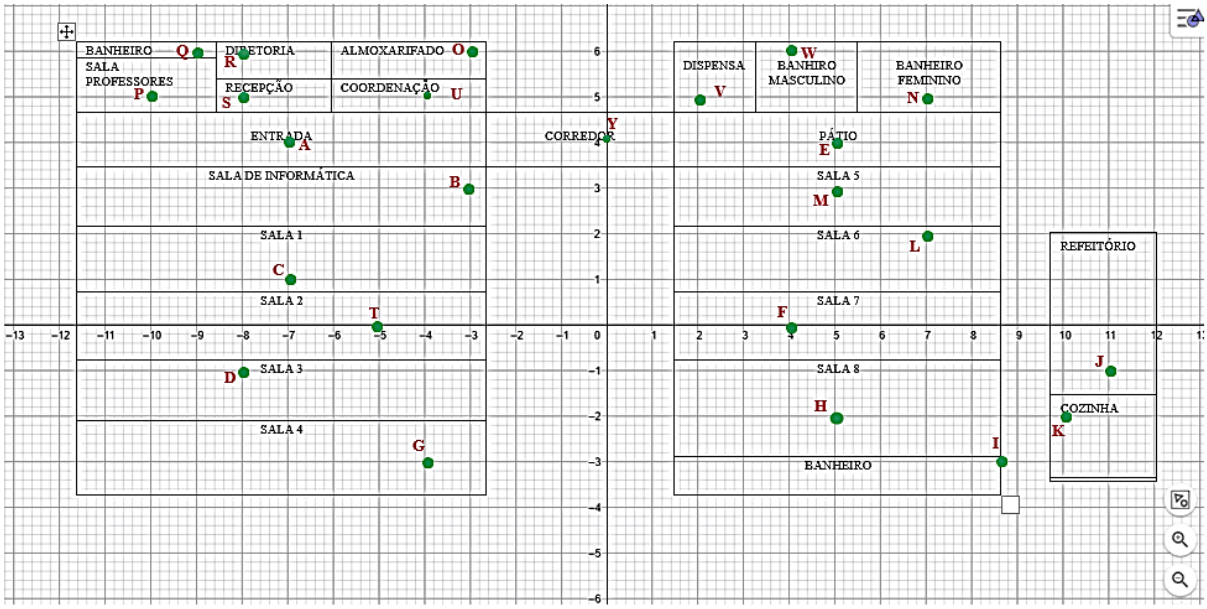
( ) Verificação da solução encontrada para garantir que ela se alinha com as condições do problema original

## APÊNDICE 2 - EXPLORANDO O PLANO CARTESIANO A PARTIR DA PLANTA DA ESCOLA

**Objetivo da atividade**

Relacionar pares ordenados à localização de espaços reais da escola, desenvolvendo a compreensão do plano cartesiano como ferramenta de representação e análise espacial.

Observe o plano cartesiano sobreposto à planta da escola e responda as questões de 1 a 8.




1. Determine as coordenadas seguintes pontos:
   a) Entrada (A)
   b) Sala 1 (C)
   c) Sala 3 (D)
   d) Sala 6 (L)
   e) Refeitório (J)

2. Em qual quadrante está localizado:
   a) A Sala 4 (G)?
   b) O Pátio (E)?
   c) A Diretoria (R)?

3. Existe algum ponto localizado sobre um dos eixos coordenados? Se sim, identifique-o e escreva suas coordenadas.

4. Considere que um estudante:
   Sai da Entrada (A) e vai até a Sala 5 (M).
   a) Qual é a variação na coordenada x?
   b) Qual é a variação na coordenada y?

5. Determine a distância aproximada, em unidades do plano, entre:
   a) Sala 1 (C) e Sala 3 (D)
   b) Sala 6 (L) e Refeitório (J)
   (Use a fórmula da distância entre dois pontos.)

6. Um estudante saiu da Sala de Informática (B), passou pelo Pátio (E) e seguiu até a Cozinha (K) e voltou para Sala de Informática (B)
   a) Represente esse trajeto no plano.

   b) Calcule a área representada pelos pontos.

7. Se uma câmera de segurança estiver instalada no ponto médio entre a Diretoria (R) e a Coordenação (U), determine suas coordenadas.

8. Se o Banheiro Feminino (N) estiver 2 unidades acima da sua posição atual, quais seriam suas novas coordenadas?

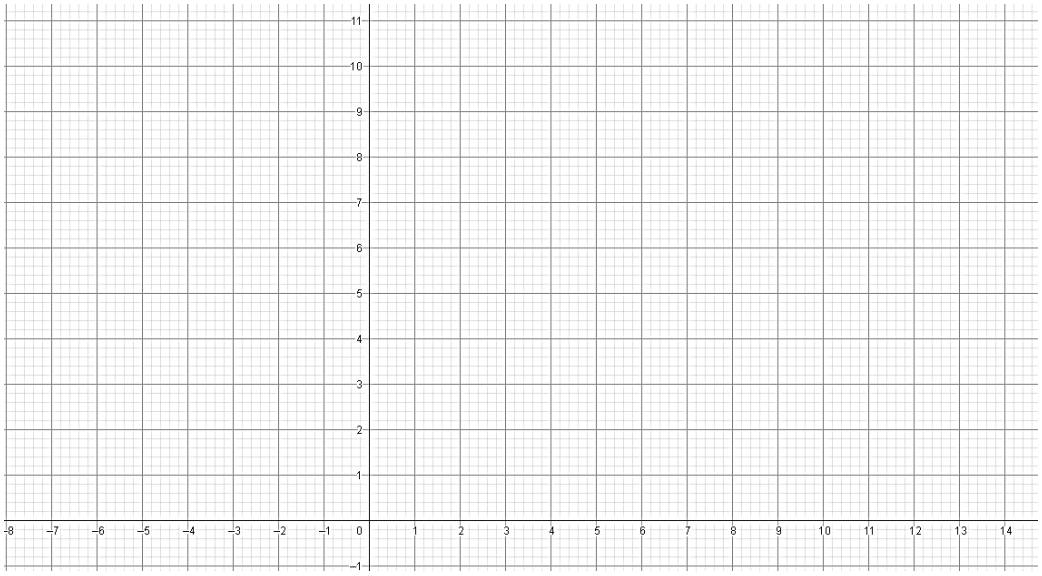
## APÊNDICE 3 - ROTEIRO DE ATIVIDADE INVESTIGATIVA COM USO DO GEOGEBRA

**Objetivo da atividade**

Investigar o comportamento gráfico das funções exponenciais por meio do software GeoGebra, analisando crescimento, decrescimento, domínio, imagem, assíntota horizontal e transformações gráficas, de modo a favorecer a compreensão conceitual da função exponencial.

1. Construa o gráfico da função:

$$y = 2^x$$



Após a construção, responda:

a) Qual é o domínio da função?

b) Quais valores a função pode assumir (imagem)?

c) O gráfico intercepta o eixo x? Justifique.

d) O que acontece com a curva quando $x \to -\infty$?

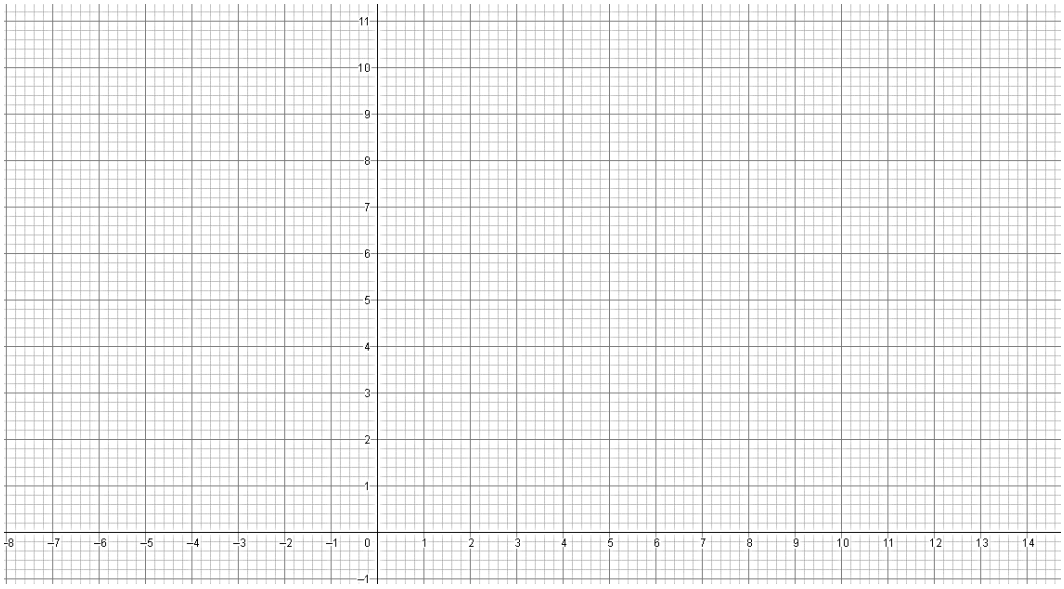
e) função é crescente ou decrescente? Explique com base no gráfico.

Agora, utilize a ferramenta de zoom:

f) Ao ampliar a visualização, o que você percebe em relação à proximidade da curva com o eixo x?

g) Ao reduzir o zoom, o comportamento da curva se altera? Existe alguma interrupção ou falha?

2. Construa agora o gráfico da função:
   y = $\left(\frac{1}{2}\right)^x$



Responda:

a) A função é crescente ou decrescente?

b) Compare o comportamento desta função com o da função anterior.

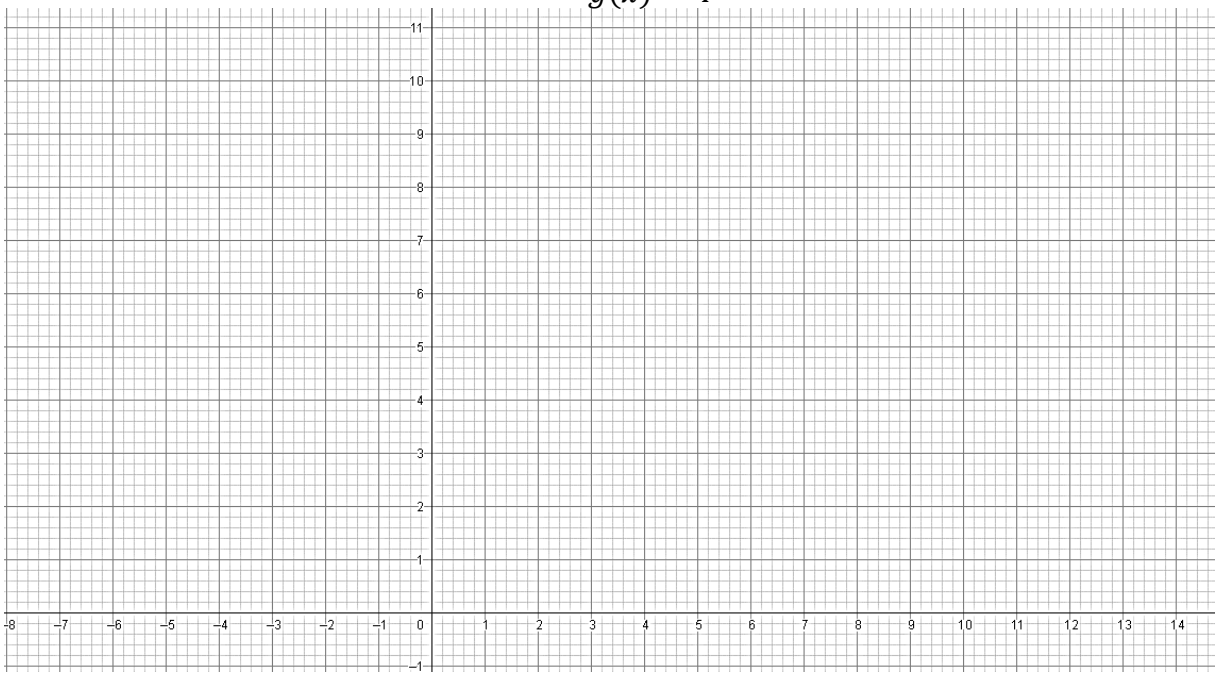
c) O que ocorre quando x→+∞?

d) Existe assíntota horizontal? Qual?

Registre as diferenças observadas entre as duas funções.

3. Construa, no mesmo plano cartesiano, as seguintes funções:

$$f(x) = 3^x$$
$$g(x) = 4^x$$



Responda:

a) Quanto maior a base, o crescimento ocorre de forma mais rápida ou mais lenta?

b) O que permanece igual entre os gráficos?

c) O que muda?

Elabore uma conclusão sobre a influência da base no comportamento da função exponencial.

4. Digite no Geogebra:

$$y = a^x$$

Crie um controle deslizante para o parâmetro a, variando entre 0 e 5.

Movimente o controle e registre:

a) O que acontece quando a>1?

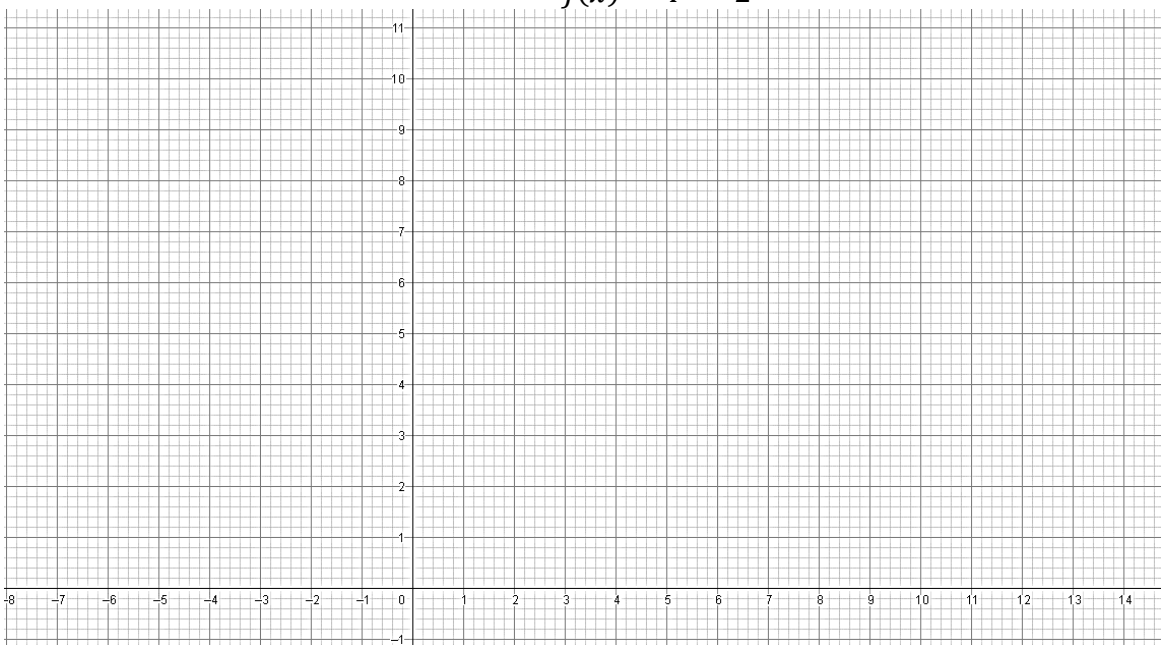
b) O que ocorre quando 0<a<10?

c) O que acontece quando a=1?

Descreva suas conclusões.

5. Construa, no mesmo plano cartesiano, as funções:

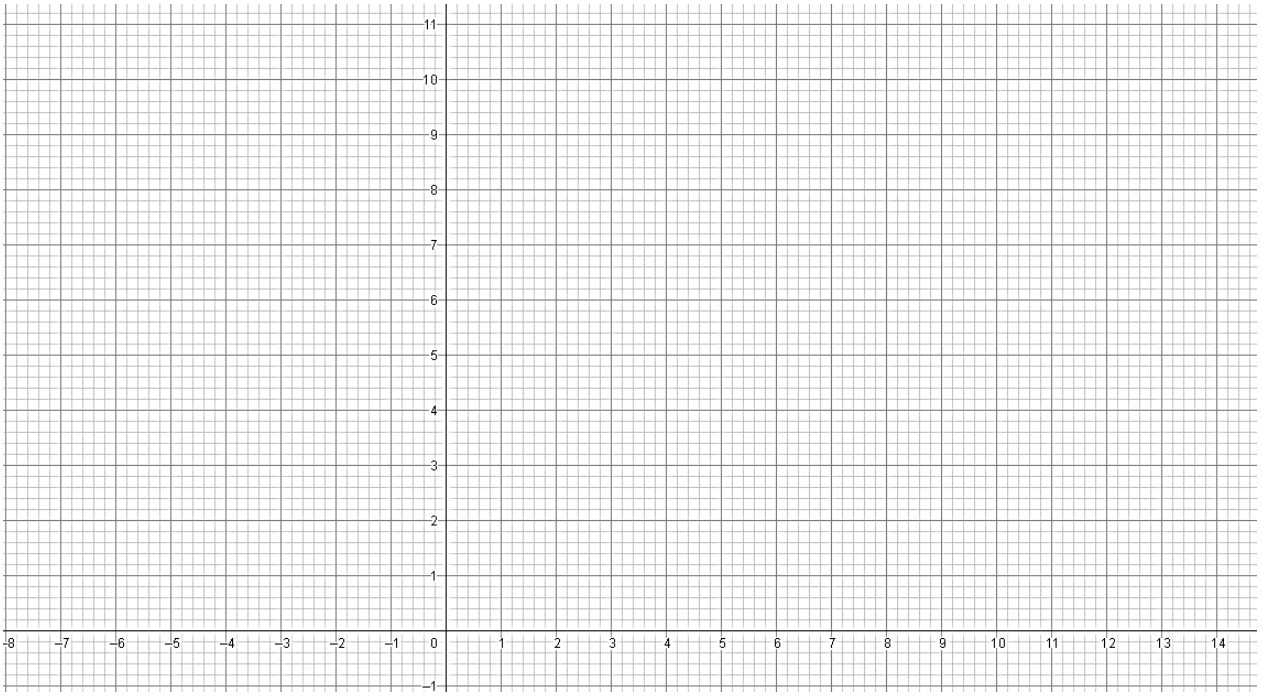
$$f(x) = 4^x$$
$$g(x) = 4^x + 1$$
$$h(x) = 4^x - 1$$
$$i(x) = 4^x + 2$$
$$j(x) = 4^x - 2$$



Responda:
a) O que ocorre com o gráfico quando somamos ou subtraímos um número constante?
b) A forma da curva se altera?
c) A assíntota horizontal muda? Justifique.

6. Construa num mesmo plano cartesiano os gráficos das funções exponenciais dadas pelas leis abaixo e registre suas observações;

a) $y = 4^x$ b) $y = 2.4^x + 1$ c) $y = 3.4^x - 1$ d) $y = 4.4^x + 2$
e) $y = 5.4^x - 2$




a) O que ocorre com o gráfico quando multiplicamos a função por uma constante positiva?

b) O ponto de interseção com o eixo y se altera?

c) O crescimento continua exponencial?

## APÊNDICE 4 - TORRE DE HANÓI – EXPLORANDO PADRÕES COM MODELAGEM MATEMÁTICA

**Objetivo da atividade**

Promover a construção do conceito de função exponencial a partir da investigação de um problema clássico da matemática recreativa, favorecendo a identificação de padrões numéricos, a formulação de conjecturas e a elaboração de um modelo matemático generalizador.

A Torre de Hanói é um jogo matemático que consiste em três pinos e um conjunto de discos de tamanhos diferentes. Todos os discos começam empilhados em um dos pinos, do maior embaixo até o menor em cima.

O objetivo é mover todos os discos para outro pino, seguindo estas regras**:**

1. Só é possível mover um disco por vez**.**
2. Um disco só pode ser colocado sobre um disco maior ou em um pino vazio**.**

Menelaus encontrou um jogo da Torre de Hanói com 1 disco. Ele conseguiu resolver com apenas 1 movimento.

Curioso, ele aumentou para 2 discos e percebeu que precisou de 3 movimentos.

Com 3 discos, levou 7 movimentos.

Ele registrou os resultados em uma tabela:

| Quantidade de discos (n) | Mínimo de movimentos (T(n)) |
|---|---|
| 1 | 1 |
| 2 | 3 |
| 3 | 7 |
| 4 | ? |
| 5 | ? |

Perguntas:

a) Complete a tabela acima com o número mínimo de movimentos necessários para 4 e 5 discos, observando o padrão.

b) Menelaus percebeu que o número de movimentos parece seguir uma regra. Escreva essa regra (fórmula) para calcular o número mínimo de movimentos M(n) com base na quantidade de discos n.

c) Usando a fórmula que você encontrou, calcule quantos movimentos são necessários para:

- 6 discos
- 10 discos

d) Se cada movimento levar exatamente 2 segundos, quanto tempo (em minutos e segundos) João levaria para resolver a torre com 6 discos?

e) Esboce o gráfico da fórmula encontrada no item “b”, determinando o domínio e a imagem.

## APÊNDICE 5 - O DESAFIO DOS GRÃOS QUE SE MULTIPLICAM

**Objetivo da atividade**

Identificar regularidades numéricas a partir da análise de uma sequência construída por duplicação sucessiva.

A História do Tabuleiro e dos Grãos que dobram

Há muitos anos, em um reino distante, vivia um rei que gostava de desafios. Mesmo sendo muito rico, ele se sentia entediado e queria algo que estimulasse seu pensamento.

Um dia, um jovem estudioso apresentou ao rei um novo jogo. O jogo era formado por um tabuleiro com 64 casas e peças que se moviam seguindo regras específicas. O rei gostou tanto do jogo que decidiu oferecer uma recompensa ao jovem.

— Peça o que quiser — disse o rei.

O jovem respondeu com um pedido que parecia simples:

— Quero apenas grãos de trigo. Coloque 1 grão na primeira casa do tabuleiro,

2 grãos na segunda, 4 grãos na terceira, 8 grãos na quarta, e assim por diante, sempre dobrando a quantidade da casa anterior, até a casa de número 64.

O rei achou que era um pedido pequeno e aceitou imediatamente. Mas, quando seus conselheiros começaram a fazer as contas, perceberam algo surpreendente: a quantidade de grãos crescia muito rápido! Ao final do cálculo, descobriram que seria impossível pagar a recompensa, pois o número total de grãos era gigantesco.

O rei então compreendeu que o pedido do jovem escondia uma grande lição matemática: quando uma quantidade dobra repetidamente, ela cresce de forma muito mais rápida do que imaginamos.

Fonte: O Homem que Calculava. (Malba Tahan)

Imagine que você está no lugar do rei da história.

Um estudioso apresenta um jogo com um tabuleiro de 64 casas e faz o seguinte pedido como recompensa, invés do trigo vamos usar feijões.

- 1 feijão na 1ª casa
- 2 feijões na 2ª casa
- 4 feijões na 3ª casa
- 8 feijões na 4ª casa

e assim por diante, sempre dobrando a quantidade anterior, até a 64ª casa.

O rei aceita imediatamente. Mas será que ele conseguirá pagar?

Responda às questões a seguir de acordo com o texto

1. Que tipo de crescimento acontece quando uma quantidade dobra a cada etapa?
2. Quantos grãos haverá:

- na 5ª casa?
- na 6ª casa?
- na 10ª casa?

3. Escreva uma expressão matemática que represente a quantidade de grãos na casa de número n.
4. Você acha que esse crescimento é lento ou muito rápido? Justifique sua resposta.
5. Pesquise ou discuta com seus colegas: onde encontramos situações parecidas com esse tipo de crescimento na vida real?

## APÊNDICE 6 - USO DE MEDICAMENTOS E DECAIMENTO EXPONENCIAL

**Objetivo da atividade**

Promover a compreensão do conceito de decaimento exponencial por meio da análise de uma situação contextualizada relacionada à concentração de um medicamento no organismo ao longo do tempo.

1. Interpretação do problema

Um paciente toma um comprimido de 600 mg de um determinado medicamento. A cada hora, o corpo elimina 25% da substância. Queremos descobrir a quantidade de medicamento que resta no corpo após t horas.

- Quantidade inicial ($Q_0$):
- Taxa de eliminação:
- Tempo (t):
- Queremos: a quantidade de medicamento Q(t) que resta no corpo após t horas.

2. Cálculos em alguns instantes

| Tempo (t) – horas | Cálculo | Quantidade restante (mg) |
|---|---|---|
| 0 | | |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |

3. Interpretação dos resultados

4. Montando o modelo matemático

Como é uma eliminação percentual (sempre sobre o que resta), trata-se de um decaimento exponencial:

Q(t)= $Q_0(1-r)^t$

5. Resumo final do modelo

6. Tempo para restar 100 mg

## APÊNDICE 7 - LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON COM UMA MOEDA.

**Objetivo da atividade**

Promover a compreensão do conceito de decaimento exponencial por meio da investigação experimental do comportamento térmico de um corpo metálico em processo de resfriamento.

Atividade investigativa: análise experimental do resfriamento de um corpo metálico e modelagem matemática do fenômeno observado.

- Elabore suas respostas de forma argumentativa, explicando o raciocínio utilizado em cada etapa da análise.
- Construa representações gráficas e tabelas que auxiliem na interpretação dos dados coletados.
- É permitido trabalhar em grupo para discutir ideias, mas cada aluno deve redigir suas próprias respostas.

Parte 1 – Observação e coleta de dados

1. Descreva com suas palavras como foi feito o experimento de aquecer e medir a temperatura da moeda.

2. Monte uma tabela com os valores de temperatura medidos ao longo do tempo.

3. Observe o comportamento da moeda ao longo do tempo e descreva o que aconteceu.

Parte 2 – Análise e modelagem matemática

1. Com base nos dados coletados, desenhe o gráfico de Temperatura (°C) × Tempo (min).

2. Explique, com base na expressão matemática do modelo, por que a variação da temperatura ao longo do tempo caracteriza um comportamento exponencial decrescente.

3. Compare o modelo teórico da Lei de Resfriamento com os dados reais da moeda.

Parte 3 – Interpretação e reflexão

1. Cite fatores que podem interferir na precisão das medições de temperatura.

2. Em que outras situações cotidianas podemos observar fenômenos que seguem a Lei de Resfriamento de Newton?

3. Reflita sobre o que você aprendeu nesta atividade.

## APÊNDICE 8 – PÓS – TESTES COM QUESTÕES SUBJETIVAS

Nome:_____ Idade: _____

Série: _____ Turma: _____

FUNÇÃO EXPONENCIAL: Questões subjetivas

Exercício 1.1

Construa o gráfico da função f(x) = $2^x$ e responda:

a) Quais são as coordenadas dos pontos que você observa no gráfico para x = -1, 0, 1, 2?

b) O que representa o número "2" nessa função?

c) Se trocarmos o 2 por 3, o que muda no gráfico?

Exercício 1.2

A tabela mostra o crescimento de uma planta em centímetros, medido a cada semana.

| Semana (t) | 0 | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Altura (cm) | 5 | 10 | 20 | 40 |

a) O crescimento da planta pode ser representado por uma função exponencial?

b) Escreva a função que representa esse crescimento.

c) Qual será a altura após 6 semanas?

Exercício 1.3

Um remédio tem 200 mg no corpo logo após ser ingerido. A cada hora, a quantidade é reduzida pela metade.

a) Qual a quantidade após 3 horas?

b) Depois de quantas horas restará apenas 25 mg?

c) Esse é um exemplo de crescimento ou decaimento exponencial?

Exercício 1.4

Um capital de R$ 1.000,00 é aplicado a juros compostos de 10% ao mês.

a) Escreva a expressão que representa o valor acumulado após t meses

b) Quanto haverá após 3 meses?

c) Em que situação real esse tipo de cálculo é usado?

Exercício 1.5

De acordo com os dados da tabela, construa gráfico que representa o resfriamento de uma xícara de café:

| Tempo(min) | 0 | 2 | 4 | 6 |
|---|---|---|---|---|
| Temperatura (°C) | 90 | 70 | 55 | 43 |

a) Esse fenômeno é representado por uma função crescente ou decrescente?

b) A temperatura está diminuindo sempre na mesma quantidade ou em proporções?

c) Que tipo de função melhor representa esse comportamento?

Exercício 1.6 – Autoavaliação

O que mais te ajudou a entender o conteúdo?

Objetivo do Pós-Teste

- Verificar se o estudante reconhece o comportamento das funções exponenciais (crescimento e decaimento);
- Avaliar a capacidade de interpretar gráficos e situações reais;
- Observar avanços conceituais após a sequência didática de modelagem.

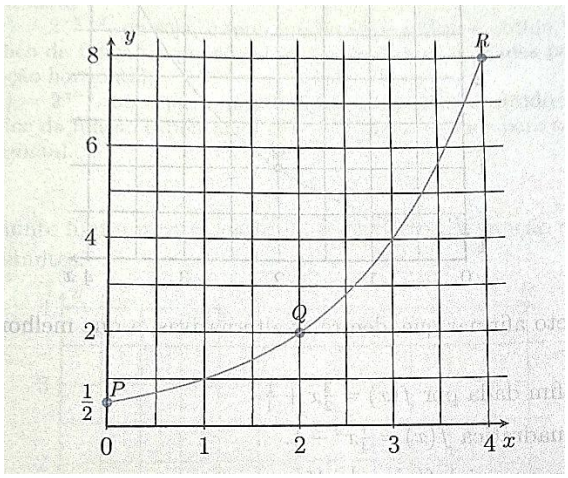
## APÊNDICE 9 – PÓS – TESTES COM QUESTÕES OBJETIVAS

Nome:_____ Idade: _____

Série: _____ Turma: _____

FUNÇÃO EXPONENCIAL: Questões objetivas

1. (SISEDU 2024.2) Observe, na seguinte figura, o gráfico contendo os pontos P, Q e R.

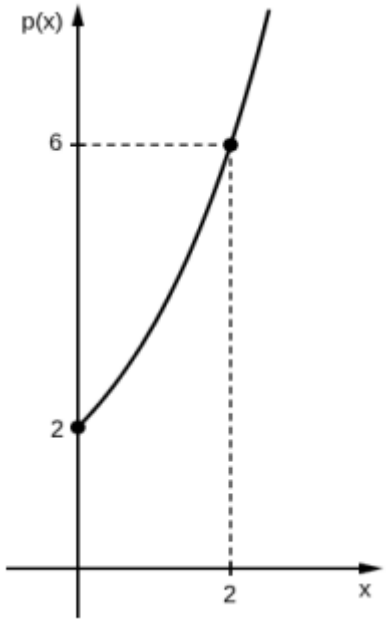



a) $y = 2^{-x}$ b) $y = 2^{x-1}$ c) $y = 2^{x}$ d) $y = x^{2}$ e) $y = 2x$

2. (PAEBES, ADAPTADA)) A evolução prevista para certa cultura de bactérias é dada por $N(t) = 2.3^{t}$, em que $N$é o número de bactérias, e o $t$ é o tempo em anos. Qual é a quantidade de bactérias em 5 anos?

a) 6 bactérias b) 12 bactérias c) 54 bactérias d) 162 bactérias e)486 bactérias

3. Em um experimento de laboratório, uma equipe de pesquisadores acompanhou, ao longo de várias semanas, a evolução da população de determinado inseto, registrando a quantidade observada a cada semana. O crescimento populacional está representado no gráfico a seguir e pode ser modelado por uma função exponencial do tipo $p(x) = p_0 \cdot 3^{rx}$, onde $p_0$ é a população inicial de insetos, $x$ é o tempo de observação, em semanas, $r$ é a taxa de crescimento da população e $p(x)$ indica a população de insetos, em milhares, na semana x.




Com base nas informações apresentadas, qual é a expressão que melhor representa essa função de crescimento populacional?

a) $p(x) = x^2 + 2x + 2$

b) $p(x) = 2x + 6$

c) $p(x) = 6 \cdot 3^{2x}$ .

d) $p(x) = 2 \cdot 3^{\frac{1}{2}x}$

e) $p(x) = 2$.

4. Uma empresa de tecnologia lançou um novo aplicativo e observou que o número de downloads, em milhares, após x meses, pode ser calculado pela expressão

$D(x) = 20 \cdot 15^{0,4x}$. Qual será o número de downloads, em milhares, após 5 meses?

a) 4500 b) 1200 c) 300 d) 120 e) 20

5. (ENEM PPL 2013) Em um experimento, uma cultura de bactérias tem sua população reduzida pela metade a cada hora, devido à ação de um agente bactericida. Neste experimento, o número de bactérias em função do tempo pode ser modelado por uma função do tipo

a) afim. b) seno. c) cosseno. d) logarítmica crescente. e) exponencial.

6. (IFPE 2017, ADAPTADA) No início de 2025, Carlos analisou o crescimento mensal das vendas de refrigeradores de sua empresa ao longo de 2024. A partir dessa análise, ele identificou um padrão matemático que pode ser representado pela função V(x)=5 + $2^x$ em que V indica a quantidade de

freezer vendidos no mês x. Considere que x=1 corresponde ao mês de janeiro e x=12 ao mês de dezembro.

Com base nessas informações, determine o total de refrigeradores vendidos pela empresa de Carlos durante o 2º trimestre de 2024.

a) 13 freezers

b) 39 freezers

c) 69 freezers

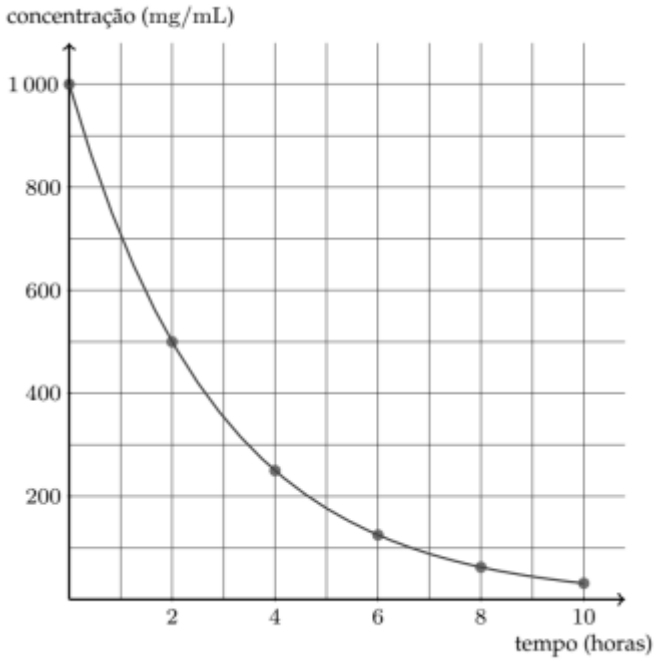
d) 112 freezers.

e) 127 freezers

TEXTO REFERENTE ÀS QUESTÕES 7 E 8

| **Tempo** (em horas) | **Concentração do medicamento** (em mg/mL) |
|---|---|
| 0 | 1 000 |
| 2 | 500 |
| 4 | 250 |
| 6 | 125 |

Esses dados podem ser representados no plano cartesiano da seguinte forma:




7. Após a ingestão do medicamento, em quanto tempo, em horas, sua concentração na corrente sanguínea é igual a 31,25 mg/mL?

a) 5 h b) 6 h c) 8 h d) 10 h e) 12 h

8. Qual dos seguintes tipos de função melhor modela a concentração do medicamento em função do tempo?

a) Função afim da forma $f(t) = 1000 + at$, onde $a < 0$.

b) Função exponencial da forma $f(t) = 1000 \cdot a^t$, onde $a > 1$.

c) Função exponencial da forma $f(t) = 1000 \cdot a^t$, onde $0 < a < 1$.

d) Função quadrática da forma $f(t) = at^2 + bt + c$ com $a < 0$.

e) Função quadrática da forma $f(t) = at^2 + bt + c$ com $a > 0$.

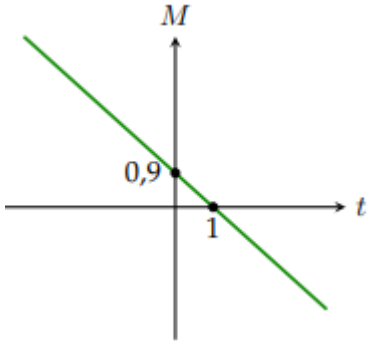
9. Marcos solicitou ao banco, em janeiro de 2025, financiamento de uma dívida de R$ 2 000,00, a uma taxa de juros compostos de 10% ao mês. Caso realizasse o pagamento 2 meses após o financiamento, isto é, em março de 2025, o valor a ser pago por Marcos seria igual a

a) R$ 2 420,00. b) R$ 2 400,00. c) R$ 2 040,00. d) R$ 2 020,00. e) R$ 2 010,00

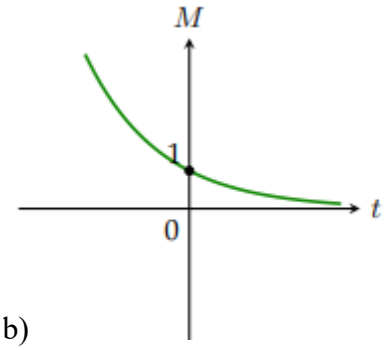
10. A massa (M) de um reagente químico é expressa em função do tempo (t) por meio da função $M(t) = 0{,}9^t$.

O gráfico que representa M em função de t é

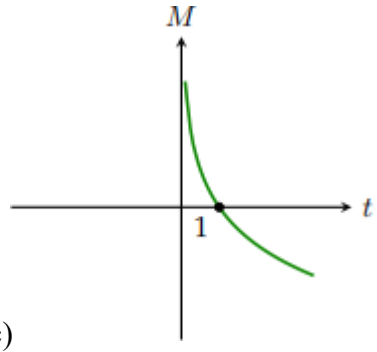
a)



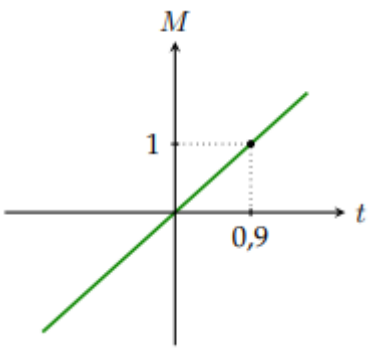

b)



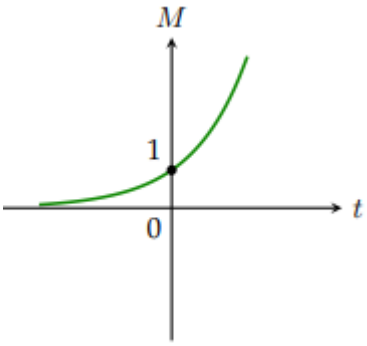

c)




d)




e)



## ANEXO 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Título do Estudo: **MODELAGEM MATEMÁTICA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA: CAMINHOS PARA UM ENSINO CONTEXTUALIZADO DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS NO ENSINO MÉDIO**

Pesquisador Responsável: **Janiel Aureliano de Lima**

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(A) Senhor(a) está sendo convidado(a) a autorizar a participação de seu(sua) filho(a) em uma pesquisa. Por favor, leia este documento com bastante atenção antes de assiná-lo. Caso haja alguma palavra ou frase que o(a) senhor(a) não consiga entender, converse com o pesquisador responsável pelo estudo ou com um membro da equipe desta pesquisa para esclarecê-las. A proposta deste termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) é explicar tudo sobre o estudo e solicitar a sua permissão para participar do mesmo.

O objetivo desta pesquisa é "Analisar uma sequência didática baseada na modelagem matemática para o ensino de funções exponenciais para estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública em um município piauiense" e tem como justificativa mostrar que ao utilizarmos a modelagem matemática como uma estratégia didática, facilita a compreensão da função exponencial por estudantes do Ensino Médio, tornando uma aprendizagem significativa, real e contextualizada.

Se o(a) Sr.(a) autorizar a participação de seu(sua) filho(a), os procedimentos envolvidos em sua participação são os seguintes: Para a coleta de dados foram ministradas 18 h/a, incluído pré testes; aulas e aplicações e pós testes. Para garantir a coleta de dados foram feitas em quatro etapas. Cada etapa teve objetivos específicos para serem alcançados, incluindo os procedimentos. Na primeira etapa, com a duração de 2h/a, foi realizada um pré-teste, com o objetivo identificar os conhecimentos prévios e as principais dificuldades dos estudantes acerca do conceito de funções exponenciais, mapeando lacunas de aprendizagem em questões objetivas e subjetivas antes da intervenção pedagógica. Na segunda etapa, com duração de 6 h/a, foram ministradas aulas sobre plano cartesiano, definição de funções, estudo da potenciação, conceitos básicos de funções exponenciais e a relação de funções afins com exponenciais. Para a terceira etapa, com duração de 8h/a, investigando o potencial da modelagem matemática como estratégia para a compreensão de fenômenos exponenciais, utilizando oficinas práticas para analisar o comportamento da função em contextos diversos, como progressões geométricas, termodinâmica e farmacocinética. A quarta e última etapa desta

pesquisa consistiu na aplicação do pós-teste, um instrumento de avaliação somativa estruturada para mensurar os avanços cognitivos dos estuantes após as oficinas de modelagem.

Toda pesquisa com seres humanos envolve algum tipo de risco. No nosso estudo, os possíveis riscos ou desconfortos decorrentes da participação na pesquisa são os trabalhos com cola quente, recortes com tesoura e uma experiencia em alta temperatura.

Contudo, esta pesquisa também pode trazer benefícios. Os possíveis benefícios resultantes da participação na pesquisa são melhor compreensão do conceito e a importância da função exponencial em situações reais e significativas. A expectativa é que eles reconheçam a função exponencial não apenas como uma fórmula abstrata, mas como uma ferramenta útil para interpretar e resolver problemas do cotidiano.

A participação de seu(sua) filho(a) na pesquisa na pesquisa é totalmente voluntária, ou seja, não é obrigatória. Caso o(a) Sr.(a) decida não participar, ou ainda, desistir de participar e retirar seu consentimento durante a pesquisa, não haverá nenhum prejuízo ao atendimento que você recebe ou possa vir a receber na instituição.

Não está previsto nenhum tipo de pagamento pela sua participação na pesquisa e o(a) Sr.(a) não terá nenhum custo com respeito aos procedimentos envolvidos.

Solicitamos também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de educação e publicar em revista científica nacional e/ou internacional. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo absoluto, bem como em todas fases da pesquisa.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como é garantido ao Sr.(a), o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que o(a) Sr.(a) queira saber antes, durante e depois da participação do seu(sua) filho(a).

Caso o(a) Sr.(a) tenha dúvidas, poderá entrar em contato com o pesquisador responsável Janiel Aureliano de Lima, pelo telefone (86) 994875993, endereço Rua Mário Barbosa Monteiro Neto e/ou pelo e-mail (janielmatematica7@gmail.com). Esse Termo é assinado em duas vias, sendo uma do(a) Sr.(a) e a outra para os pesquisadores.

**Declaração de Consentimento**

Concordo em participar do estudo intitulado: **MODELAGEM MATEMÁTICA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA: CAMINHOS PARA UM ENSINO CONTEXTUALIZADO DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS NO ENSINO MÉDIO**

| | |
|---|---|
| _____<br>Nome do participante ou responsável<br><br>_____<br>Assinatura do participante ou responsável | Data: _____/_____/_____ |

Eu, Janiel Aureliano de Lima, declaro cumprir as exigências contidas nos itens IV.3 e IV.4, da Resolução nº 466/2012 MS.

| | |
|---|---|
| _____<br>Assinatura e carimbo do Pesquisador | Data: _____/_____/_____ |

## ANEXO 2 – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Título do Estudo: **MODELAGEM MATEMÁTICA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA: CAMINHOS PARA UM ENSINO CONTEXTUALIZADO DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS NO ENSINO MÉDIO**

Pesquisador Responsável: **Janiel Aureliano de Lima**

### TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Você está sendo convidado a participar da pesquisa FUNÇÃO EXPONENCIAL: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM USO DA MODELAGEM NO ENSINO MÉDIO coordenada pelo pesquisador Janiel Aureliano de Lima, (86) 994875993. Seus pais permitiram que você participe.

Queremos analisar o conhecimento dos estudantes sobre funções exponenciais, aplicar atividades didáticas integrando modelagem e funções exponenciais e verificar a possível melhora na utilização da modelagem no ensino de funções exponenciais.

Você só precisa participar da pesquisa se quiser, é um direito seu e não terá nenhum problema se desistir. Os estudantes que irão participar desta pesquisa têm de 17 a 19 anos de idade.

A pesquisa será feita em uma escola de tempo integral, onde os estudantes irão trabalhar com oficinas de matemáticas. Para isso, será usado materiais escolares, que são considerados seguros, mas é possível ocorrer algum risco. Caso aconteça algo errado, você pode nos procurar pelos telefones que tem no começo do texto. Mas há coisas boas que podem acontecer como: melhor compreensão do conceito e a importância da função exponencial em situações reais e significativas. A expectativa é que eles reconheçam a função exponencial não apenas como uma fórmula abstrata, mas como uma ferramenta útil para interpretar e resolver problemas do cotidiano.

Ninguém saberá que você está participando da pesquisa; não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser publicados, mas sem identificar as crianças que participaram.

### CONSENTIMENTO PÓS INFORMADO

Eu _____ aceito participar da pesquisa **MODELAGEM MATEMÁTICA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA: CAMINHOS**

**PARA UM ENSINO CONTEXTUALIZADO DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS NO ENSINO MÉDIO.**

Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer.

Entendi que posso dizer "sim" e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer "não" e desistir e que ninguém vai ficar com raiva de mim.

Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis.

Recebi uma via deste termo de assentimento. A outra via ficará com o pesquisador responsável **Janiel Aureliano de Lima**. Li o documento e concordo em participar da pesquisa.

Esse Termo é assinado em duas vias, sendo uma do(a) Sr.(a) e a outra para os pesquisadores.

**Declaração de Consentimento**

Concordo em participar do estudo intitulado: **MODELAGEM MATEMÁTICA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA: CAMINHOS PARA UM ENSINO CONTEXTUALIZADO DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS NO ENSINO MÉDIO.**

| | |
|---|---|
| _____<br>Nome do participante menor<br><br>_____<br>Assinatura do participante menor | Data: _____/_____/_____ |

Eu, **Janiel Aureliano de Lima**, declaro cumprir as exigências contidas nos itens IV.3 e IV.4, da Resolução nº 466/2012 MS.

| | |
|---|---|
| _____<br>Assinatura e carimbo do Pesquisador | Data: _____/_____/_____ |

## ANEXO 3 – CARTA DE ANUÊNCIA

***Esclarecimentos***

Esta é uma solicitação para realização da pesquisa intitulada **MODELAGEM MATEMÁTICA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA: CAMINHOS PARA UM ENSINO CONTEXTUALIZADO DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS NO ENSINO MÉDIO**, pelo pesquisador Janiel Aureliano de Lima, que utilizará a seguinte metodologia: para a coleta de dados serão ministradas 18 h/a, incluído pré testes; aulas e aplicações e pós testes. e objetivos principais: analisar o conhecimento dos estudantes sobre funções exponenciais, aplicar atividades didáticas integrando modelagem e funções exponenciais e verificar a possível melhora na utilização da modelagem no ensino de funções exponenciais, necessitando, portanto, da concordância e autorização institucional para a realização da(s) etapa(s). Serão realizadas as seguintes testes e oficinas: realização do pré-teste; construção do plano cartesiano; definição de funções e potenciação; estudo de funções exponenciais; oficina com a Torre de Hanói; oficina com a Lenda do Xadrez; estudo sobre absorção de medicamentos no corpo humano; oficina com a Lei de Resfriamento de Newton; realização do pós-teste

Ressaltamos que os dados coletados serão mantidos em absoluto sigilo, de acordo com as Resoluções nº 466/2012 ou 510/2016 - Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde, que tratam da Pesquisa envolvendo Seres Humanos. Salientamos ainda que tais dados serão utilizados tão somente para realização deste estudo.

Assinatura do(a) Pesquisador(a) Responsável

Janiel Aureliano de Lima – 02269283-27

**Nome e CPF do(a) pesquisador(a) responsável**
(Mesmo nome inserido na Plataforma Brasil)

***Consentimento***

Por ter sido informado verbalmente e por escrito sobre os objetivos e metodologia desta pesquisa, concordo em autorizar a realização da mesma nesta Instituição que represento a escola integral, localizada na rua Venâncio Borges nº 759, Centro, Palmeirais – PI. Esta Instituição está ciente de suas corresponsabilidades como instituição coparticipante do presente projeto de pesquisa, dispondo de infraestrutura necessária para realização das etapas supracitadas.

Esta autorização está condicionada ao cumprimento das determinações éticas das Resoluções nº 466/2012 ou 510/2016 - Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde e suas complementares, que tratam da Pesquisa envolvendo Seres Humanos.

O descumprimento desses condicionamentos assegura-me o direito de retirar minha anuência a qualquer momento da pesquisa.

Palmeirais - PI, 11 /02 /25

Assinatura do responsável pela instituição

Bernadete Silva Soares Torquato

**Nome completo do responsável pela Instituição**
**Carimbo responsável da Instituição***
**CNPJ da instituição**

Bernadete Silva Soares Torquato
Diretora
Portaria GSE nº 986/2020
CPF.: 350.070.363-15

## ANEXO 4 – PRODUTO EDUCACIONAL

$f(x) = a^x$

$\sqrt{x}$

log

# Função Exponencial na Prática

## Aprendizagem Significativa por Meio da Modelagem Matemática

Janiel Aureliano de Lima

Guilherme Luiz de Oliveira Neto

Ronaldo Campelo da Costa

PROFMAT

INSTITUTO FEDERAL
PIAUÍ

# Função Exponencial na Prática

## Aprendizagem Significativa por Meio da Modelagem Matematica

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Lima, Janiel Aureliano de
Função exponencial na prática : aprendizagem significativa por meio da modelagem matemática / Janiel Aureliano de LIma, Guilherme Luiz de Oliveira Neto, Ronaldo Campelo da Costa. -- Floriano, PI : Ed. dos Autores, 2026.

ISBN 978-65-02-05610-3

1. Aprendizagem 2. Educação 3. Matemática - Estudo e ensino I. Oliveira Neto, Guilherme Luiz de. II. Costa, Ronaldo Campelo da. III. Título.

26-353188.0 CDD-510.7

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Matemática : Estudo e ensino 510.7

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

# FICHA TÉCNICA DO PRODUTO EDUCACIONAL

**TÍTULO DO E-BOOK:** Função Exponencial na Prática: Aprendizagem Significativa por Meio da Modelagem Matemática

**Financiamento:** CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior)

**ORIGEM:**
Trabalho de dissertação, do programa Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) – Instituto Federal do Piauí, intitulado "MODELAGEM MATEMÁTICA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA: CAMINHOS PARA UM ENSINO CONTEXTUALIZADO DE FUNÇÕES EXPONENCIAIS NO ENSINO MÉDIO"

**Autores**
Janiel Aureliano de Lima
Guilherme Luiz de Oliveira Neto
Ronaldo Campelo da Costa

**Instituição:**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) – Campus Floriano

**Área:**
Matemática / Educação Matemática

**Público-alvo:**
Professores de Matemática da Educação Básica, especialmente do Ensino Médio, com possibilidade de adaptação para o Ensino Fundamental II.

**Objetivo:**
Apresentar uma proposta didática baseada na modelagem matemática para o ensino de funções exponenciais, visando promover uma aprendizagem significativa, contextualizada e investigativa no Ensino Médio, conforme desenvolvido na dissertação.

**Formato:**
eBook digital (PDF), estruturado como guia pedagógico com sequência didática, atividades práticas, orientações ao professor e recursos visuais

**Ano:**
2026

**ISBN: 978-65-02-05610-3**

**Palavras-chave:**
Função exponencial; Modelagem matemática; Sequência didática; Ensino de Matemática; Aprendizagem significativa; Educação Matemática

# APRESENTAÇÃO

Seja bem-vindo a este guia prático e reflexivo sobre o ensino de Funções Exponenciais. Este eBook nasce da necessidade urgente de transformar a sala de aula de Matemática em um espaço de investigação, descoberta e conexão com a realidade.

**Por que este e-Book é relevante?**

Historicamente, o ensino de funções no Ensino Médio tem sido marcado por abordagens excessivamente técnicas e mecânicas, focadas na memorização de fórmulas descontextualizadas. Como resultado, muitos estudantes concluem a educação básica com dificuldades acentuadas em interpretar fenômenos que regem o mundo contemporâneo — desde o crescimento de uma dívida financeira até a propagação de vírus ou a absorção de medicamentos no organismo.

Este produto educacional propõe uma ruptura com esse modelo tradicional. Fundamentado na Modelagem Matemática, ele oferece um roteiro pedagógico que coloca o estudante no centro do processo, estimulando o protagonismo e o raciocínio crítico.

**O que você encontrará aqui?**

Este e-Book apresenta uma Sequência Didática testada e validada em sala de aula, estruturada para levar o aluno da intuição à formalização matemática por meio de:
Oficinas Práticas:

- Uso de jogos como a Torre de Hanói e a Lenda do Xadrez para identificar padrões de crescimento.
- Experimentos Reais: Aplicação da Lei de Resfriamento de Newton e estudos de Farmacocinética (absorção de remédios) para modelar o decaimento exponencial.
- Tecnologia Educacional: Roteiros para o uso do software GeoGebra, permitindo a visualização dinâmica de gráficos e funções.
- Conexão Curricular: Alinhamento direto com as competências da BNCC e foco na melhoria de desempenho em avaliações externas como o SAEPI e ENEM.

**Resultados que Inspiram**

A metodologia aqui apresentada não é apenas teórica. Em sua aplicação prática, observamos avanços significativos:

- Engajamento Discente: Relatos de alunos que passaram a ver a Matemática como "mais leve e fácil" através da prática.
- Melhoria de Desempenho: Um salto expressivo nos índices de acertos em habilidades críticas em provas externas.

**Para quem é este e-Book?**

Este material foi pensado para professores de Matemática que buscam inovar em suas práticas, coordenadores pedagógicos interessados em metodologias ativas e pesquisadores da área de Educação Matemática.

Convidamos você a explorar estas páginas e descobrir como a modelagem matemática pode ser a ponte que faltava para tornar o ensino de funções exponenciais verdadeiramente significativo para seus alunos.

Ao longo deste material, você encontrará sugestões de aulas, atividades práticas, situações-problema e orientações pedagógicas que poderão ser aplicadas diretamente em sala de aula. Mais do que ensinar um conteúdo, este eBook convida você a transformar sua prática docente e proporcionar aos seus alunos uma nova forma de aprender Matemática.

Prepare-se para transformar dados em conhecimento e fórmulas em compreensão do mundo!

# SUMÁRIO


Capítulo 1 - Introdução: Por que Modelagem no Ensino de Funções? ..... 07

Capítulo 2 - Fundamentos para uma prática inovadora ..... 08

Capítulo 3 - O plano de voo: A Sequência Didática Passo a Passo ..... 10

Encontro 1 - Realização do pré-teste ..... 11
Encontro 2 - Explorando o Plano Cartesiano ..... 12
Encontro 3 - Revisitando a Base: Oficina de Potenciação com Dobraduras de Papel ..... 16
Encontro 4 - O Poder do Geogebra: Visualização dinâmica e investigação de gráficos ..... 17
Encontro 5 - A Torre de Hanói: Do jogo ao modelo matemático ..... 19
Encontro 6 - A Lenda do Xadrez: O desafio dos grãos que se multiplicam ..... 21
Encontro 7 - Modelagem de Fenômenos Reais: Por que tomar o remédio na hora certa? ..... 23
Encontro 8 - Modelagem de Fenômenos Reais: Lei de Resfriamento de Newton ..... 25
Encontro 9 - Realização do pós-teste ..... 27

Capítulo 4 - Resultados e evidências de sucesso ..... 28

Capítulo 5 - Conclusão e recomendações para o professor ..... 29

Agradecimentos ..... 30

Autores ..... 31

Referências ..... 32

Apêndices - Materiais Pronto para Usar ..... 33

# Capítulo 1 - Introdução: Por que Modelagem no Ensino de Funções?

Ensinar Matemática vai muito além de apresentar fórmulas e procedimentos. Trata-se de possibilitar ao estudante compreender o mundo ao seu redor por meio de ideias, relações e modelos. No entanto, na prática escolar, muitos estudantes chegam ao final da Educação Básica com dificuldades significativas em conteúdos essenciais, como a função exponencial.

Esse cenário é especialmente preocupante no Ensino Médio, onde a função exponencial aparece como um conteúdo novo entre as funções, e tornando frequentemente um obstáculo à aprendizagem. Isso ocorre, em grande parte, porque os estudantes apresentam lacunas em conhecimentos prévios, como potenciação, leitura de gráficos e compreensão do conceito de função. Como consequência, o avanço em temas mais complexos acaba sendo comprometido.

Mas afinal, por que estudar função exponencial?

A resposta está na própria realidade. A função exponencial está presente em diversas situações do cotidiano: no crescimento de uma dívida com juros compostos, na forma como um medicamento é absorvido e eliminado pelo organismo, ou ainda na propagação de doenças em uma população. Ou seja, trata-se de um conteúdo que possui grande potencial de conexão com a vida real — uma verdadeira oportunidade de tornar a Matemática significativa e interessante.

Apesar disso, muitos estudantes ainda têm dificuldade em reconhecer e interpretar esse tipo de função. Avaliações educacionais recentes mostram que uma parcela muito pequena de estudantes conseguem identificar corretamente a representação de uma função exponencial, o que reforça a necessidade de repensar as práticas de ensino.

Diante desse contexto, este e-Book foi elaborado com o propósito de apoiar professores no ensino desse conteúdo, oferecendo uma proposta didática estruturada, baseada na modelagem matemática e na organização em sequência didática. A ideia é simples: aproximar a Matemática da realidade dos estudantes, tornando o aprendizado mais ativo, investigativo e significativo.

A modelagem matemática apresenta-se como uma alternativa promissora pois possibilita a aproximação entre o conhecimento abstrato e situações reais, como o crescimento populacional e a propagação de informações. O objetivo é propiciar situações-problema em contextos significativos, para que a Matemática estudada faça sentido para o aluno e estimule o seu protagonismo

# Capítulo 2 - Fundamentos para uma prática inovadora.

Repensar o ensino de Matemática, especialmente no Ensino Médio, exige a adoção de abordagens que ultrapassem a simples transmissão de conteúdos. Nesse contexto, a construção de uma prática pedagógica inovadora passa pela valorização de metodologias que promovam a participação ativa dos estudantes, a contextualização dos conceitos e o desenvolvimento do pensamento crítico. Entre essas abordagens, destacam-se a modelagem matemática, o protagonismo discente e o desenvolvimento do pensamento exponencial

A Modelagem como Ponte entre Matemática e Realidade

A modelagem matemática configura-se como uma importante estratégia para aproximar o conhecimento matemático da realidade vivida pelos alunos. Trata-se de estabelecer uma ponte entre situações do cotidiano e a linguagem matemática, permitindo que problemas reais sejam traduzidos, interpretados e analisados por meio de modelos.

Nesse processo, a Matemática deixa de ser percebida como um conjunto de regras abstratas e passa a assumir um papel funcional e significativo. Situações como o crescimento de uma dívida, a propagação de uma doença ou a absorção de um medicamento podem ser exploradas como contextos de aprendizagem, nos quais o estudante é convidado a investigar, levantar hipóteses e construir soluções.

Assim, a modelagem matemática não apenas facilita a compreensão dos conceitos, mas também contribui para o desenvolvimento de competências essenciais, como a interpretação, a argumentação e a tomada de decisões.

Figura 1 - A Modelagem como Ponte entre Matemática e Realidade

Fonte: Imagem gerada por Gemini, 2026

Protagonismo Discente: O Aluno como Sujeito da Aprendizagem

Uma prática inovadora pressupõe a mudança do papel do estudante no processo educativo. Em vez de ocupar uma posição passiva, centrada na memorização de fórmulas e na repetição de exercícios, o aluno passa a atuar como protagonista de sua própria aprendizagem.

Nesse novo cenário, o ensino se organiza em torno da investigação. O estudante é incentivado a:

- Formular hipóteses
- Coletar e analisar dados
- Testar ideias
- Construir argumentos

O professor, por sua vez, assume o papel de mediador, orientando o processo e criando condições para que o conhecimento seja construído de forma significativa. Essa mudança de perspectiva favorece não apenas a aprendizagem dos conteúdos matemáticos, mas também o desenvolvimento da autonomia, da criatividade e do pensamento crítico.

O Desenvolvimento do Pensamento Exponencial

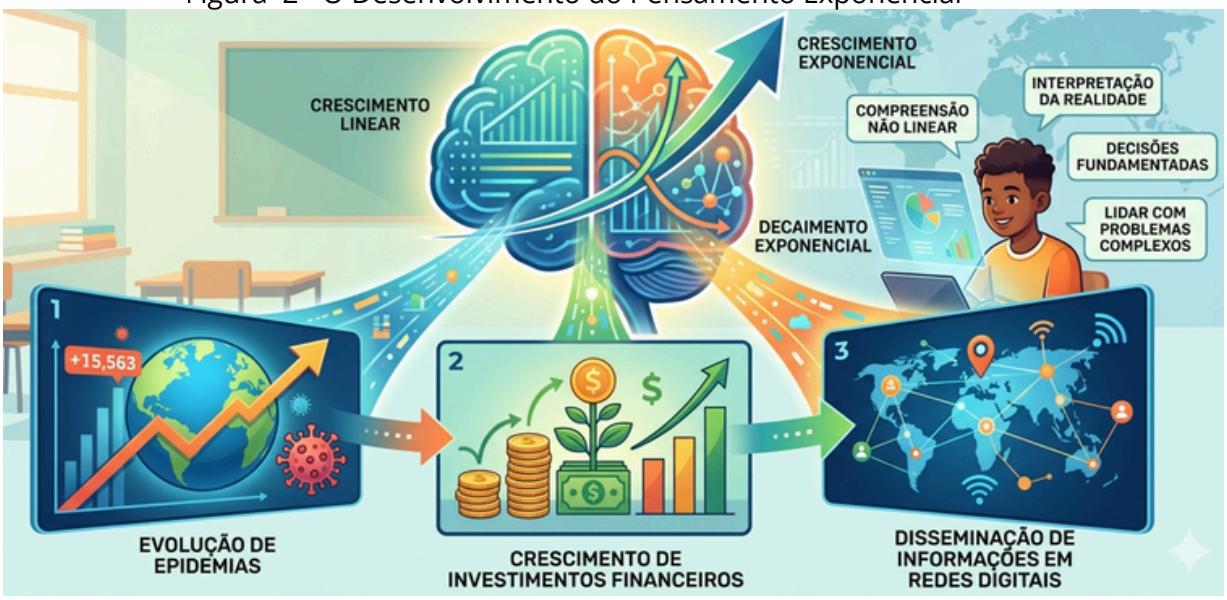
Um dos grandes desafios no ensino da função exponencial é superar a visão puramente técnica e mecânica desse conteúdo. Para isso, é fundamental promover o desenvolvimento do chamado pensamento exponencial, que consiste na capacidade de compreender e interpretar fenômenos caracterizados por crescimento ou decaimento não linear.

Diferentemente do crescimento linear, que ocorre de forma constante, o crescimento exponencial apresenta variações aceleradas, muitas vezes difíceis de serem percebidas intuitivamente. Compreender essa dinâmica é essencial para analisar situações do mundo contemporâneo, como:

- A evolução de epidemias
- O crescimento de investimentos financeiros
- A disseminação de informações em redes digitais

Ao desenvolver o pensamento exponencial, o estudante amplia sua capacidade de leitura e interpretação da realidade, tornando-se mais preparado para lidar com problemas complexos e tomar decisões fundamentadas.

Figura 2 - O Desenvolvimento do Pensamento Exponencial




Fonte: Imagem gerada por Gemini, 2026

# Capítulo 3 - O plano de voo: A Sequência Didática Passo a Passo

Neste capítulo, apresentaremos a metodologia utilizada para desenvolver o e-book. Descreveremos as estratégias que nos permitiram analisar a seguinte questão norteadora: Quais análises surgem a partir do desenvolvimento de uma sequência didática baseada na Modelagem Matemática para o ensino de Funções Exponenciais, aplicada aos estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública em Palmeirais-PI?

Em essência, mostraremos como a pesquisa foi executada, garantindo que os resultados encontrados respondam de maneira sólida e transparente ao problema central do estudo.

O cenário desta pesquisa foi em uma escola da rede pública de ensino localizada na zona urbana do município de Palmeirais - PI, caracterizada por diversidade sociocultural e desafios relacionados ao acesso igualitário à educação. A escola é tempo integral e atende somente estudantes do Ensino Médio.

A turma que participou da pesquisa foi composta por 25 estudantes da 3ª série ano do Ensino Médio, com idades entre 17 e 19 anos. Vale ressaltar que, entre os estudantes, teve uma relação historicamente fragilizada com a matemática, principalmente pós pandemia, marcada por retrospectivos processos de ensino tradicionais, sem recursos tecnológicos e de ensino não contextualizados. Nesse contexto, a proposta de uma sequência didática baseada na modelagem matemática no ensino de funções exponenciais, visou quebrar os paradigmas que a matemática é o "bicho papão" e valorizando o conhecimento prévio dos alunos e promovendo uma aprendizagem significativa através de situações reais que despertaram a curiosidade e a motivação em estudar matemática.

A realidade social e cultural dos estudantes, bem como suas vivências cotidianas, foram elementos centrais considerados na construção das atividades. Compreender o cenário da pesquisa, portanto, não apenas possibilita interpretar de forma mais adequada os dados coletados, como também reforça a importância de se pensar o ensino de matemática a partir da realidade concreta dos sujeitos envolvidos, respeitando seus contextos e promovendo oportunidades reais de aprendizagem e liberdade.

Para coletar dos dados, faram feitos o uso de observações, questionários, uso de materiais concretos e virtuais, construção de materiais, registros de atividades com a produção dos estudantes, uso de fotografias e vídeos, garantido o anonimato dos envolvidos na pesquisa. Foram ministradas 18 h/a, incluído pré testes; aulas e aplicações e pós testes. Para garantir a coleta de dados foram feitas em 9 encontros. Cada etapa teve objetivos específicos para serem alcançados, incluindo os procedimentos.

Figura 3 - Sequência Didática Passo a Passo

Fonte: Imagem gerada por Gemini, 2026

# Encontro 1 - Realização do pré-teste

Neste encontro, com a duração de 2h/a, foi realizada um pré-teste, com o objetivo identificar os conhecimentos prévios e as principais dificuldades dos estudantes acerca do conceito de funções exponenciais, mapeando lacunas de aprendizagem em questões objetivas e subjetivas antes da intervenção pedagógica. Os procedimentos para a realização do pré-teste foram feitos da seguinte forma: Primeiramente, procedeu-se à elaboração do instrumento, composto por 4 questões objetivas e 6 subjetivas focadas em situações-problema de crescimento exponencial. Na figura 4 abaixo, vai mostrar exatamente a aplicação do pré-teste que foi aplicado em ambiente de sala de aula, de forma individual e sem consulta. Já na figura 5, descreve o objetivo de cada questão. Por fim, os dados foram tabulados para identificar os erros e acertos mais frequentes, servindo de base para a construção da Sequência Didática.

Figura 4 - Momento da aplicação do pré-teste

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026

Figura 5 - Descrição do pré-teste

| Questões | Descrição | Objetivo |
|---|---|---|
| Exercício 1.1 | Gráfico $g(x) = 2^x$ | Verificar se o estudante consegue realizar a leitura de pontos em um plano cartesiano e se compreende a relação entre domínio e imagem em uma função exponencial básica. |
| Exercício 1.2 | Funções $f(x) = Aa^x$ | Avaliar a capacidade de determinar a lei de formação a partir de pontos do gráfico e a compreensão do comportamento da função (crescente vs. decrescente) |
| Exercício 1.3 | Funções $g(x) = A^x$ | |
| Exercício 1.4 | Estudo de bactérias | Analisar a habilidade de resolver equações exponenciais aplicadas a contextos biológicos e a substituição de valores numéricos na fórmula. |
| Exercício 1.5 | Estudo de caprinos | |
| Exercício 1.6 | Freada do Automóvel | Testar a percepção de uma progressão geométrica (metade da distância anterior) como um modelo de decaimento, preparando o terreno para a futura oficina de medicamentos. |
| Exercício 1.7 | Concentração de Medicamento | Identificar se o aluno reconhece o modelo exponencial em tabelas e gráficos comparando-o com funções afins e quadráticas. |
| Exercício 1.8 | | |
| Exercício 1.9 | Juros Compostos | Verificar o conhecimento prévio sobre matemática financeira, que é uma das aplicações mais comuns do crescimento exponencial. |
| Exercício 1.10 | Autoavaliação | Coletar a percepção subjetiva do estudante sobre suas próprias barreiras. |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026

# Encontro 2 - Explorando o Plano Cartesiano

- **Trabalhando com cartelas de ovos.**

Objetivo
Compreender o plano cartesiano por meio de uma atividade concreta e manipulável, utilizando cartelas de ovos para representar pontos, eixos e coordenadas, favorecendo a aprendizagem significativa.

Problema Gerador
Como podemos representar e localizar pontos no plano cartesiano utilizando materiais simples e do cotidiano?

Materiais (Oficina)
- Cartelas de ovos (vazias);
- Base de papelão ou cartolina (opcional);
- Régua;
- Canetinhas ou tinta;
- Cola;
- Tampinhas, bolinhas ou marcadores;
- Etiquetas adesivas;
- Lápis e borracha;
- Tesoura sem ponta;
- Bastão de cola quente;
- Pistola para o bastão;
- Tinta spray.

Passo a passo
- Fazer os recortes necessários para encaixar as cartelas, usando a cola quente;
- Identificar e desenhar os eixos x (horizontal) e y (vertical);
- Marcar a origem (0,0);
- Numerar linhas e colunas (coordenadas);
- Utilizar tampinhas ou marcadores para representar pontos;
- Explorar diferentes localizações no plano.

BNCC (Base Nacional Comum Curricular)
Ensino Médio:
- (EM13MAT401) Interpretar e representar relações matemáticas;
- (EM13MAT402) Construir e analisar gráficos no plano cartesiano.

Metodologia
A atividade será desenvolvida por meio de uma abordagem prática e investigativa, utilizando material concreto como recurso didático. Inicialmente, os alunos participarão da construção do plano cartesiano com cartelas de ovos, favorecendo a compreensão visual e tátil do conteúdo. Em seguida, serão propostas atividades de localização de pontos, construção de figuras e resolução de desafios, estimulando o raciocínio lógico e a participação ativa dos estudantes. O professor atuará como mediador, orientando as ações e promovendo a reflexão sobre os conceitos trabalhados. A metodologia valoriza:
- Aprendizagem ativa
- Manipulação de materiais concretos
- Investigação matemática
- Inclusão e acessibilidade

RESULTADOS ESPERADOS:

- Compreensão do plano cartesiano;
- Desenvolvimento da noção espacial;
- Aprendizagem significativa;
- Maior engajamento dos estudantes;
- Consciência ambiental (uso de material reciclável)

Diferencial da Atividade

- Uso de material reciclável (A atividade incentiva o reaproveitamento de materiais, promovendo educação ambiental integrada ao ensino de Matemática);
- Aprendizagem concreta e visual
- Atividade inclusiva
- Integração entre teoria e prática

Figura 6 - Momento de construção do plano cartesiano

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026

- **Trabalhando com jogos online.**

Objetivo
Compreender o plano cartesiano por meio do uso de ferramentas digitais, desenvolvendo habilidades de localização de pontos e interpretação gráfica de forma interativa.

Materiais (Oficina)
- Celular, tablet ou computador;
- Acesso à internet;
- Jogos online ou GeoGebra;
- Projetor;
- Quadro e pincel.

BNCC (Base Nacional Comum Curricular)
Ensino Médio:
- (EM13MAT401) Representar e interpretar relações matemáticas;
- (EM13MAT402) Construir e analisar gráficos no plano cartesiano.

Orientação ao Professor
- Incentivar a exploração livre da ferramenta;
- Propor desafios progressivos;
- Trabalhar em duplas ou grupos;
- Relacionar com situações do cotidiano.

Resultados Esperados
- Melhor compreensão do plano cartesiano;
- Desenvolvimento da autonomia digital;
- Aprendizagem interativa;
- Maior engajamento dos alunos.

Diferencial da Atividade
- Integra tecnologia ao ensino;
- Estimula protagonismo do aluno;
- Favorece aprendizagem visual e dinâmica.

Figura 7 - Trabalhando o plano cartesiano com jogos virtuais

Fonte: Plano de cartesiano - Recursos de ensino

- **Trabalhando a planta baixa da escola.**

Objetivo
Compreender o plano cartesiano por meio da representação da planta baixa da escola, desenvolvendo a noção de localização, orientação espacial e interpretação de coordenadas em um contexto real.

Problema Gerador
Como podemos representar os espaços da escola (salas, pátio, cantina) utilizando o plano cartesiano?

Materiais (Oficina)
- Papel milimetrado, sulfite ou cartolina;
- Régua;
- Lápis e borracha;
- Canetinhas coloridas;
- Planta simples da escola (ou croqui desenhado);

Passo a passo
- Desenhar ou observar a planta da escola;
- Definir um ponto de referência (origem 0,0);
- Traçar os eixos x (horizontal) e y (vertical);
- Marcar os principais espaços da escola como pontos;
- Identificar coordenadas de locais (ex: sala = (2,3));
- Representar caminhos entre pontos (trajetos).

BNCC (Base Nacional Comum Curricular)
Ensino Médio:
- (EM13MAT401) Interpretar e representar relações matemáticas;
- (EM13MAT402) Construir e analisar gráficos no plano cartesiano;

Metodologia
A atividade será desenvolvida de forma prática e contextualizada, iniciando com a observação da escola como espaço real. Os alunos irão construir a representação da planta baixa no plano cartesiano, identificando pontos e trajetos. A proposta privilegia:
- Aprendizagem ativa;
- Investigação;
- Trabalho colaborativo;
- Relação entre Matemática e realidade;
- O professor atuará como mediador, orientando a construção do conhecimento e incentivando a participação dos estudantes.

Resultados Esperados
- Compreensão do plano cartesiano
- Desenvolvimento da noção espacial
- Aplicação da Matemática em contexto real
- Maior engajamento dos alunos

Diferencial da Atividade
- Contextualização com o ambiente escolar;
- Aprendizagem significativa;
- Integração entre teoria e prática;
- Possibilidade de atividade interdisciplinar.

# Encontro 3 - Revisitando a Base: Oficina de Potenciação com Dobraduras de Papel

Objetivo

Compreender o conceito de potenciação por meio de uma atividade prática com dobraduras de papel, relacionando o processo de duplicação com o crescimento exponencial.

Problema Gerador

O que acontece com a quantidade de partes de um papel quando o dobramos sucessivamente?

Materiais (Oficina)

- Folhas de papel (A4 ou similar);
- Quadro para registro coletivo.

Passo a passo

- Entregar uma folha de papel para cada estudante;
- Solicitar que realizem a primeira dobra e contem as partes;;
- Repetir o processo (2ª, 3ª, 4ª dobra...);
- Registrar os resultados em tabela;
- Relacionar o número de dobras com a quantidade de partes;
- Identificar o padrão de crescimento

BNCC (Base Nacional Comum Curricular)

Ensino Médio:

- (EM13MAT301) Resolver e elaborar problemas envolvendo funções e padrões;
- (EM13MAT401) Interpretar representações matemáticas.

Metodologia

A atividade será desenvolvida por meio de uma abordagem prática e investigativa, na qual os alunos realizarão dobraduras sucessivas no papel para observar o crescimento do número de partes formadas.

Inicialmente, será proposta uma exploração concreta, permitindo que os estudantes manipulem o material e registrem suas observações. Em seguida, os dados serão organizados em tabela, favorecendo a identificação de padrões.

Posteriormente, o professor conduzirá a sistematização do conceito de potenciação, relacionando o número de dobras à expressão matemática correspondente, destacando o caráter exponencial do crescimento.

Resultados Esperados

- Compreensão do conceito de potência;
- Identificação de padrões exponenciais;
- Desenvolvimento do raciocínio lógico;
- Maior engajamento dos estudantes.

Diferencial da Atividade

- Uso de material simples e acessível;
- Visualização concreta da Matemática;
- Introdução intuitiva ao pensamento exponencial;
- Base para estudo de função exponencial.

# Encontro 4 - O Poder do Geogebra: Visualização dinâmica e investigação de gráficos

Objetivo
Explorar a construção e a análise de gráficos, especialmente da função exponencial, por meio de visualizações dinâmicas, promovendo a investigação e a compreensão dos comportamentos das funções.

Problema Gerador
O que acontece com o gráfico de uma função quando alteramos seus parâmetros?

Materiais (Oficina)
- Computador, tablet ou celular;
- Acesso à internet;
- Aplicativo GeoGebra;
- Projetor (opcional);
- Quadro e pincel.

Passo a passo
- Acessar o GeoGebra;
- Selecionar a opção “Gráfico”;
- Inserir uma função, por exemplo: $f(x) = 2^x$;
- Observar o gráfico gerado;
- Alterar a base (ex: $3^x$; $0{,}5^x$);
- Analisar as mudanças no comportamento do gráficos.

BNCC (Base Nacional Comum Curricular)
Ensino Médio:
- (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
- (EM13MAT405) Utilizar tecnologias digitais para investigar padrões matemáticos.
- (EM13MAT406) Construir e interpretar tabelas e gráficos de frequências com base em dados obtidos em pesquisas por amostras estatísticas, incluindo ou não o uso de softwares que inter-relacionem estatística, geometria e álgebra.

Metodologia
A atividade será desenvolvida por meio de uma abordagem investigativa com o uso de tecnologia digital. Inicialmente, os alunos serão orientados a explorar o ambiente do GeoGebra, familiarizando-se com suas ferramentas. Em seguida, será realizada uma exploração guiada, na qual os estudantes irão inserir funções e observar seus gráficos. A partir dessa experiência, serão incentivados a modificar parâmetros e analisar os efeitos dessas alterações. A proposta inclui momentos de:
- Exploração livre;
- Investigação orientada;
- Discussão em grupo;
- Socialização dos resultados.

O professor atuará como mediador, promovendo questionamentos que levem os alunos à construção do conhecimento.

Resultados Esperados

- Compreensão do comportamento da função exponencial
- Desenvolvimento da interpretação gráfica
- Uso consciente de tecnologia
- Aprendizagem mais dinâmica e interativa

Download app: GeoGebra

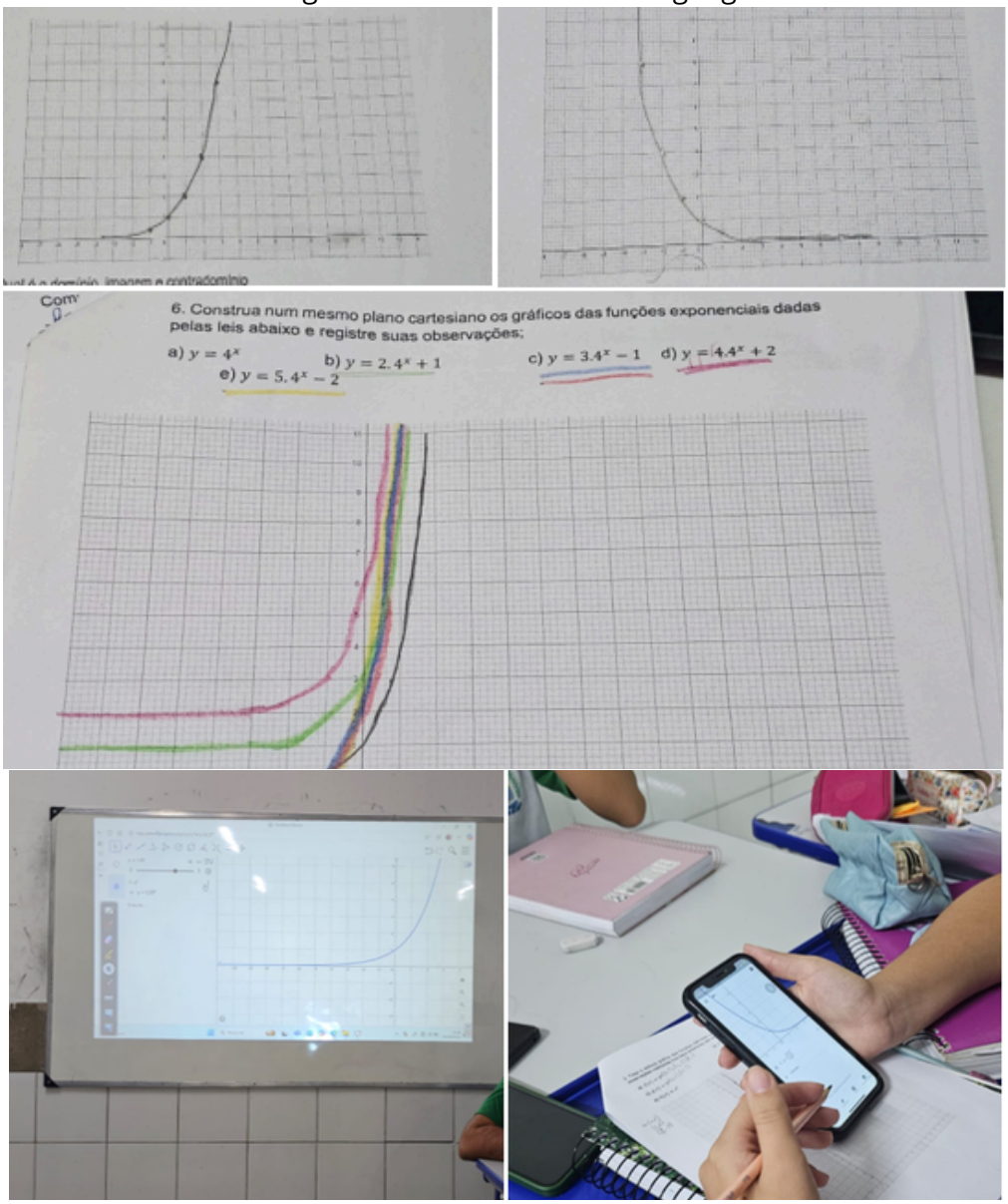
Google Play

App Store

Diferencial da Atividade

- Visualização em tempo real;
- Aprendizagem investigativa;
- Integração entre Matemática e tecnologia;
- Fortalecimento do pensamento crítico.

Figura 8 - Trabalhando com o geogebra




Fonte: Elaborado pelos autores, 2026

# Encontro 5 - A Torre de Hanói: Do jogo ao modelo matemático

Objetivo

Compreender o crescimento exponencial por meio da resolução do problema da Torre de Hanói, desenvolvendo o raciocínio lógico, a capacidade de planejamento e a identificação de padrões matemáticos.

Problema Gerador

Quantos movimentos são necessários para resolver a Torre de Hanói com diferentes quantidades de discos?

Materiais (Oficina)

- Kit da Torre de Hanói (ou versão improvisada com palitos e argolas) ou ainda como aplicativo;
- Papel e lápis;
- Tabela para registro;
- Quadro e pincel.

Passo a passo

- Apresentar o jogo da Torre de Hanói;
- Explicar as regras: mover apenas um disco por vez e nunca colocar um disco maior sobre um menor
- Iniciar com 2 ou 3 discos
- Registrar o número de movimentos
- Aumentar gradativamente o número de discos
- Organizar os dados em tabela

BNCC (Base Nacional Comum Curricular)

Ensino Médio:

- (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.

Metodologia

A atividade será desenvolvida por meio de uma abordagem investigativa e lúdica, utilizando a Torre de Hanói como recurso didático para explorar padrões matemáticos. Inicialmente, os alunos terão contato com o jogo e suas regras, realizando tentativas de resolução com poucos discos. Em seguida, serão incentivados a registrar o número de movimentos necessários para cada situação. Com base nos dados coletados, os estudantes serão conduzidos a identificar padrões e formular generalizações, percebendo o crescimento exponencial envolvido no problema. A metodologia valoriza:

- Aprendizagem ativa;
- Investigação matemática;
- Raciocínio lógico;
- Construção de padrões.

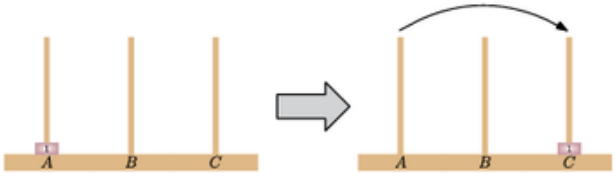
Resultados Esperados

- Compreensão de padrões exponenciais;
- Desenvolvimento do raciocínio lógico;
- Capacidade de generalização;
- Maior engajamento com a Matemática.

Diferencial da Atividade

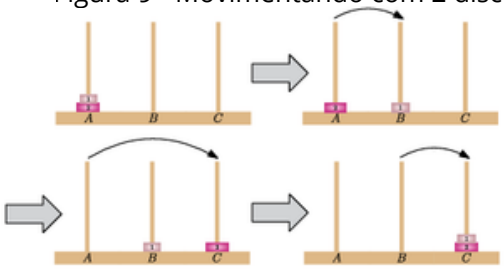
- Uso de jogo matemático;
- Aprendizagem lúdica e significativa;
- Introdução concreta ao conceito de crescimento exponencial;
- Estímulo ao pensamento estratégico.

Figura 9 - Movimentando com 1 disco



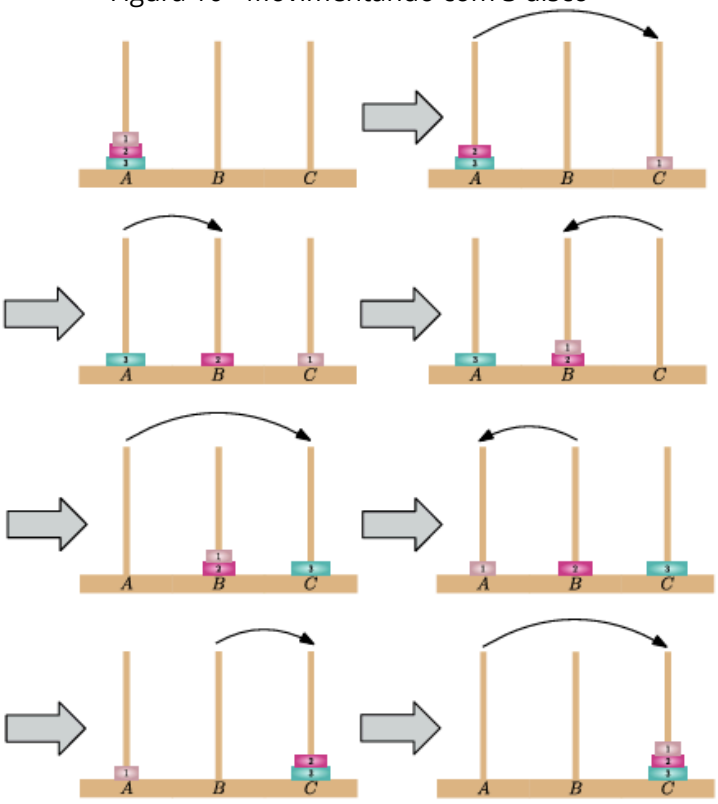

Fonte: Ferreira e Oliveira, 2023, p.5

Figura 9 - Movimentando com 2 disco



Fonte: Ferreira e Oliveira, 2023, p.6

Figura 10 - Movimentando com 3 disco



Fonte: Ferreira e Oliveira, 2023, p.8

# Encontro 6 - A Lenda do Xadrez: O desafio dos grãos que se multiplicam

Objetivo

Compreender o conceito de crescimento exponencial por meio da clássica lenda do xadrez, desenvolvendo a percepção de padrões, o raciocínio lógico e a interpretação de situações reais.

Problema Gerador

Quantos grãos de trigo seriam necessários para preencher todas as casas de um tabuleiro de xadrez, dobrando a quantidade a cada casa?

Materiais (Oficina)

- Tabuleiro de xadrez (ou desenho impresso);
- Grãos (feijão, arroz, milho ou similares);
- Copos ou recipientes;
- Papel e lápis;
- Calculadora (opcional);
- Quadro e pincel.

Passo a passo

- Apresentar a lenda do xadrez aos alunos;
- Explicar a regra:
  1 grão na primeira casa;
  Dobrar a quantidade a cada casa seguinte;
  Simular as primeiras casas (até onde for possível);
  Registrar os valores em tabela;
  Identificar o padrão de crescimento;
- Tabela de Observação (exemplo).

BNCC (Base Nacional Comum Curricular)

Ensino Médio:

- (EM13MAT508) Identificar e associar progressões geométricas (PG) a funções exponenciais de domínios discretos, para análise de propriedades, dedução de algumas fórmulas e resolução de problemas.

Metodologia

A atividade será desenvolvida por meio de uma abordagem investigativa e contextualizada, utilizando a narrativa da lenda do xadrez como elemento motivador. Inicialmente, o professor apresentará a história, despertando o interesse dos alunos. Em seguida, os estudantes irão simular o crescimento da quantidade de grãos nas primeiras casas do tabuleiro, registrando os dados obtidos. A partir dessas observações, serão incentivados a identificar padrões e formular generalizações, compreendendo o crescimento exponencial envolvido. A metodologia valoriza:

- Aprendizagem ativa;
- Contextualização histórica;
- Investigação matemática;
- Construção de padrões.

Resultados Esperados

- Compreensão do crescimento exponencial;
- Desenvolvimento do raciocínio lógico;
- Capacidade de interpretação de padrões;
- Maior interesse pela Matemática;

Diferencial da Atividade

- Uso de narrativa histórica envolvente;
- Forte impacto visual do crescimento exponencial;
- Integração entre Matemática e cultura;
- Aprendizagem significativa e memorável.

Figura 10 - Trabalhando com a lenda o Xadrez

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026

# Encontro 7 - Modelagem de Fenômenos Reais: Por que tomar o remédio na hora certa?

Objetivo

Compreender o conceito de decaimento exponencial por meio da modelagem da absorção e eliminação de medicamentos no organismo, desenvolvendo a capacidade de interpretar fenômenos reais com base na Matemática.

Problema Gerador
O que acontece no organismo quando não tomamos o remédio no horário correto?

Materiais (Oficina)

- Copos ou recipientes transparentes;
- Água (representando o medicamento);
- Corante (opcional);
- Colher ou conta-gotas;
- Papel e lápis;
- Calculadora (opcional);
- Quadro e pincel.

Passo a passo

- Representar o medicamento com um copo contendo água;
- Simular o tempo retirando metade do líquido em intervalos iguais;
- Registrar a quantidade restante após cada intervalo;
- Organizar os dados em tabela;
- Identificar o padrão de redução.

BNCC (Base Nacional Comum Curricular)
Ensino Médio:

- (EM13MAT304) 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.
- (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.

Metodologia

A atividade será desenvolvida por meio de uma abordagem de modelagem matemática, na qual os alunos irão representar, de forma concreta, o comportamento de um medicamento no organismo. Inicialmente, será proposta uma simulação prática, permitindo aos estudantes observar a redução da quantidade de “medicamento” ao longo do tempo. Em seguida, os dados serão registrados e organizados, favorecendo a identificação de padrões. Posteriormente, o professor conduzirá a formalização do conceito de decaimento exponencial, relacionando a situação prática à linguagem matemática. A metodologia valoriza:

- Aprendizagem ativa
- Contextualização com a vida real
- Investigação matemática
- Interdisciplinaridade (Matemática + Ciências)

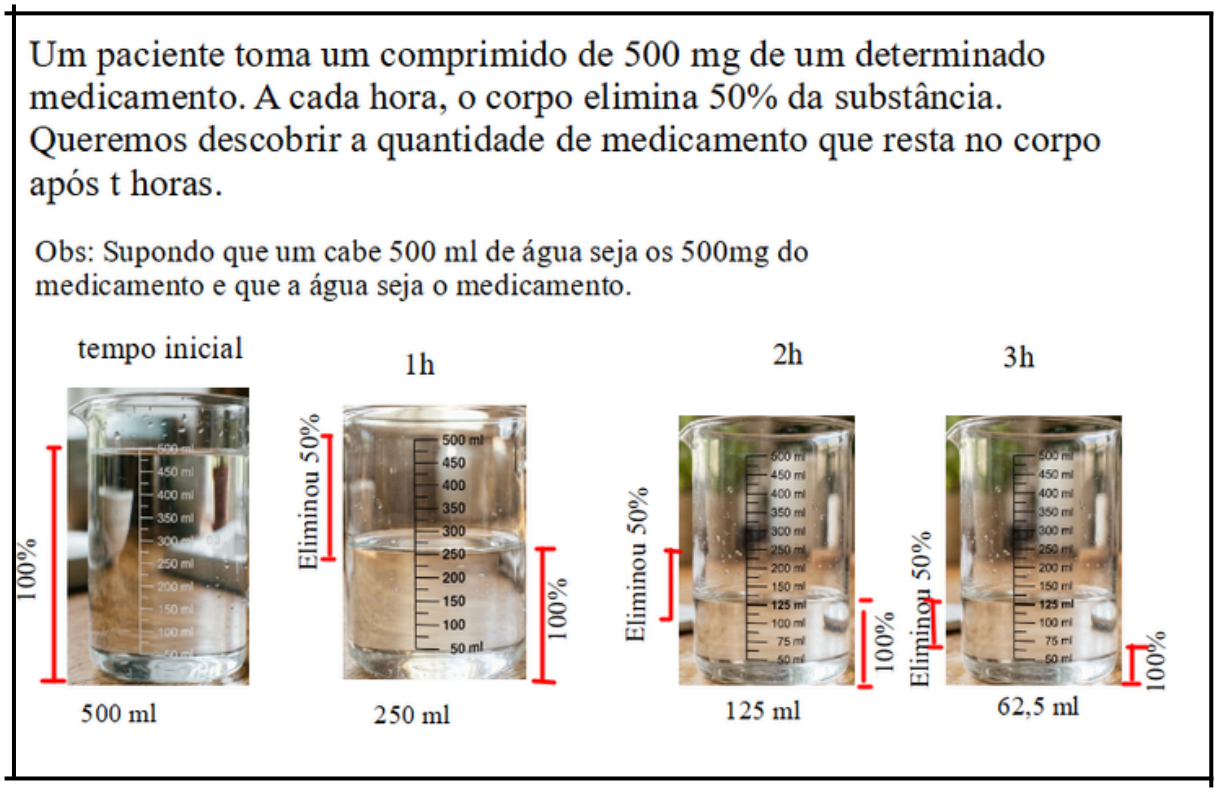
Resultados Esperados

- Compreensão do decaimento exponencial;
- Capacidade de interpretar fenômenos reais;
- Desenvolvimento do pensamento crítico;
- Maior engajamento dos alunos;

Diferencial da Atividade

- Forte conexão com o cotidiano;
- Integração com temas de saúde;
- Aprendizagem significativa;
- Aplicação prática da Matemática.

Figura 11 - Trabalhando medicamento usando copo




Fonte: Elaborado pelos autores, 2026

# Encontro 8 - Modelagem de Fenômenos Reais: Lei de Resfriamento de Newton

Objetivo
Compreender o conceito de decaimento exponencial por meio da modelagem do resfriamento de um corpo, analisando como a temperatura varia ao longo do tempo em relação ao ambiente.

Problema Gerador
Por que uma moeda quente esfria com o tempo e como podemos prever sua temperatura?

Materiais (Oficina)
- Uma panela com água;
- Uma moeda;
- Termômetro (digital ou comum);
- Termômetro infravermelho;
- Fogão elétrico;
- Cronômetro ou celular;
- Papel e lápis;
- Planilha (opcional);
- GeoGebra (opcional para gráfico);
- Quadro e pincel.

Passo a passo
- Medir a temperatura inicial da moeda;
- Registrar a temperatura ambiente;
- Medir a temperatura a cada intervalo de tempo (ex: de 2 em 2 minutos);
- Anotar os dados em tabela;
- Construir um gráfico (tempo × temperatura);
- Analisar o comportamento do resfriamento;
- Comparar com o medelo matemático.

BNCC (Base Nacional Comum Curricular)
Ensino Médio:
- (EM13MAT304) 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.
- (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.

Metodologia
A atividade será desenvolvida por meio de uma abordagem de modelagem matemática experimental, na qual os alunos irão investigar o comportamento térmico de uma moeda ao longo do tempo. Inicialmente, será realizada a coleta de dados por meio de medições periódicas. Em seguida, os estudantes organizarão as informações em tabelas e gráficos, identificando padrões de variação. Posteriormente, o professor conduzirá a análise do fenômeno, destacando que a diferença entre a temperatura do objeto e a do ambiente diminui ao longo do tempo, caracterizando um comportamento exponencial. A metodologia valoriza:

- Experimentação;
- Investigação científica;
- Interdisciplinaridade (Matemática + Física);
- Construção de modelos.

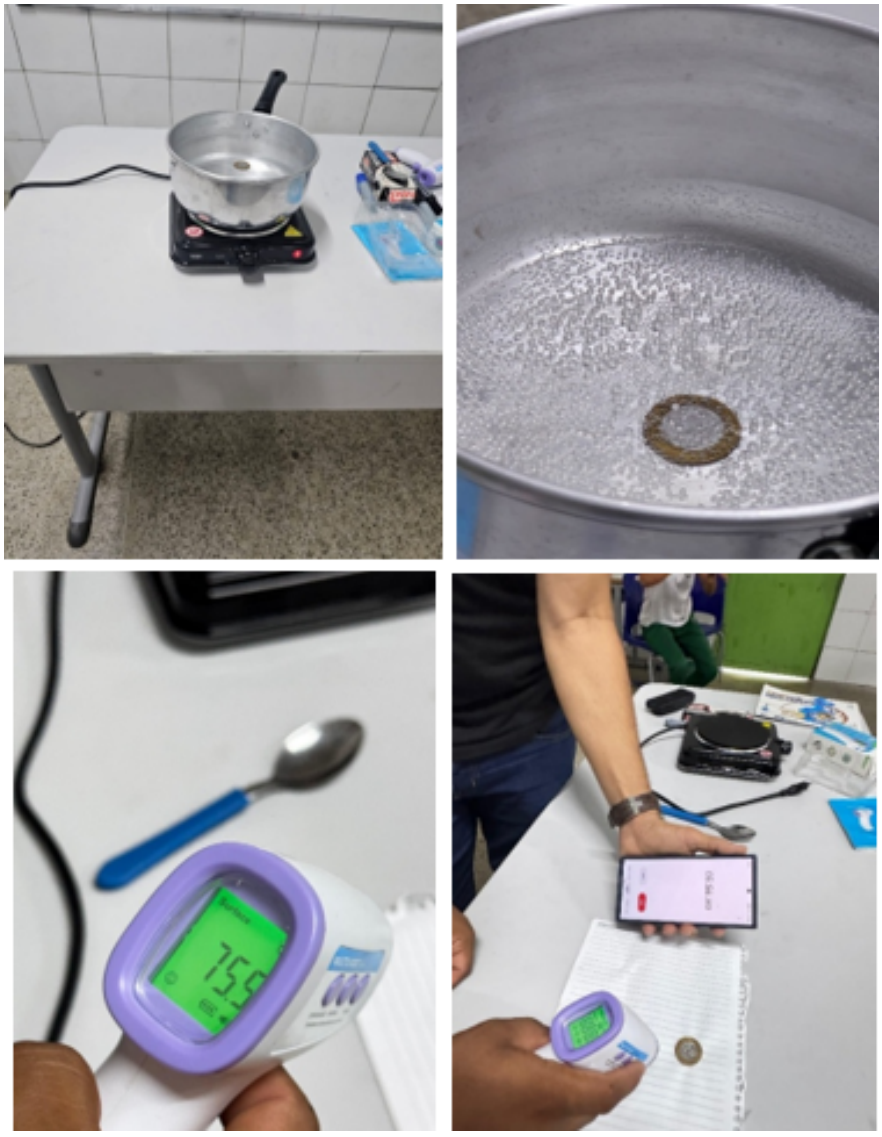
Resultados Esperados

- Compreensão do decaimento exponencial;
- Interpretação de fenômenos físicos;
- Desenvolvimento do pensamento científico;
- Aplicação da Matemática na realidade.

Diferencial da Atividade

- Forte conexão com fenômenos do cotidiano;
- Integração entre Matemática e Ciências;
- Aprendizagem prática e investigativa;
- Desenvolvimento do pensamento crítico.

Figura 12 - Oficina da lei de Resfriamento de Newton



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026

# Encontro 9 - Realização do pós-teste.

O último encontro desta pesquisa consistiu na aplicação do pós-teste, um instrumento de avaliação somativa estruturada para mensurar os avanços cognitivos dos estuantes após as oficinas de modelagem. O objetivo foi avaliar a evolução da aprendizagem e a consolidação dos conceitos de funções exponenciais após a intervenção pedagógica, comparando os níveis de proficiência e a capacidade de argumentação matemática dos estudantes com os resultados obtidos na etapa inicial. O instrumento foi segmentado em duas frentes complementares:

1. Avaliação Quantitativa (Objetiva): Composta por dez questões de múltipla escolha, focadas no domínio de propriedades, resolução de equações e interpretação de gráficos, visando uma análise estatística do desempenho da turma.
2. Avaliação Qualitativa (Subjetiva): Constituída por seis questões discursivas que exigiam a elaboração de modelos matemáticos para situações problema. O intuito desta parte foi analisar a qualidade dos registros e a maturidade do raciocínio lógico matemático dos estudantes.

A figura 13 representa a realização do teste final feito em sala de aula, em um momento reservado apenas para isso. O objetivo foi deixar os estudantes à vontade para mostrarem, por conta própria, tudo o que aprenderam durante as oficinas e as aulas. Assim, pudemos ver como eles usaram o conhecimento que construíram para resolver os problemas sozinho.

Figura 13 - Aplicação do pós-teste

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026

# Capítulo 4 - Resultados e evidências de sucesso

**Avanço no Desempenho**

Melhora significativa nas médias do pós-teste em relação ao diagnóstico inicial, evidenciando a eficácia da intervenção didática.

**Compreensão Conceitual**

Estudantes demonstraram maior domínio sobre os conceitos de crescimento e decrescimento exponencial, superando a memorização mecânica.

**Interpretação Gráfica**

Avanço na leitura e construção de gráficos, facilitando a visualização do comportamento da curva exponencial e suas propriedades

**Articulação Algébrica**

Melhor capacidade de relacionar fenômenos reais com suas respectivas expressões algébricas, conectando teoria e prática.

**Engajamento Estudantil**

A metodologia ativa gerou maior participação e interesse nas aulas, com os alunos assumindo uma postura investigativa.

**Comparação com resultados de provas externas**

Confirmou a evolução nas habilidades específicas trabalhadas durante as oficinas.

# Capítulo 5 - Conclusão e recomendações para o professor

Por fim, os resultados obtidos permitem concluir que a sequência didática baseada na modelagem matemática se mostrou uma estratégia pedagógica eficaz para o ensino de funções exponenciais no Ensino Médio, especialmente no contexto da escola pública investigada. A proposta apresentou alinhamento com as habilidades da BNCC, em especial as EM13MAT203, EM13MAT303, EM13MAT304, EM13MAT403, EM13MAT508 associadas as habilidades da matriz do Saeb, e servir de referência para práticas pedagógicas que busquem tornar o ensino de Matemática mais significativo, contextualizado e investigativo.

Diante dos resultados obtidos na aplicação da sequência didática baseada na modelagem matemática para o ensino de funções exponenciais, algumas recomendações podem ser apontadas para investigações futuras. Primeiramente, sugere-se a ampliação da proposta para outras turmas do Ensino Médio, como por exemplo a 1ª série, que é o ano que os estudantes veem pela primeira vez funções exponenciais, possibilitando análises comparativas e verificar a replicabilidade da sequência didática em realidades distintas.

Outra possibilidade consiste na adaptação da sequência didática para outros conteúdos matemáticos, tais como funções logarítmicas, progressões geométricas e funções exponenciais com base natural, onde o conteúdo de funções exponenciais seria o ponto de partida, ampliando o uso da modelagem matemática como estratégia pedagógica ao longo do currículo do Ensino Médio. E ainda podem explorar a integração da modelagem matemática com o uso de tecnologias digitais, como softwares de simulação, planilhas eletrônicas e aplicativos educacionais, potencializando a análise de dados e a construção de modelos.

# Agradecimetos

Antes de tudo, agradeço a Deus, fonte de força e esperança, por ter me sustentado ao longo de toda essa caminhada. Nos momentos de dúvida, foi Ele quem me deu coragem para continuar; nos momentos de conquista, foi a Ele que dediquei cada vitória.

À minha família, meu porto seguro, especialmente à minha esposa (Simony) e à minha filha (Sarah), que estiveram ao meu lado em todos os momentos. Obrigado pelo amor, pela paciência e por compreenderem minhas ausências. Vocês são a razão de cada esforço e a inspiração que me move todos os dias.

Aos meus pais e à minha irmã, que sempre acreditaram em mim, mesmo quando eu duvidava. Carrego comigo cada ensinamento, cada palavra de incentivo e todo o carinho que me fortaleceu até aqui.

À CAPES, pelo apoio financeiro durante os dois anos de curso, que tornou possível a realização deste sonho e permitiu que eu me dedicasse com mais tranquilidade à minha formação.
Aos professores do Instituto Federal do Piauí, minha sincera gratidão por cada ensinamento compartilhado. Em especial, aos meus orientadores, Professor Dr. Guilherme Luiz de Oliveira Neto e Professor Dr. Ronaldo Campelo da Costa, que foram muito além da orientação acadêmica. Obrigado pelos conselhos, pela paciência, pela confiança e por acreditarem no meu trabalho.

Aos meus colegas de mestrado, que dividiram comigo essa jornada intensa e transformadora. Entre desafios, aprendizados e conquistas, construímos não apenas conhecimento, mas também laços que levarei para a vida.

À direção da escola onde trabalho, pelo apoio, compreensão e incentivo. Conciliar trabalho e estudo não foi fácil, mas o suporte recebido fez toda a diferença para que eu chegasse até aqui.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste sonho. Este trabalho não é apenas meu — ele carrega um pouco de cada pessoa que caminhou comigo.

# Autores

Mestrando em Matemática - Profmat (IFPI). Especialista em Ensino de Matemática no Ensino Médio pelo Instituto Federal do Piauí (IFPI) (2019). Possuo graduação em Licenciatura em Matemática pela Universidade Estadual do Piauí (UESPI) (2009). Atualmente é professor - SEMED PARNARAMA e professor - Secretaria do Estado de Educação do Piauí . Tenho experiência na área de Matemática, com ênfase em Matemática

Possuo Graduação em Matemática pela Universidade Federal de Campina Grande-UFCG (2006), Especialização em Ensino de Matemática pela Faculdades Montenegro (2009), Mestrado em Matemática pela Universidade Federal da Paraíba-UFPB (2012) e Doutorado em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande-UFCG (2020). Atualmente sou professor permanente do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí-IFPI, Campus Floriano. Coordenador do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT/IFPI) no Campus Floriano.

Bacharel (2003) e licenciado (2004) em Matemática pela Universidade Federal do Piauí, mestre em Ciências pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2009) e doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (2016). É professor do ensino básico, técnico e tecnológico do Instituto Federal do Piauí. Líder Grupo de Estudos e Pesquisas sobre Ensino e Modelagem Matemática - GEPEMM. Integrante do grupo de Estudos e Pesquisa sobre a Atividade Pedagógica (GEPAPe). É também professor do programa de pós-graduação stricto sensu em Matemática - Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT).

# Referências

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. 2018. Disponível https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf . Acesso em 19 mai. de 2025

FERREIRA, Débora Borges; OLIVEIRA, Edvan Pontes de. A matemática no jogo de Torres de Hanói. Rio de Janeiro: SBM – Sociedade Brasileira de Matemática, 2023. Disponível em: < https://sbm.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Torre_de_Hanoi_SBM.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2026.

LIMA, J. A. MODELAGEM MATEMÁTICA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA: caminhos para um ensino contextualizado de funções exponenciais no Ensino Médio. Dissertação (PROFMAT). IFPI – Campus Floriano, 2026.

MEYER, João Frederico Costa Azevedo; CALDEIRA, Ademir Donizeti; MALHEIROS, Ana Paula dos Santos. Modelagem em Educação Matemática. – 4. ed.; – Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2019.

# Apêndice - Materiais pronto para usar

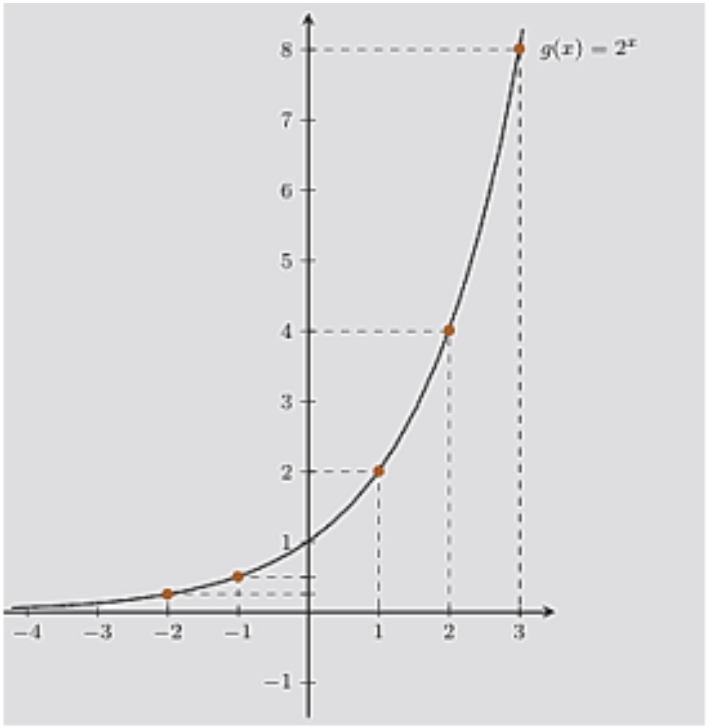
## APÊNDICE 1 - Pré – teste

Nome:_____ Idade: _____
Série: _____ Turma: _____

FUNÇÃO EXPONENCIAL

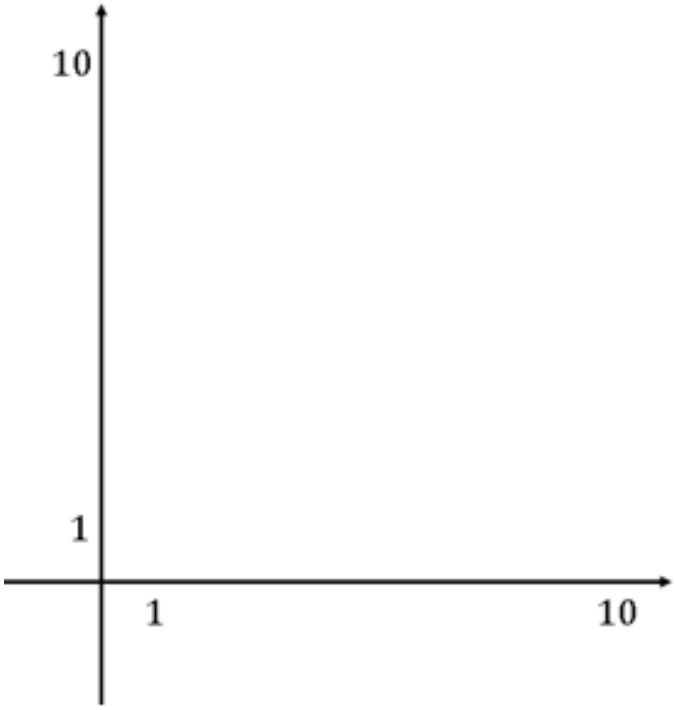
Exercício 1.1

a) Quais são as coordenadas dos pontos destacados no gráfico da função $g(x)=2^x$ representado na figura abaixo?



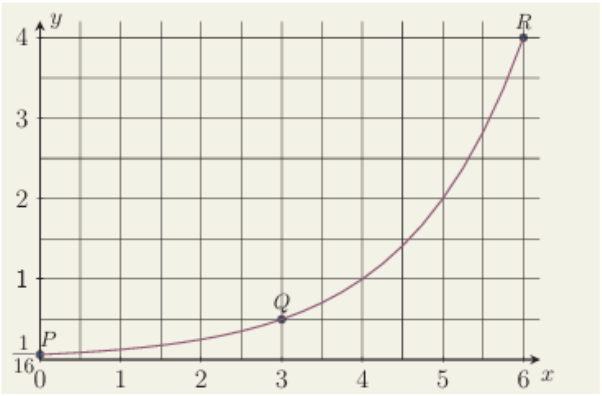

b) O que essas coordenadas representam?

c) Agora esboce o gráfico da função exponencial $g(x)=10^x$, definida para todo número real x.



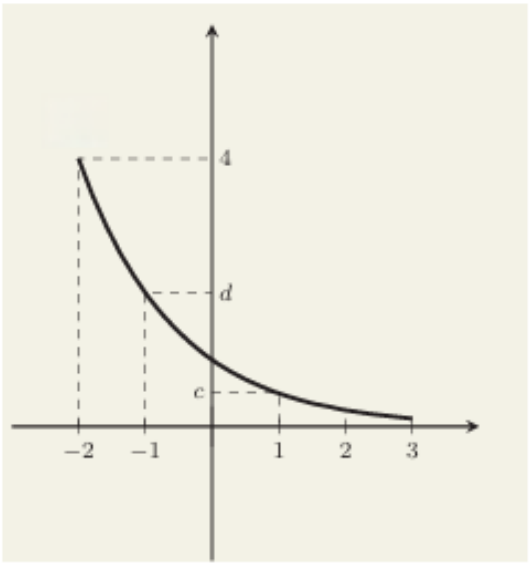
Exercício 1.2 A seguinte figura mostra parte do gráfico de uma função da forma $f(x)=Aa^x$, onde A e a são constantes.

a) Determine as coordenadas dos pontos P, Q e R.




b) Determine o valor A e a na função $f(x)=Aa^x$.

Exercício 1.3 Observe o gráfico na figura faça os seguintes itens.




x

a) O gráfico representa a função $h(x)=A^x$, para algum A>0. Determine o valor de A.

b) Calcule h(−3) e h(3).

c) Os pontos (−1,d) e (1,c) pertencem ao gráfico. Qual o valor de d−c?

d) Para qual valor de x devemos ter h(x)=1/16?

e) Para qual valor de x devemos ter h(x)=16?

Exercício 1.4 - PAEBES, ItemM120261A9 (adaptada)- A evolução prevista para certa cultura de bactérias é dada por $N(t)=2\cdot 3^{t}$, em que N é o número de bactérias, e t é o tempo em anos. Qual será o tempo necessário para que o número de bactérias seja de 486?

Exercício 1.5 - SAEGO, ItemM120282H6(adaptada) - Em determinado período, um pecuarista constatou que a população P, em milhares, de caprinos e ovinos da empresa onde atuava variava de acordo com a função $P(t)=\left(\frac{1}{4}\right)^{t}2$, em que t representa o tempo, em anos, a partir do início do registro dessa população. Depois de 6anos do início desse registro, a população, em milhares, de caprinos e ovinos será de quanto?

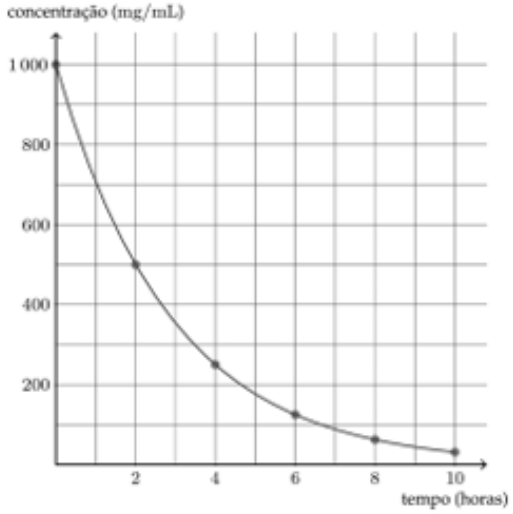
Exercício 1.6 PAEBES, ItemM120109A9 (adaptada), adaptada. No meio de uma avenida movimentada, o motorista aciona os freios de seu automóvel. Após a freada, o automóvel percorre 24 metros no 1º segundo, 12 metros no 2º segundo, e assim por diante, percorrendo, em cada segundo, metade da distância que percorreu no segundo anterior. A distância total a ser percorrida no tempo de 4 segundos após a freada será de
A) 15metros. B) 21metros. C) 27metros. D) 42metros. E) 45metros.

TEXTO REFERENTE AOS EXERCÍCIOS 1.7 E 1.8.

A seguinte tabela mostra a concentração de um medicamento na corrente sanguínea após o instante em que o medicamento é ingerido.

| **Tempo** (em horas) | **Concentração do medicamento** (em mg/mL) |
|---|---|
| 0 | 1 000 |
| 2 | 500 |
| 4 | 250 |
| 6 | 125 |

Esses dados podem ser representados no plano cartesiano da seguinte forma:




Exercício 1.7 Após a ingestão do medicamento, em quanto tempo, em horas, sua concentração na corrente sanguínea é igual a 31,25 mg/mL?

Exercício 1.8 Qual dos seguintes tipos de função melhor modela a concentração do medicamento em função do tempo?

a) Função afim da forma $f(t)=1000+at$, onde a>0.

b) Função exponencial da forma $f(t)=1000\cdot a^t$, onde $a>1$.

c) Função exponencial da forma $f(t)=1000\cdot a^t$, onde $0<a<1$.

d) Função quadrática da forma $f(t)=at^2+bt+c$ com $a<0$.

e) Função quadrática da forma $f(t)=at^2+bt+c$ com $a>0$

Exercício 1.9. Marcos solicitou ao banco, em janeiro de 2025, financiamento de uma dívida de R$ 2 000,00, a uma taxa de juros compostos de 10% ao mês. Caso realizasse o pagamento 2 meses após o financiamento, isto é, em março de 2025, o valor a ser pago por Marcos seria igual a
a) R$ 2 420,00. b) R$ 2 400,00. c) R$ 2 040,00. d) R$ 2 020,00. e) R$ 2 010,00.

Exercício 1.10. Você apresenta dificuldades no conteúdo de função exponencial (conceito e definição, representação algébrica, resolução de problemas)? ( ) Sim ( ) Não
Se sim, em qual(is)? ( ) Conceito e definição ( ) Representação algébrica ( ) Resolução de problemas

I. Se você marcou que sente dificuldade em conceito e definição, qual seria essa dificuldade?
( ) Compreender o que é uma função exponencial.
( ) Dificuldade em aplicar a definição de função exponencial nas questões.
( ) Distinção entre função exponencial e outras funções, como a função quadrática e afins e logarítmica.

II. Se você marcou que sente dificuldade em Representação algébrica, qual seria essa dificuldade?
( ) Compreender o significado dos coeficientes na construção do gráfico.
( ) Em encontrar a função exponencial a partir de dois pontos.
( ) Na substituição de valores em uma função exponencial.

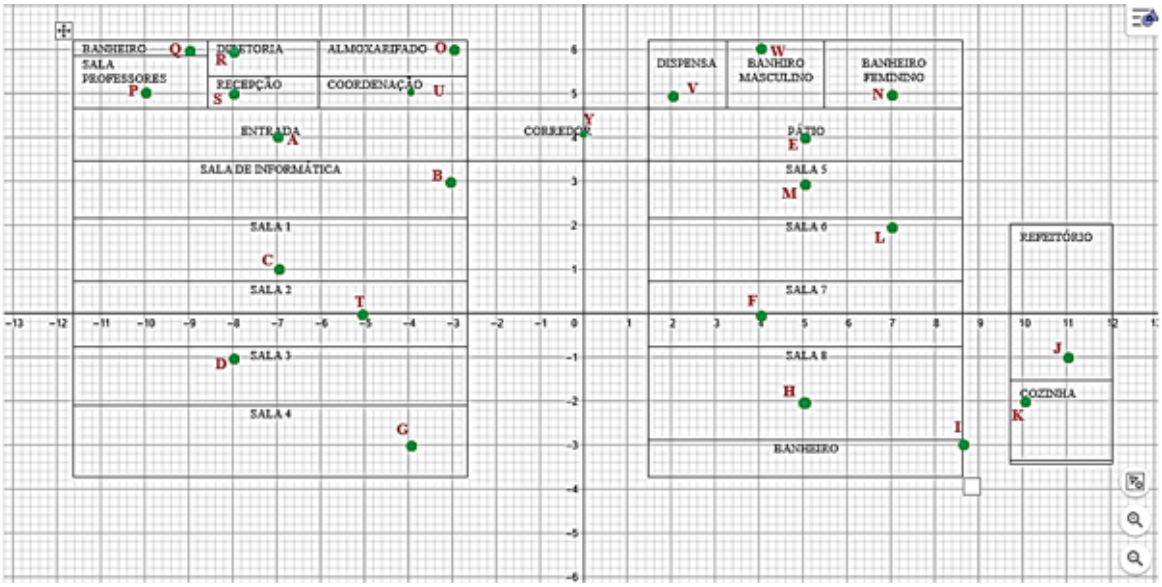
III. Se você marcou que sente dificuldade em resolução de problemas, qual seria essa dificuldade?
( ) Em encontrar uma função exponencial a partir de um problema.
( ) Em aplicar a função exponencial na resolução de questões práticas.
( ) Verificação da solução encontrada para garantir que ela se alinha com as condições do problema original

# APÊNDICE 2 - Explorando o Plano Cartesiano a partir da Planta da Escola

Objetivo da atividade

Relacionar pares ordenados à localização de espaços reais da escola, desenvolvendo a compreensão do plano cartesiano como ferramenta de representação e análise espacial.

Observe o plano cartesiano sobreposto à planta da escola e responda as questões de 1 a 7.




1. Determine as coordenadas seguintes pontos:
a) Entrada (A)
b) Sala 1 (C)
c) Sala 3 (D)
d) Sala 6 (L)
e) Refeitório (J)

2. Em qual quadrante está localizado:
a) A Sala 4 (G)?
b) O Pátio (E)?
c) A Diretoria (R)?

3. Existe algum ponto localizado sobre um dos eixos coordenados? Se sim, identifique-o e escreva suas coordenadas.

4. Considere que um estudante:
Sai da Entrada (A) e vai até a Sala 5 (M).
a) Qual é a variação na coordenada x?

b) Qual é a variação na coordenada y?

4. Determine a distância aproximada, em unidades do plano, entre:
a) Sala 1 (C) e Sala 3 (D)
b) Sala 6 (L) e Refeitório (J)
(Use a fórmula da distância entre dois pontos.)

5. Um estudante saiu da Sala de Informática (B), passou pelo Pátio (E) e seguiu até a Cozinha (K) e voltou para Sala de Informática (B)
a) Represente esse trajeto no plano.

b) Calcule a área representada pelos pontos.

6. Se uma câmera de segurança estiver instalada no ponto médio entre a Diretoria (R) e a Coordenação (U), determine suas coordenadas.

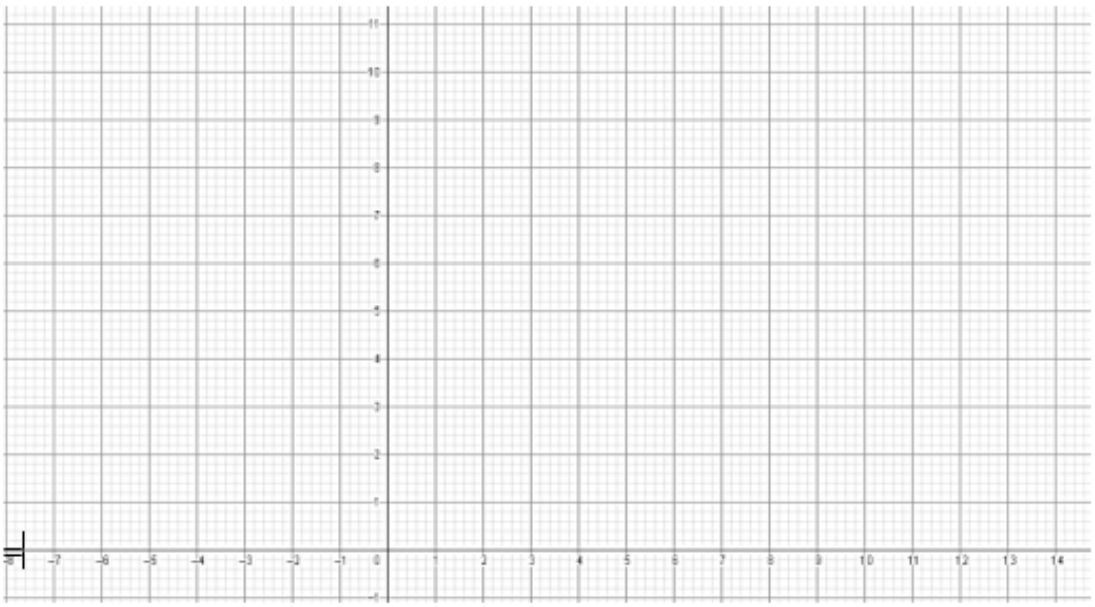
7. Se o Banheiro Feminino (N) estiver 2 unidades acima da sua posição atual, quais seriam suas novas coordenadas?

# APÊNDICE 3 - Roteiro de atividade investigativa com uso do GeoGebra

Objetivo da atividade
Investigar o comportamento gráfico das funções exponenciais por meio do software GeoGebra, analisando crescimento, decrescimento, domínio, imagem, assíntota horizontal e transformações gráficas, de modo a favorecer a compreensão conceitual da função exponencial.

1. Construa o gráfico da função

$$y = 2^x$$



Após a construção, responda:
a) Qual é o domínio da função?

b) Quais valores a função pode assumir (imagem)?

c) O gráfico intercepta o eixo x? Justifique.

d) O que acontece com a curva quando $x \to -\infty$?

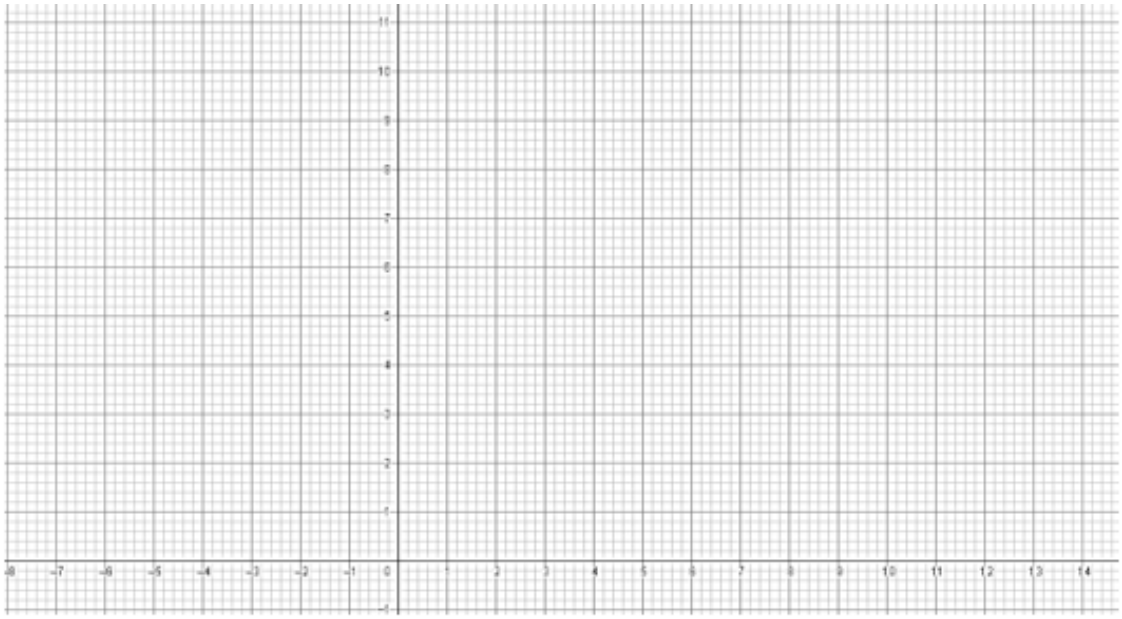
e) função é crescente ou decrescente? Explique com base no gráfico.

Agora, utilize a ferramenta de zoom:
f) Ao ampliar a visualização, o que você percebe em relação à proximidade da curva com o eixo x?

g) Ao reduzir o zoom, o comportamento da curva se altera? Existe alguma interrupção ou falha?

2. Construa agora o gráfico da função:

$$y = \left(\frac{1}{2}\right)^x$$



Responda:

a) A função é crescente ou decrescente?

b) Compare o comportamento desta função com o da função anterior.

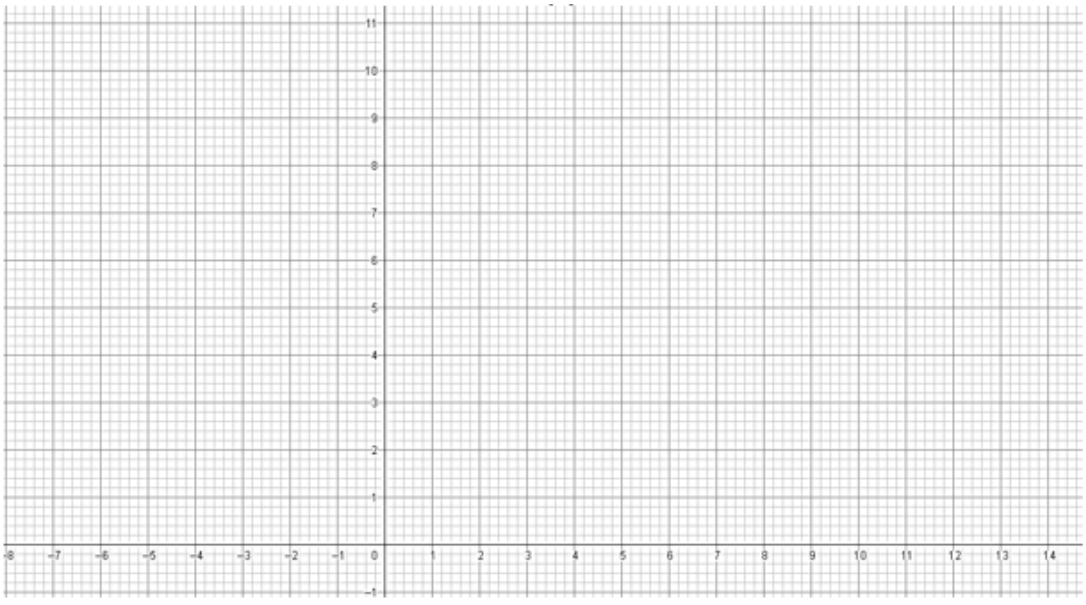
c) O que ocorre quando $x \to +\infty$?

d) Existe assíntota horizontal? Qual?

Registre as diferenças observadas entre as duas funções.

3. Construa, no mesmo plano cartesiano, as seguintes funções:

$$f(x) = 3^x$$
$$g(x) = 4^x$$



Responda:
a) Quanto maior a base, o crescimento ocorre de forma mais rápida ou mais lenta?
b) O que permanece igual entre os gráficos?
c) O que muda?
Elabore uma conclusão sobre a influência da base no comportamento da função exponencial.

4. Digite no Geogebra:

$$y = a^x$$

Crie um controle deslizante para o parâmetro a, variando entre 0 e 5.
Movimente o controle e registre:
a) O que acontece quando a>1?
b) O que ocorre quando 0<a<10?
c) O que acontece quando a=1?
Descreva suas conclusões.

5. Construa, no mesmo plano cartesiano, as funções:

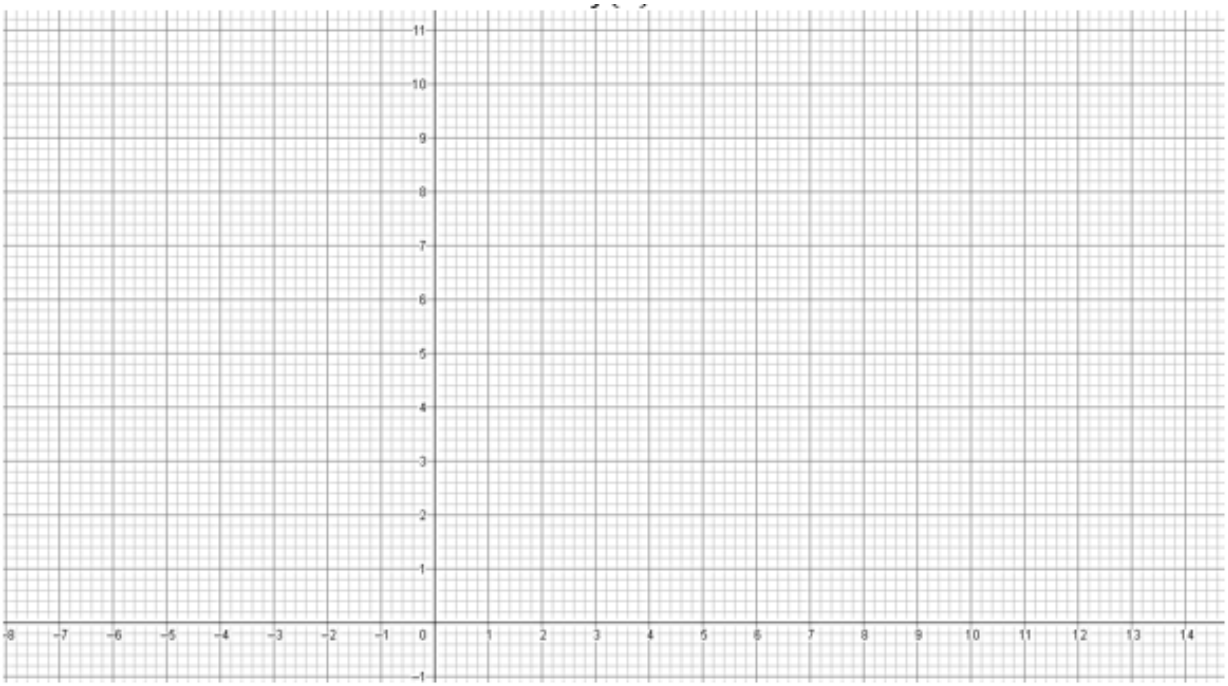
$$f(x) = 4^x$$

$$g(x) = 4^x + 1$$

$$h(x) = 4^x - 1$$

$$i(x) = 4^x + 2$$

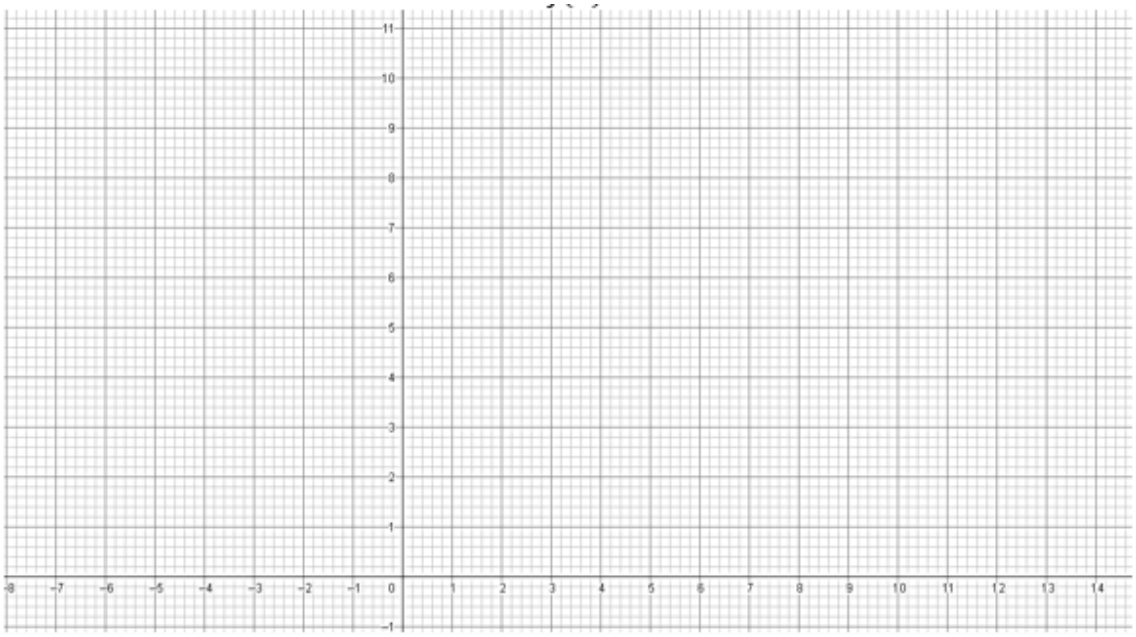
$$j(x) = 4^x - 2$$



Responda:
a) O que ocorre com o gráfico quando somamos ou subtraímos um número constante?
b) A forma da curva se altera?
c) A assíntota horizontal muda? Justifique.

6. Construa num mesmo plano cartesiano os gráficos das funções exponenciais dadas pelas leis abaixo e registre suas observações;

a) $y = 4^x$ b) $y = 2.4^x + 1$ c) $y = 3.4^x - 1$ d) $y = 4.4^x + 2$
e) $y = 5.4^x - 2$



a) O que ocorre com o gráfico quando multiplicamos a função por uma constante positiva?
b) O ponto de interseção com o eixo y se altera?
c) O crescimento continua exponencial?

# APÊNDICE 4 - Torre de Hanói – Explorando padrões com modelagem matemática

Objetivo da atividade
Promover a construção do conceito de função exponencial a partir da investigação de um problema clássico da matemática recreativa, favorecendo a identificação de padrões numéricos, a formulação de conjecturas e a elaboração de um modelo matemático generalizador.

A Torre de Hanói é um jogo matemático que consiste em três pinos e um conjunto de discos de tamanhos diferentes. Todos os discos começam empilhados em um dos pinos, do maior embaixo até o menor em cima.

O objetivo é mover todos os discos para outro pino, seguindo estas regras:
1. Só é possível mover um disco por vez.
2. Um disco só pode ser colocado sobre um disco maior ou em um pino vazio.

Menelaus encontrou um jogo da Torre de Hanói com 1 disco. Ele conseguiu resolver com apenas 1 movimento.
Curioso, ele aumentou para 2 discos e percebeu que precisou de 3 movimentos.
Com 3 discos, levou 7 movimentos.
Ele registrou os resultados em uma tabela:
Quantidade de discos (n) Mínimo de movimentos (T(n))

| Quantidade de discos (n) | Mínimo de movimentos (T(n)) |
|---|---|
| 1 | 1 |
| 2 | 3 |
| 3 | 7 |
| 4 | ? |
| 5 | ? |

Perguntas:
a) Complete a tabela acima com o número mínimo de movimentos necessários para 4 e 5 discos, observando o padrão.

b) Menelaus percebeu que o número de movimentos parece seguir uma regra. Escreva essa regra (fórmula) para calcular o número mínimo de movimentos M(n) com base na quantidade de discos n.

c) Usando a fórmula que você encontrou, calcule quantos movimentos são necessários para:

- 6 discos

- 10 discos

d) Se cada movimento levar exatamente 2 segundos, quanto tempo (em minutos e segundos) João levaria para resolver a torre com 6 discos?

e) Esboce o gráfico da fórmula encontrada no item “b”, determinando o domínio e a imagem.

# APÊNDICE 5 - O Desafio dos Grãos que se Multiplicam

Objetivo da atividade
Identificar regularidades numéricas a partir da análise de uma sequência construída por duplicação sucessiva.

A História do Tabuleiro e dos Grãos que dobram

Há muitos anos, em um reino distante, vivia um rei que gostava de desafios. Mesmo sendo muito rico, ele se sentia entediado e queria algo que estimulasse seu pensamento.

Um dia, um jovem estudioso apresentou ao rei um novo jogo. O jogo era formado por um tabuleiro com 64 casas e peças que se moviam seguindo regras específicas. O rei gostou tanto do jogo que decidiu oferecer uma recompensa ao jovem.

— Peça o que quiser — disse o rei.

O jovem respondeu com um pedido que parecia simples:

— Quero apenas grãos de trigo. Coloque 1 grão na primeira casa do tabuleiro, 2 grãos na segunda, 4 grãos na terceira, 8 grãos na quarta, e assim por diante, sempre dobrando a quantidade da casa anterior, até a casa de número 64.

O rei achou que era um pedido pequeno e aceitou imediatamente. Mas, quando seus conselheiros começaram a fazer as contas, perceberam algo surpreendente: a quantidade de grãos crescia muito rápido! Ao final do cálculo, descobriram que seria impossível pagar a recompensa, pois o número total de grãos era gigantesco.

O rei então compreendeu que o pedido do jovem escondia uma grande lição matemática: quando uma quantidade dobra repetidamente, ela cresce de forma muito mais rápida do que imaginamos.

Fonte: O Homem que Calculava. (Malba Tahan)

Imagine que você está no lugar do rei da história.

Um estudioso apresenta um jogo com um tabuleiro de 64 casas e faz o seguinte pedido como recompensa, invés do trigo vamos usar feijões.

- 1 feijão na 1ª casa
- 2 feijões na 2ª casa
- 4 feijões na 3ª casa
- 8 feijões na 4ª casa

E assim por diante, sempre dobrando a quantidade anterior, até a 64ª casa.
O rei aceita imediatamente. Mas será que ele conseguirá pagar?

Responda às questões a seguir de acordo com o texto

1. Que tipo de crescimento acontece quando uma quantidade dobra a cada etapa?
2. Quantos grãos haverá:
   - na 5ª casa?
   - na 6ª casa?
   - na 10ª casa?
3. Escreva uma expressão matemática que represente a quantidade de grãos na casa de número n.
4. Você acha que esse crescimento é lento ou muito rápido? Justifique sua resposta.
5. Pesquise ou discuta com seus colegas: onde encontramos situações parecidas com esse tipo de crescimento na vida real?

# APÊNDICE 6 - Uso de Medicamentos e Decaimento Exponencial

Objetivo da atividade
Promover a compreensão do conceito de decaimento exponencial por meio da análise de uma situação contextualizada relacionada à concentração de um medicamento no organismo ao longo do tempo.

1. Interpretação do problema

Um paciente toma um comprimido de 600 mg de um determinado medicamento. A cada hora, o corpo elimina 25% da substância. Queremos descobrir a quantidade de medicamento que resta no corpo após t horas.

- Quantidade inicial ($Q_0$):
- Taxa de eliminação:
- Tempo (t):
- Queremos: a quantidade de medicamento Q(t) que resta no corpo após t horas.

2. Cálculos em alguns instantes

| Tempo (t) – horas | Cálculo | Quantidade restante (mg) |
|---|---|---|
| 0 | | |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |

3. Interpretação dos resultados

4. Montando o modelo matemático
Como é uma eliminação percentual (sempre sobre o que resta), trata-se de um decaimento exponencial:
$Q(t)= Q_0(1-r)^t$

5. Resumo final do modelo

6. Tempo para restar 100 mg?

# APÊNDICE 7 - lei de resfriamento de Newton com uma moeda.

Objetivo da atividade
Promover a compreensão do conceito de decaimento exponencial por meio da investigação experimental do comportamento térmico de um corpo metálico em processo de resfriamento.

Atividade investigativa: análise experimental do resfriamento de um corpo metálico e modelagem matemática do fenômeno observado.
Elabore suas respostas de forma argumentativa, explicando o raciocínio utilizado em cada etapa da análise.
Construa representações gráficas e tabelas que auxiliem na interpretação dos dados coletados.
É permitido trabalhar em grupo para discutir ideias, mas cada aluno deve redigir suas próprias respostas.

**Parte 1 – Observação e coleta de dados**
1. Descreva com suas palavras como foi feito o experimento de aquecer e medir a temperatura da moeda.

2. Monte uma tabela com os valores de temperatura medidos ao longo do tempo.

3. Observe o comportamento da moeda ao longo do tempo e descreva o que aconteceu.

**Parte 2 – Análise e modelagem matemática**

1. Com base nos dados coletados, desenhe o gráfico de Temperatura (°C) × Tempo (min).

2. Explique, com base na expressão matemática do modelo, por que a variação da temperatura ao longo do tempo caracteriza um comportamento exponencial decrescente.

3. Compare o modelo teórico da Lei de Resfriamento com os dados reais da moeda.

**Parte 3 – Interpretação e reflexã**o
1. Cite fatores que podem interferir na precisão das medições de temperatura.

2. Em que outras situações cotidianas podemos observar fenômenos que seguem a Lei de Resfriamento de Newton?

Reflita sobre o que você aprendeu nesta atividade

# APÊNDICE 8 – Pós – Testes com questões subjetivas

Nome:_____ Idade: _____
Série: _____ Turma: _____

FUNÇÃO EXPONENCIAL: Questões subjetivas

Exercício 1.1

Construa o gráfico da função $f(x) = 2^x$ e responda:
a) Quais são as coordenadas dos pontos que você observa no gráfico para x = -1, 0, 1, 2?

b) O que representa o número "2" nessa função?

c) Se trocarmos o 2 por 3, o que muda no gráfico?

Exercício 1.2
A tabela mostra o crescimento de uma planta em centímetros, medido a cada semana.

| Semana (t) | 0 | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Altura (cm) | 5 | 10 | 20 | 40 |

a) O crescimento da planta pode ser representado por uma função exponencial?

b) Escreva a função que representa esse crescimento.

c) Qual será a altura após 6 semanas?

Exercício 1.3
Um remédio tem 200 mg no corpo logo após ser ingerido. A cada hora, a quantidade é reduzida pela metade.
a) Qual a quantidade após 3 horas?

b) Depois de quantas horas restará apenas 25 mg?

c) Esse é um exemplo de crescimento ou decaimento exponencial?

Exercício 1.4
Um capital de R$ 1.000,00 é aplicado a juros compostos de 10% ao mês.
a) Escreva a expressão que representa o valor acumulado após t meses

b) Quanto haverá após 3 meses?

c) Em que situação real esse tipo de cálculo é usado?

Exercício 1.5
De acordo com os dados da tabela, construa gráfico que representa o resfriamento de uma xícara de café:

| Tempo(min) | 0 | 2 | 4 | 6 |
|---|---|---|---|---|
| Temperatura (°C) | 90 | 70 | 55 | 43 |

a) Esse fenômeno é representado por uma função crescente ou decrescente?

b) A temperatura está diminuindo sempre na mesma quantidade ou em proporções?

c) Que tipo de função melhor representa esse comportamento?

Exercício 1.6 – Autoavaliação
O que mais te ajudou a entender o conteúdo?

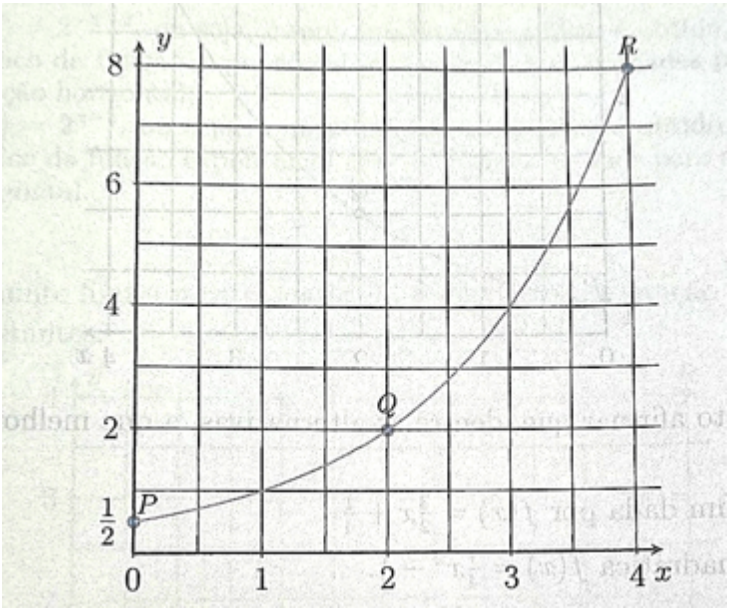
Objetivo do Pós-Teste
• Verificar se o estudante reconhece o comportamento das funções exponenciais (crescimento e decaimento);
• Avaliar a capacidade de interpretar gráficos e situações reais;
• Observar avanços conceituais após a sequência didática de modelagem.

# APÊNDICE 9 – Pós – Testes com questões objetivas

Nome:_____ Idade: _____
Série: _____ Turma: _____

FUNÇÃO EXPONENCIAL: Questões objetivas

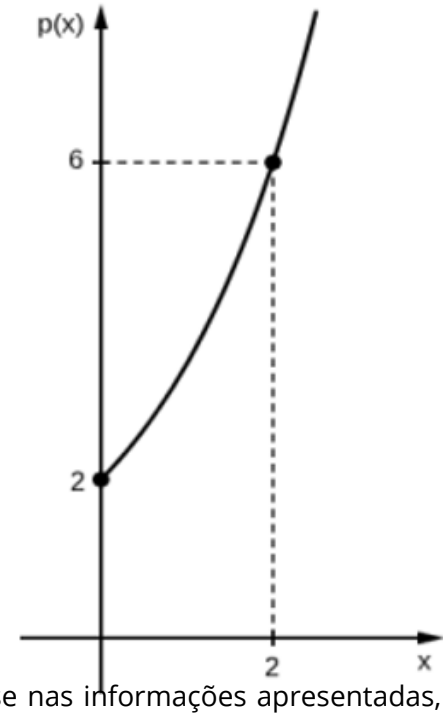
1. (SISEDU 2024.2) Observe, na seguinte figura, o gráfico contendo os pontos P, Q e R.




a) $y = 2^{-x}$ b) $y = 2^{x-1}$ c) $y = 2^{x}$ d) $y = x^{2}$ e) $y = 2x$

2. (PAEBES, ADAPTADA)) A evolução prevista para certa cultura de bactérias é dada por $N(t)=2.3^{t}$ em que é o número de bactérias, e o é o tempo em anos. Qual é a quantidade de bactérias em 5 anos?
a) 6 bactérias b) 12 bactérias c) 54 bactérias d) 162 bactérias e)486 bactérias

3. Em um experimento de laboratório, uma equipe de pesquisadores acompanhou, ao longo de várias semanas, a evolução da população de determinado inseto, registrando a quantidade observada a cada semana. O crescimento populacional está representado no gráfico a seguir e pode ser modelado por uma função exponencial do tipo $p(x)=p_o3^{rx}$, onde é a população inicial de insetos, $x$ é o tempo de observação, em semanas, $r$ é a taxa de crescimento da população e p(x) indica a população de insetos, em milhares, na semana x.




Com base nas informações apresentadas, qual é a expressão que melhor representa essa função de crescimento populacional?

a) $p(x) = x^2 + 2x + 2$

b) $p(x) = 2x + 6$

c) $p(x) = 6 \cdot 3^{2x}$

d) $p(x) = 2.3^{\frac{1}{2}x}$

e) $p(x) = 2.$

4. Uma empresa de tecnologia lançou um novo aplicativo e observou que o número de downloads, em milhares, após x meses, pode ser calculado pela expressão $D(x) = 20 \cdot 15^{0,4x}$ .Qual será o número de downloads, em milhares, após 5 meses?

a) 4500 b) 1200 c) 300 d) 120 e) 20

5. (ENEM PPL 2013) Em um experimento, uma cultura de bactérias tem sua população reduzida pela metade a cada hora, devido à ação de um agente bactericida. Neste experimento, o número de bactérias em função do tempo pode ser modelado por uma função do tipo

a) afim. b) seno. c) cosseno. d) logarítmica crescente. e) exponencial.

6. (IFPE 2017) No início do ano de 2017, Carlos fez uma análise do crescimento do número de vendas de refrigeradores da sua empresa, mês a mês, referente ao ano de 2016. Com essa análise, ele percebeu um padrão matemático e conseguiu descrever a relação $V(x)=5 +2^x$ onde V representa a quantidade

de refrigeradores vendidos no mês x. Considere: x = 1 referente ao mês de janeiro; x = 12 referente ao mês de dezembro. A empresa de Carlos vendeu, no 2º trimestre de 2016, um total de

a) 13 refrigeradores.

b) 39 refrigeradores.

c) 69 refrigeradores.

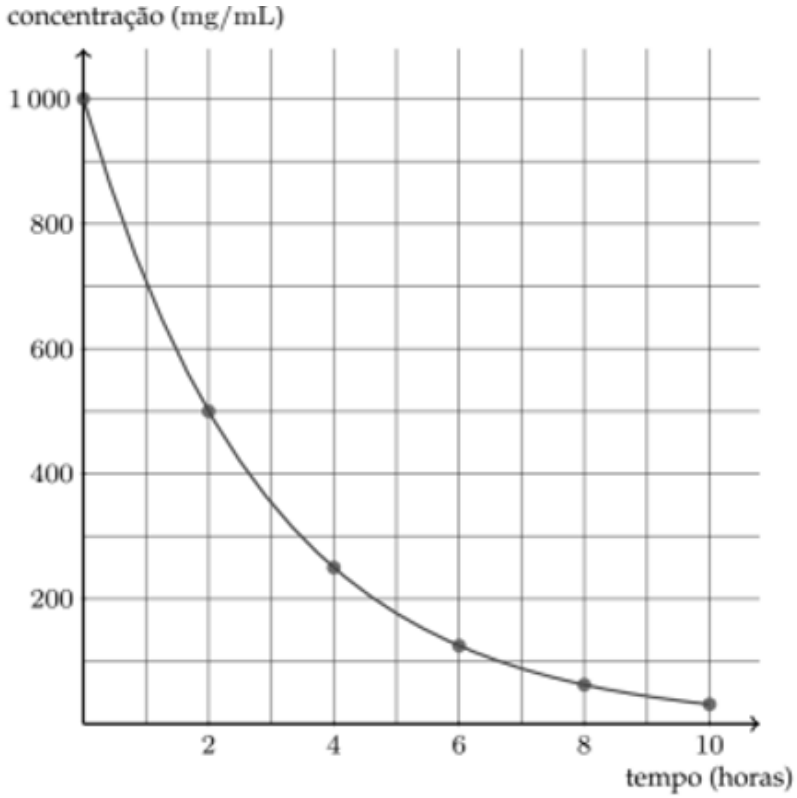
d) 112 refrigeradores.

e) 127 refrigeradores.

TEXTO REFERENTE ÀS QUESTÕES 7 E 8

| **Tempo** (em horas) | **Concentração do medicamento** (em mg/mL) |
|---|---|
| 0 | 1 000 |
| 2 | 500 |
| 4 | 250 |
| 6 | 125 |

Esses dados podem ser representados no plano cartesiano da seguinte forma:




7. Após a ingestão do medicamento, em quanto tempo, em horas, sua concentração na corrente sanguínea é igual a 31,25 mg/mL?
a) 5 h b) 6 h c) 8 h d) 10 h e) 12 h

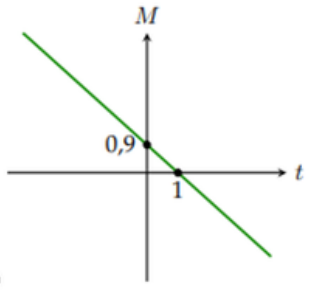
8. Qual dos seguintes tipos de função melhor modela a concentração do medicamento em função do tempo?
a) Função afim da forma $f(t) = 1000 + at$, onde $a < 0$.
b) Função exponencial da forma $f(t) = 1000 \cdot a^t$, onde $a > 1$.
c) Função exponencial da forma $f(t) = 1000 \cdot a^t$, onde $0 < a < 1$.
d) Função quadrática da forma $f(t) = at^2 + bt + c$ com $a < 0$.
e) Função quadrática da forma $f(t) = at^2 + bt + c$ com $a > 0$.

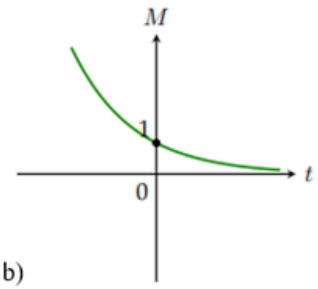
9. Marcos solicitou ao banco, em janeiro de 2025, financiamento de uma dívida de R$ 2 000,00 a uma taxa de juros compostos de 10% ao mês. Caso realizasse o pagamento 2 meses após o financiamento, isto é, em março de 2025, o valor a ser pago por Marcos seria igual a
a) R$ 2 420,00. b) R$ 2 400,00. c) R$ 2 040,00. d) R$ 2 020,00. e) R$ 2 010,00

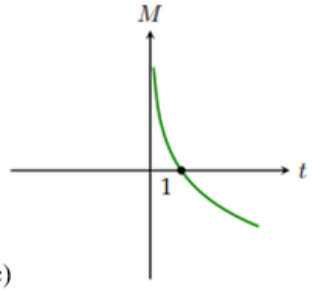
10. A massa (M) de um reagente químico é expressa em função do tempo (t) por meio da função

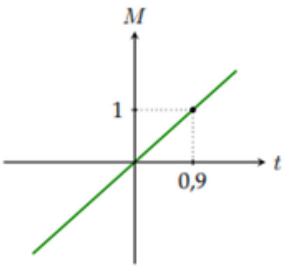
$$M(t) = 0{,}9^{t}.$$

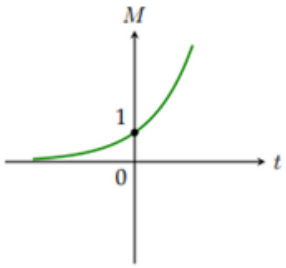
O gráfico que representa M em função de t é

a)



b)



c)



d)



e)


ISBN: 978-65-02-05610-3
CBL
9 786502 056103