



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA (IME)  
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM  
MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL (PROFMAT)



**ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA**

## **Modelagem matemática na captação da água da chuva**

**GOIÂNIA**

**2024**



UFG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

### E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação     Tese     Outro\*: \_\_\_\_\_

\*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

#### 2. Nome completo do autor

Alissany Santos Lima Oliveira

#### 3. Título do trabalho

Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva

#### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Jhone Caldeira Silva, Professor do Magistério Superior**, em 12/12/2024, às 12:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alissany Santos Lima Oliveira, Discente**, em 13/12/2024, às 18:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5034917** e o código CRC **88EE86C3**.

ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA

## Modelagem matemática na captação da água da chuva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação do Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional, do Instituto de Matemática e Estatística, da Universidade Federal de Goiás, como requisito para obtenção do título de Mestra em Matemática.

Área de concentração: Matemática do Ensino Básico.

Orientador: Prof. Dr. Jhone Caldeira Silva  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Elisabeth Cristina de Faria

GOIÂNIA

2024

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.**

Oliveira, Alissany Santos Lima  
Modelagem matemática na captação da água da chuva  
[manuscrito] / Alissany Santos Lima Oliveira. - 2024.  
194 f.

Orientador: Prof. Dr. Jhone Caldeira Silva; co-orientadora Dra. Elisabeth Cristina de Faria.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Matemática e Estatística (IME), PROFMAT - Programa de Pós graduação em Matemática em Rede Nacional - Sociedade Brasileira de Matemática (RG), Goiânia, 2024.

Bibliografia. Anexos. Apêndice.

Inclui siglas, fotografias, abreviaturas, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Modelagem matemática. 2. Educação matemática. 3. Ensino exploratório. I. Silva, Jhone Caldeira, orient. II. Título.

CDU 51



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA  
**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Ata nº 26 da sessão de Defesa de Dissertação de **Alissany Santos Lima Oliveira**, que confere o título de Mestre em Matemática, na área de concentração em **Matemática do Ensino Básico**.

Aos onze dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e quatro, a partir das 14h, por meio de **videoconferência**, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva**”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador Professor Doutor Jhone Caldeira Silva (IME/UFG), com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: a Professora Doutora Elisabeth Cristina de Faria (IME/UFG), o Professor Doutor Ronaldo Antônio dos Santos (IME/UFG), e a Professora Doutora Élide Alves da Silva (IMTec-UFCAT), membro titular externo. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Jhone Caldeira Silva, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos onze dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e quatro.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

**Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva**



Documento assinado eletronicamente por **Jhone Caldeira Silva, Professor do Magistério Superior**, em 11/12/2024, às 15:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ronaldo Antonio Dos Santos, Professor do Magistério Superior**, em 11/12/2024, às 15:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Élide Alves da Silva, Usuário Externo**, em 11/12/2024, às 16:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Elisabeth Cristina De Faria, Professora do Magistério Superior**, em 26/12/2024, às 11:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4966142** e o código CRC **042A2FDF**.

Dedico este trabalho a Deus, que, como um Pai Amoroso, esteve ao meu lado em todos os momentos, orientando-me, instruindo-me e sustentando-me, especialmente quando as forças pareciam se esgotar e pensei em desistir. Louvo ao Senhor, pois em todo o tempo pude sentir Sua bondade, misericórdia e amor manifestados no cuidado constante e na concretização desta jornada. Obrigada, Papai.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por Sua infinita bondade, misericórdia e amor, que me sustentaram em todos os momentos desta jornada, guiando meus passos e renovando minhas forças nas horas mais difíceis.

Ao meu esposo Rubens, pelo apoio incondicional, pela paciência em suportar minhas crises e, acima de tudo, por estar sempre ao meu lado, acreditando em mim e na realização deste sonho.

À minha mãe Beatriz, cujas orações e palavras de encorajamento foram fundamentais para que eu me mantivesse firme ao longo do caminho.

À minha irmã Alessandra e aos meus sobrinhos Brunna, Brunno, Maria Gabriella e Maria Alice, por todo carinho e apoio que sempre me motivaram a seguir em frente.

Aos meus orientadores, Professor Jhone e Professora Elisabeth, pela dedicação, orientação e confiança em meu trabalho. Suas contribuições foram essenciais para o amadurecimento deste projeto e para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

À professora Isabella, amiga e colega, que acreditou neste projeto desde o início e generosamente abriu sua sala de aula para sua execução, contribuindo de forma inestimável para que ele se tornasse realidade.

Aos meus amigos do grupo "*Futuros Mestres*", obrigada por cada palavra de incentivo, pelo apoio constante e pelas sessões de terapia que foram bálsamos em momentos de aflição. Sem vocês, esta conquista seria muito mais difícil.

A cada um de vocês, minha eterna gratidão.

*Quando passar por águas profundas, estarei ao seu lado.  
Quando atravessar rios, não se afogará. Quando passar pelo  
fogo, não se queimará, as chamas não lhe farão mal. Isaías 43:2.*

## RESUMO

Neste trabalho investigamos como a implementação de um projeto de Modelagem Matemática voltado à Captação da Água da Chuva pode impactar o ensino e aprendizagem de Matemática, considerando aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais dos estudantes, além de promover a conscientização ambiental. O estudo se fundamenta em autores como Biembengut, Bassanezi, Burak, Barbosa, Stein e Canavarro, abordando a Modelagem Matemática e o Ensino Exploratório. A pesquisa foi desenvolvida em uma turma da segunda série do Ensino Médio e buscou analisar como os estudantes compreenderam conceitos matemáticos como áreas, volume, razões trigonométricas, entre outros, por meio de atividades que envolviam o cálculo do volume de água captada, a construção de pluviômetros e a projeção de reservatórios. Os objetivos específicos da pesquisa incluem: identificar os principais conceitos matemáticos envolvidos na captação da água da chuva e sua aplicação no contexto da modelagem matemática; verificar o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico e trabalho em equipe dos estudantes por meio da implementação do projeto; analisar como a utilização da atividade de modelagem matemática na captação da água da chuva impacta no interesse, motivação e participação dos estudantes na disciplina de Matemática; e observar as percepções dos estudantes e professores em relação às atividades desenvolvidas sob a temática da modelagem matemática na captação da água da chuva. Os resultados indicam que essa abordagem interdisciplinar pode ser uma ferramenta eficaz no ensino de Matemática, ao mesmo tempo em que sensibiliza os estudantes sobre questões de sustentabilidade.

**Palavras-chave:** modelagem matemática. educação matemática. ensino exploratório.

## ABSTRACT

In this work we discuss how the implementation of a Mathematical Modeling project focused on Rainwater Harvesting can impact the teaching and learning of Mathematics, considering students conceptual, procedural, and attitudinal aspects, while promoting environmental awareness. The study draws on authors such as Biembengut, Bassanezi, Burak, Barbosa, Stein, and Canavarro, addressing both Mathematical Modeling and Exploratory Teaching. The research was conducted in a second-year high school class and aimed to analyze how students understood mathematical concepts such as areas, volumes, and trigonometric ratios through activities involving water volume calculation, rain gauge construction, and reservoir design. The specific objectives include identifying key mathematical concepts related to rainwater harvesting and their application in the context of modeling; assessing the development of problem-solving skills, critical thinking, and teamwork among students through the project; analyzing the impact of modeling activities on students' interest, motivation, and engagement in Mathematics; and observing the perceptions of students and teachers regarding the activities developed under the theme of rainwater harvesting. The results indicate that this interdisciplinary approach can serve as an effective tool for teaching Mathematics while raising awareness of sustainability issues.

**Keywords:** mathematical modeling. mathematics education. exploratory teaching.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema simplificado da modelagem.....	25
Figura 2 - Organização do Modelos segundo Biembengut .....	29
Figura 3 - Dinâmica da modelagem matemática no ensino .....	33
Figura 4 - Etapas da Modelação propostas por Biembengut segundo os Processos Cognitivos.....	34
Figura 5 - O professor e o estudante nos casos de modelagem .....	39
Figura 6 - Diversas estratégias de ensino, de acordo com o papel do professor e dos estudantes e a ênfase da tarefa.....	44
Figura 7 - Práticas para orquestrar discussões matemáticas e as fases do ensino exploratório.....	54
Figura 8 - Vídeo: Água recurso finito.....	69
Figura 9 - Vídeo ONU: mundo enfrenta crise de água e precisa reagir .....	70
Figura 10 - Manchete Jornal O Diário do Município - Anápolis.....	73
Figura 11 - Resposta do estudante A9 sobre relevância da Matemática .....	80
Figura 12 - Anotações do grupo TPDMN oriundas das discussões em grupo.....	86
Figura 13 - Anotações do grupo Água Mineral oriundas das discussões em grupo..	87
Figura 14 - Disponibilidade de água na Terra.....	89
Figura 15 - Respostas das questões 1 e 2 do grupo Pudim .....	90
Figura 16 - Respostas das questões 1 e 2 do grupo Água Mineral .....	91
Figura 17 - Respostas das questões 1 e 2 do grupo TPDMN.....	91
Figura 18 - Parte da Pesquisa do grupo TPDMN .....	93
Figura 19 - Parte da Pesquisa do grupo Água Mineral .....	94
Figura 20 - Parte da Pesquisa do grupo Pudim.....	95
Figura 21 - Investigação das dependências da escola .....	96
Figura 22 - Trecho do relatório escrito pelo grupo TPDMN durante a coleta de dados na escola .....	97
Figura 23 - Tabela construída pelo grupo TPDMN com os dados coletados na escola .....	97
Figura 24 - Tabela construída pelo grupo Água Mineral com os dados coletados na escola .....	98
Figura 25 - Trecho do relatório escrito pelo grupo Pudim durante a coleta de dados na escola .....	99

Figura 26 - Tabela construída pelo grupo Pudim com os dados coletados na escola .....	99
Figura 27 - Tabela construída conjuntamente pelos pesquisadores e estudantes..	100
Figura 28 - Slide utilizado pelos pesquisadores para explanação do conteúdo .....	103
Figura 29 - Construção dos pluviopets .....	105
Figura 30 - Grupo Pudim: Resposta da questão 5 da atividade 7 .....	107
Figura 31 - Grupo Água Mineral: Resposta da questão 4 da Atividade 7 .....	107
Figura 32 - Grupo TPDMN: Respostas da atividade 7.....	108
Figura 33 - Instalação dos pluviopets .....	110
Figura 34 - Medições do telhado do teatro e da sala de aula .....	113
Figura 35 - Grupo Pudim: Área de captação encontrada pelo grupo.....	114
Figura 36 - Grupo Água Mineral: Área de captação encontrada pelo grupo .....	114
Figura 37 - Grupo TPDMN: Área de captação encontrada pelo grupo .....	115
Figura 38 - Grupo Pudim: volume de captação .....	116
Figura 39 - Grupo TPDMN: volume de captação.....	116
Figura 40 - Grupo Água Mineral: volume de captação .....	117
Figura 41 - Projeto Grupo Pudim.....	118
Figura 42 - Projeto Grupo TPDMN .....	118
Figura 43 - Projeto Grupo Água Mineral.....	119

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Nível de interesse dos estudantes pela Matemática .....	80
Gráfico 2 - Expectativas dos estudantes com relação à participação no projeto .....	81
Gráfico 3 - Conceitos matemáticos Identificados pelos Estudantes.....	121

## **LISTA DE QUARO**

Quadro 1 - Estrutura da organização das antecipações nos planos de aula .....	67
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
DC-GO	Diretrizes Curriculares para Goiás
DCNs	Diretrizes Curriculares Nacionais
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFG	Universidade Federal de Goiás

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA</b>	<b>18</b>
2.1	ALGUMAS CONCEPÇÕES DE MODELAGEM MATEMÁTICA	20
<b>2.1.1</b>	<b>Concepção de Modelagem segundo Bassanezi</b>	<b>20</b>
2.1.1.1	Escolha de temas	22
2.1.1.2	Coleta de Dados	22
2.1.1.3	Análise de Dados e Formulação de Modelos	23
2.1.1.4	Validação	23
<b>2.1.2</b>	<b>Concepção de Modelagem segundo Biembengut</b>	<b>23</b>
2.1.2.1	Diagnóstico:	25
2.1.2.2	Escolha do tema ou modelo matemático:	26
2.1.2.3	Desenvolvimento do conteúdo programático	26
2.1.2.3.1	<i>Interação</i>	27
2.1.2.3.2	<i>Matematização</i>	27
2.1.2.3.3	<i>Modelo matemático</i>	27
2.1.2.4	Orientação de modelagem	27
2.1.2.5	Avaliação do processo	29
<b>2.1.3</b>	<b>Concepção de Modelagem segundo Burak</b>	<b>30</b>
2.1.3.1	Escolha do tema	31
2.1.3.2	Pesquisa exploratória	32
2.1.3.3	Levantamento do(s) problema(s)	32
2.1.3.4	Resolução dos problemas e o desenvolvimento do conteúdo matemático no contexto do tema	32
2.1.3.5	Análise crítica das soluções	32
<b>2.1.4</b>	<b>Concepção de Modelagem segundo Barbosa</b>	<b>33</b>
2.1.4.1	Caso 1	33
2.1.4.2	Caso 2	34
2.1.4.3	Caso 3	34
2.2	A CONCEPÇÃO DE MODELAGEM MATEMÁTICA ADOTADA NA PRESENTE PESQUISA	39
2.3	MODELAGEM MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL	41
<b>3</b>	<b>ENSINO EXPLORATÓRIO</b>	<b>39</b>

3.1	O SIGNIFICADO DE ENSINO EXPLORATÓRIO NO ENSINO DA MATEMÁTICA	46
3.2	FASES DE UMA AULA EXPLORATÓRIA	44
3.2.1	<b>Introdução da tarefa</b>	44
3.2.2	<b>Desenvolvimento da tarefa</b>	45
3.2.3	<b>Discussão da tarefa</b>	45
3.2.4	<b>Sistematização das atividades matemáticas</b>	45
3.3	AS CINCO PRÁTICAS PARA ORQUESTRAÇÃO DE DISCUSSÕES MATEMÁTICAS PRODUTIVAS	50
3.3.1	<b>Antecipar as respostas matemáticas dos estudantes</b>	46
3.3.2	<b>Monitorar o trabalho dos estudantes</b>	47
3.3.3	<b>Selecionar as respostas dos estudantes</b>	47
3.3.4	<b>Sequenciar as respostas dos estudantes</b>	48
3.3.5	<b>Estabelecer conexão entre as respostas dos estudantes</b>	49
4	<b>PERCURSOS METODOLÓGICOS</b>	55
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	55
4.2	ASPECTOS ÉTICOS	57
4.3	CONTEXTO DA PESQUISA	58
4.3.1	<b>Caracterização da escola</b>	55
4.3.2	<b>Os estudantes</b>	56
4.3.3	<b>O Projeto, a BNCC e o DC-GO</b>	57
4.4	DA COLETA DE DADOS	62
4.4.1	<b>Questionário Inicial – Estudantes</b>	59
4.4.2	<b>Questionário Final – Estudante</b>	59
4.4.3	<b>Questionários Inicial – Professora</b>	59
4.4.4	<b>Questionário Final – Professora</b>	59
4.4.5	<b>Diário de Campo – Estudantes</b>	60
4.4.6	<b>Diário de Campo – Pesquisadora</b>	60
4.4.7	<b>Observação participante</b>	61
4.4.8	<b>Fotografias</b>	61
4.5	A ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	65
4.5.1	<b>Modelagem matemática da precipitação</b>	64
4.5.1.1	Interação	64
4.5.1.2	Matematização	67

4.5.1.3	Modelo	69
<b>4.5.2</b>	<b>Modelagem matemática na captação da água das chuvas</b>	<b>71</b>
4.5.2.1	Interação e matematização	71
4.5.2.2	Modelo	72
4.5.2.3	Avaliação do processo	73
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS</b>	<b>74</b>
5.1	ANÁLISE DA ETAPA DE DIAGNÓSTICO	79
<b>5.1.1</b>	<b>Análise do Questionário Inicial Aplicado aos Estudantes</b>	<b>75</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Análise do Questionário Inicial aplicado à Professora</b>	<b>78</b>
5.2	ANÁLISE DAS ATIVIDADES DE MODELAGEM MATEMÁTICA	83
<b>5.2.1</b>	<b>Análise das Atividades de Modelagem Matemática da Precipitação</b>	<b>80</b>
5.2.1.1	Análise da Etapa de Escolha do Tema e da Etapa de Interação	80
5.2.1.1.1	<i>Análise da Atividade 1</i>	81
5.2.1.1.2	<i>Análise da Atividade 2</i>	84
5.2.1.1.3	<i>Análise da Atividade 3</i>	88
5.2.1.1.4	<i>Análise da Atividade 4</i>	91
5.2.1.2	Análise da Etapa de Matematização e da Etapa do Modelo Matemático	97
5.2.1.2.1	<i>Análise da Atividade 5</i>	98
5.2.1.2.2	<i>Análise da Atividade 6</i>	100
5.2.1.2.3	<i>Análise da Atividade 7</i>	102
<b>5.2.2</b>	<b>Análise das Atividades de Modelagem Matemática da Captação de Água da Chuva</b>	<b>106</b>
5.2.2.1	Análise da Etapa de Matematização e Modelo Matemático	107
5.2.2.2.1	<i>Análise da Atividade 8</i>	108
5.2.2.2.2	<i>Análise das Atividades 9 e 10</i>	111
5.3	ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS APÓS O PROJETO	120
<b>5.3.1</b>	<b>Questionário final aplicado aos estudantes</b>	<b>116</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Questionário Final aplicado à Professora da Turma</b>	<b>118</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>121</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>123</b>
	APÊNDICE A - Questionário Inicial - Estudantes	132
	APÊNDICE B - Questionário Final - Estudantes	134
	APÊNDICE C - Questionário Inicial - Professora	136
	APÊNDICE D - Questionário Final - Professora	138

APÊNDICE E - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	141
APÊNDICE F- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE	144
APÊNDICE G - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido	147
APÊNDICE H - Planejamento das Aulas	150
ANEXO A - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	186
ANEXO B – Carta de Anuência da Secretaria de Educação do Estado de Goiás	192
ANEXO C – Certificado de Participação na XXX Semana do IME - UFG	194

## 1 INTRODUÇÃO

A Matemática, como disciplina escolar, muitas vezes é percebida pelos estudantes como abstrata, distante de sua realidade e desprovida de significado prático. É comum, em sala de aula, ouvirmos questionamentos como: “Para que serve isso?” ou “Onde vou usar isso?”. Segundo Meyer, Caldeira e Malheiros,

[...] a Matemática serve para que a gente possa fazer uso dela, e, a partir desse uso, compreender mais da realidade, compreender mais das situações da vida. E acreditamos que, para os estudantes, também é isso que importa, embora para os matemáticos puros e aplicados o objetivo seja outro (Meyer; Caldeira; Malheiros, 2021, p. 38-39).

Diante desse cenário, surgem desafios para professores e pesquisadores, que buscam metodologias inovadoras e eficazes para tornar o ensino da Matemática mais atraente e relevante. Entre essas metodologias, a Modelagem Matemática se destaca por conectar os conceitos matemáticos ao mundo real, proporcionando aos estudantes uma compreensão mais profunda e contextualizada (Bassanezi, 2015; Biembengut; Hein, 2021). Além disso, o Ensino Exploratório emerge como uma alternativa à abordagem tradicional, em que o professor é o detentor do conhecimento e os estudantes são meros receptores. O Ensino Exploratório coloca em destaque a investigação, a descoberta e a construção ativa do conhecimento pelos estudantes (Canavarro, 2011).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), homologada em 2018, propõe uma visão integrada da Matemática aplicada à realidade, destacando a importância de desenvolver habilidades relacionadas à investigação, construção de modelos e resolução de problemas. A BNCC enfatiza o uso de processos que envolvam raciocínio, representação, comunicação e argumentação. Nesse contexto, a Modelagem Matemática associada ao Ensino Exploratório aparece como uma alternativa pedagógica que propicia a renovação das metodologias de ensino, promovendo um letramento matemático<sup>1</sup> significativo.

---

<sup>1</sup> Segundo o Pisa 2022, “o letramento matemático é a capacidade individual de raciocinar matematicamente e de formular, empregar e interpretar a matemática para resolver problemas em uma variedade de contextos do mundo real. Inclui conceitos, procedimentos, fatos e ferramentas para descrever, explicar e prever fenômenos. Ajuda os indivíduos a conhecer o papel que a matemática desempenha no mundo e a fazer julgamentos e tomar decisões bem fundamentadas necessárias para os cidadãos construtivos, engajados e reflexivos do século 21” (Brasil, 2023, p. 9).

Ainda segundo a BNCC, a educação deve visar à formação integral dos estudantes, contemplando dimensões intelectual, física, social, ética, moral e simbólica. Propõe-se, portanto, a contextualização dos conteúdos de forma significativa, utilizando-se da realidade e do cotidiano dos estudantes. A participação da comunidade e das famílias é incentivada, promovendo um processo de ensino mais envolvente e participativo (Brasil, 2018a, p. 16).

No Ensino Médio, na área de Matemática e suas Tecnologias, os estudantes devem utilizar conceitos, procedimentos e estratégias não apenas para resolver problemas, mas também para formulá-los, descrever dados, selecionar modelos matemáticos e desenvolver o pensamento computacional, por meio da utilização de diferentes recursos da área (Brasil, 2018a, p. 470).

Portanto, no Ensino Médio, a área de Matemática e suas tecnologias deve se comprometer com

[...] a formação dos jovens para o enfrentamento dos desafios da contemporaneidade, na direção da educação integral e da formação cidadã. Os estudantes, com maior vivência e maturidade, têm condições para aprofundar o exercício do pensamento crítico, realizar novas leituras do mundo, com base em modelos abstratos, e tomar decisões responsáveis, éticas e consistentes na identificação e solução de situações-problema (Brasil, 2018a, p. 537).

Nesse cenário, esta pesquisa investiga como a implementação de um projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva pode influenciar o ensino e a aprendizagem de Matemática, considerando os aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais, além de promover a conscientização ambiental dos estudantes. Pretende-se explorar as potencialidades dessa abordagem pedagógica, promovendo a participação ativa dos estudantes e o desenvolvimento de habilidades matemáticas essenciais, como raciocínio lógico, resolução de problemas e trabalho em equipe.

Os objetivos específicos da pesquisa incluem: identificar os principais conceitos matemáticos envolvidos na captação da água da chuva e sua aplicação no contexto da modelagem matemática; verificar o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico e trabalho em equipe dos estudantes por meio da implementação do projeto; analisar como a utilização da atividade de modelagem matemática na captação da água da chuva impacta no interesse, motivação e

participação dos estudantes na disciplina de Matemática; e observar as percepções dos estudantes e professores em relação às atividades desenvolvidas sob a temática da modelagem matemática na captação da água da chuva.

As hipóteses formuladas para este estudo são: a utilização da Modelagem Matemática no contexto da captação da água da chuva pode promover uma maior compreensão dos conceitos matemáticos envolvidos, como razão e proporção, porcentagem, estatística e geometria; a abordagem da captação da água da chuva como tema de estudo na disciplina de Matemática pode despertar o interesse e engajamento dos estudantes, favorecendo uma participação mais ativa nas atividades propostas; e a aplicação da modelagem matemática na captação da água da chuva pode estimular o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico, trabalho em equipe e consciência ambiental.

A escolha do tema da captação da água da chuva é justificada pela relevância da questão hídrica no Brasil e no mundo. Diversos países enfrentam crises de escassez de água devido ao crescimento populacional, industrial e urbano desordenado, além da poluição dos recursos hídricos (Anecchini, 2005). No Brasil, que possui 12% da água doce mundial, 70% está concentrada na Amazônia, enquanto apenas 30% é distribuída entre as demais regiões, gerando desigualdades e problemas como enchentes e secas frequentes.

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), em 2022 mais de 1,5 milhão de pessoas foram afetadas por enchentes, enquanto cerca de 7 milhões sofreram com secas e estiagens (Brasil, 2024). Portanto, torna-se urgente abordar esses problemas no contexto escolar, conscientizando os estudantes sobre o uso sustentável da água.

A fundamentação teórica deste trabalho está alinhada com a Base Nacional Comum Curricular e sustentada pelos estudos de autores da modelagem matemática, como Bassanezi (2015), Biembengut e Hein (2016), Biembengut (2021), Barbosa (2001, 2004) e Burak (1992, 2010), Klüber e Burak (2008, 2012), bem como pelo Ensino Exploratório, representado por autores como Canavarro (2011), Canavarro, Oliveira e Menezes (2012, 2014) e Stein *et al.* (1998, 2008). A BNCC enfatiza a importância de práticas pedagógicas que desenvolvam a autonomia intelectual e o pensamento crítico dos estudantes, objetivos que a modelagem matemática pode alcançar ao contextualizar o ensino de Matemática em situações do cotidiano.

O presente estudo foi desenvolvido em uma escola pública de Ensino Médio, com estudantes da segunda série do Ensino Médio. O projeto, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) antes de ser executado, orientado pelas práticas do Ensino Exploratório, envolveu atividades de modelagem matemática relacionadas à captação de água da chuva. Nessa abordagem, os estudantes integraram conceitos matemáticos, como cálculo de áreas, volumes e estatísticas, com a construção e validação de pluviômetros para medir a precipitação na região da escola, culminando na elaboração de um projeto de cisterna para a captação de água da chuva. Durante o desenvolvimento das atividades, promoveram-se discussões, medições e experimentos, oferecendo aos estudantes oportunidades de aplicar a Matemática em situações concretas e exploratórias. A pesquisa seguiu uma abordagem qualitativa, com a coleta de dados realizada por meio de observações, questionários e registros em diários de campo.

Os resultados revelam que a Modelagem Matemática pode contribuir significativamente para o ensino de Matemática, não apenas no domínio conceitual, mas também no desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas e no aumento do engajamento dos estudantes. A conscientização ambiental foi outra conquista relevante, à medida que os estudantes passaram a compreender melhor as questões relacionadas ao uso sustentável da água.

O desenvolvimento desta dissertação está organizado em quatro capítulos principais. No primeiro capítulo, será abordada a modelagem na educação, explorando seus fundamentos teóricos e práticos. O segundo capítulo tratará do Ensino Exploratório, destacando suas contribuições para o ensino de Matemática. No terceiro capítulo, serão apresentados os percursos metodológicos adotados na pesquisa. Finalmente, o quarto capítulo analisará os dados coletados, buscando uma compreensão abrangente dos resultados obtidos.

Assim, este estudo pretende contribuir para o avanço das práticas pedagógicas no ensino de Matemática, evidenciando o potencial da Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva como ferramenta para promover um ensino mais significativo e conectado com a realidade dos estudantes, além de fomentar a conscientização ambiental.

## 2 MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

Vivemos em uma era de rápido desenvolvimento tecnológico e crescentes demandas sociais, onde não apenas conhecimento teórico e habilidades específicas são necessários, mas também a criatividade, sensibilidade e participação ativa na construção do conhecimento. Nesse contexto, um dos desafios da educação, e consequentemente do professor, é a adoção de metodologias de ensino capazes de desenvolver plenamente as potencialidades dos estudantes, permitindo-lhes pensar de forma independente e crítica.

A BNCC estabelece competências e habilidades para orientar a Educação, destacando, na área de Matemática e suas Tecnologias, a interpretação, construção de modelos, resolução e formulação de problemas. Bassanezi, em "Modelagem Matemática - Teoria e Prática", destaca que a Modelagem Matemática pode desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento dessas habilidades, oferecendo oportunidades para exercer a criatividade tanto na resolução quanto na formulação de problemas originais (Bassanezi, 2015, p.12).

Além disso, quando existe alguma conexão do conteúdo curricular (de qualquer área) com um fato ou fenômeno real – ou seja, quando fica evidente a relação entre a teoria e a vida concreta -, o ensino-aprendizagem torna-se mais eficiente e mesmo mais prazeroso, pois vem acompanhado por curiosidade, perplexidade, desejo, vontade de saber (Assis *et al.*, 2020, p. 5).

Assis *et al.* (2020) defendem que a maneira mais eficaz de ensinar algum conteúdo em sala de aula é começando com problemas práticos, idealmente elaborados em colaboração com os estudantes. Isso deve considerar a curiosidade e as dúvidas dos estudantes, de modo que eles se tornem participantes ativos e responsáveis pelo seu aprendizado, além de coautores das atividades realizadas.

Designada como “arte de expressar por intermédio de linguagem matemática situações-problema de nosso meio” (Biembengut; Hein, 2021, p. 7), a modelagem matemática está presente desde tempos mais primitivos, surgindo de aplicações na rotina diária dos povos antigos. Entretanto, na Educação Matemática, a modelagem matemática é mais recente, ganhando espaço nas discussões sobre ensino e aprendizagem nas últimas quatro décadas, por meio de pesquisadores como Ubiratan D’Ambrosio, Aristides Camargos Barreto e Rodney C. Bassanezi, precursores no Brasil da modelagem matemática na educação.

Mas o que é exatamente Modelagem Matemática? Não existe uma resposta única para essa pergunta. Diversas abordagens de Modelagem Matemática têm emergido no contexto educacional. Portanto, não há uma resposta única para o que é Modelagem Matemática ou como aplicá-la em sala de aula, pois isso varia conforme a abordagem adotada. Segundo Meyer, Caldeira e Malheiros (2011, p. 79), "pequenas sutilezas resultam em definições distintas de Modelagem, conforme os diferentes pesquisadores" (*apud* Sousa; Lara; Ramos, 2018, p. 252).

Segundo Barbosa (2001, p. 1), "no Brasil a Modelagem está ligada à noção de trabalho de projeto", onde em geral os estudantes são organizados em grupos, escolhem temas de interesse para pesquisarem usando ferramental matemático, sendo apoiados nesse processo pelo professor.

Quando o foco é a pesquisa, a Modelagem Matemática é comumente usada para entender, prever e simular fenômenos complexos do mundo real nas mais diversas áreas do conhecimento. Pesquisadores desenvolvem modelos matemáticos para melhor compreensão de um fenômeno, projeção de possíveis cenários comerciais, projeto de máquinas, explorar teorias científicas, cálculo de estruturas, validar hipóteses e gerar novos conhecimentos, entre outros. Nesse tipo de modelagem a precisão e a capacidade de previsão dos modelos são de suma importância.

De acordo com Barbosa (2001, p. 2), "as práticas escolares de Modelagem têm tido fortes influências teóricas de parâmetros emprestados da Matemática Aplicada". Entretanto, o autor considera que haja indícios de limitações nessa transferência conceitual para fundamentar a modelagem na Educação Matemática. Segundo ele, a principal dificuldade se refere ao contexto escolar, onde os propósitos, a dinâmica do trabalho e a natureza das discussões matemáticas diferem dos modeladores profissionais.

Nesse contexto da Educação Matemática, a modelagem tem sido apontada como alternativa metodológica de ensino e aprendizagem, com vistas a auxiliar os estudantes a desenvolver habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas e compreensão de conceitos matemáticos aplicados a situações reais. Nesse âmbito, o foco é o processo de ensino - aprendizagem e não necessariamente a precisão do modelo, conforme afirma Bassanezi

[...] ao se dispor a trabalhar com modelagem, é importante ter claro seus objetivos e estabelecer alguns critérios de qualidade adequados a esses objetivos. Por exemplo, se a modelagem matemática vai ser utilizada em sala de aula com a finalidade de motivar os estudantes a incorporar certos conteúdos matemáticos ou a valorizar a própria matemática, muitas vezes, a validação dos modelos não é um critério fundamental para sua qualificação. Por outro lado, se o interesse recai nos resultados fornecidos pelo modelo, então a sua validação é indispensável (Bassanezi, 2015, p. 13).

Nessa perspectiva, segundo Bassanezi,

[...] o desenvolvimento de atividades que utilizam Modelagem como estratégia de ensino e aprendizagem, requer o entendimento das etapas que direcionam o trabalho para se chegar aos objetivos propostos, possibilitando que a construção e análise dos modelos faça parte desse processo. Isso ocorreria independente da concepção de Modelagem Matemática adotada (Sousa; Lara; Ramos, 2018, p. 4).

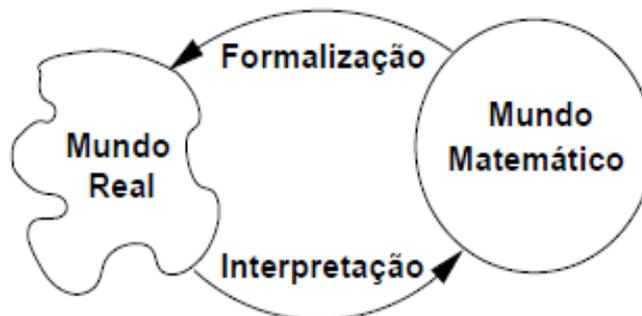
## 2.1 ALGUMAS CONCEPÇÕES DE MODELAGEM MATEMÁTICA

Nesta seção, exploraremos como diferentes autores abordam o desenvolvimento da modelagem matemática no contexto educacional. Vamos detalhar suas definições e formas de aplicação, oferecendo uma compreensão mais profunda sobre como essa metodologia pode ser implementada efetivamente no ensino.

### 2.1.1 Concepção de Modelagem segundo Bassanezi

Rodney Carlos Bassanezi, professor formador, defende a modelagem matemática como uma estratégia eficaz de ensino e aprendizagem. Com mais de 30 anos de experiência em sala de aula, ele tem desenvolvido atividades de modelagem em cursos de graduação, pós-graduação lato e stricto sensu, além de programas de formação continuada de professores. Bassanezi define modelagem como o processo de transformar problemas reais em modelos matemáticos, que são posteriormente resolvidos, avaliados e interpretados no contexto real. Dessa forma, a modelagem conecta teoria e prática, permitindo que os estudantes compreendam a realidade ao seu redor e proponham mudanças no ambiente em que estão inseridos.

**Figura 1 - Esquema simplificado da modelagem**



Fonte: Bassanezi (2002, p. 44).

Segundo o autor,

A modelagem no ensino é apenas uma estratégia de aprendizagem, onde o mais importante não é chegar imediatamente a um modelo bem sucedido, mas, caminhar seguindo etapas onde o conteúdo matemático vai sendo sistematizado e aplicado. [...] e neste contexto recebe o nome de *Modelação Matemática* (modelagem em Educação) (Bassanezi, 2002, p. 38, grifo do autor).

Portanto, de acordo com ele, na modelação, a validação de um modelo pode não ser a etapa mais importante. O que mais importa é o processo utilizado, a análise crítica e sua inserção no contexto sociocultural. O fenômeno modelado deve servir como base ou motivação para o aprendizado das técnicas e conteúdos matemáticos. As discussões sobre o tema escolhido ajudam a preparar o estudante para ser um membro ativo da sociedade em que vive.

Para evitar confusões, continuaremos a utilizar o termo "Modelagem Matemática". Embora Biembengut também utilize "Modelação", esse termo é pouco comum entre outros autores pesquisados.

Bassanezi considera um Modelo Matemático como um "conjunto de símbolos e relações matemáticas que representam de alguma forma o objeto estudado" (Bassanezi, 2002, p. 17), dividindo-os em dois tipos:

**Modelo Objeto:** Representa objetos ou fatos concretos, caracterizados pela estabilidade e homogeneidade das variáveis. Exemplos incluem desenhos, esquemas e fórmulas matemáticas. Essa representação é parcial e pode não capturar todos os detalhes.

Modelo Teórico: Vinculado a uma teoria existente, é construído a partir de um modelo objeto e deve representar as variáveis essenciais do fenômeno, obtendo relações por meio de hipóteses ou experimentos.

De acordo com o autor, o processo de modelagem começa pela escolha do tema, seguido pela coleta de dados, análise e formulação de modelos, e finalmente pela validação.

#### 2.1.1.1 Escolha de temas

Bassanezi explica que o processo de modelagem começa com a escolha do tema pelos estudantes, para que se sintam corresponsáveis pelo aprendizado e participem mais ativamente. Devem-se levantar situações de estudo amplas para gerar questionamentos em diversas áreas. Se o tema escolhido for desconhecido pelo professor, ele deve buscar temas correlatos e analogias entre os fenômenos.

Por exemplo, se o tema for "abelha", podem surgir problemas como dinâmica populacional, dispersão de colmeias, forma dos alvéolos, comercialização do mel, comunicação dos insetos e interação com plantações (Bassanezi, 2002, p. 45).

Os estudantes devem trabalhar em pequenos grupos, levantando problemas com base no tema comum, enquanto o professor monitora e propõe situações globais, sem sugerir problemas diretamente. Esse processo de discussão prepara os estudantes para serem membros ativos da sociedade (Bassanezi, 2002, p. 38). Para a escolha do tema, a sugestão do autor é: “não tenha medo e opte por algo que você gostaria de entender melhor” (Bassanezi, 2015, p. 18).

#### 2.1.1.2 Coleta de Dados

Após escolher o tema, o próximo passo é buscar informações relacionadas, coletando dados qualitativos ou numéricos. Isso pode ser feito por meio de entrevistas e pesquisas com amostragem aleatória, utilizando questionários e conceitos básicos de estatística; por meio de pesquisa bibliográfica em livros e revistas especializadas; ou através de experimentos programados pelos próprios estudantes. Os dados coletados devem ser organizados em tabelas para facilitar a análise e a construção de gráficos das curvas de tendências (Bassanezi, 2002, 2015).

### 2.1.1.3 Análise de Dados e Formulação de Modelos

A natureza dos dados obtidos orienta a formulação matemática dos modelos. Isso significa que o tipo de dados coletados durante a pesquisa influencia a maneira como o modelo matemático será construído. Dependendo das características dos dados, diferentes abordagens matemáticas podem ser necessárias. Nesse sentido, Bassanezi (2002) destaca duas formas de formulação:

**Formulação Estática:** Modelos que não envolvem o tempo, focando em relações diretas entre variáveis físicas através de equações ou funções.

**Formulação Dinâmica:** Modelos que consideram a mudança das variáveis ao longo do tempo, envolvendo uma relação entre variáveis dependentes e independentes, com ênfase em como essas variáveis se relacionam funcionalmente ao longo do tempo.

### 2.1.1. 4 Validação

Segundo Bassanezi (2002, 2015), a validação de um modelo envolve aceitar ou rejeitar o modelo com base na comparação entre os dados reais e os valores previstos pelo modelo. Um modelo eficaz deve explicar os resultados e prever novos dados ou relações inesperadas. A utilização de gráficos e tabelas para comparar os dados modelados com os experimentais pode facilitar esse processo e sugerir possíveis ajustes no modelo.

A formulação inicial de um modelo simples é fundamental para entender melhor o problema e identificar as características relevantes do fenômeno. Contudo, um primeiro modelo simplista pode não ser suficiente, exigindo reformulações nas variáveis ou nas leis de formação. A escolha das ferramentas matemáticas é essencial, especialmente no ensino básico, onde um modelo simples pode ser eficiente mesmo que não reproduza perfeitamente os dados experimentais. Um bom modelo é aquele que atende aos objetivos e é considerado eficaz pelo usuário.

### 2.1.2 Concepção de Modelagem segundo Biembengut

Maria Salett Biembengut, professora e pesquisadora, dedica-se à modelagem matemática desde 1986, tendo sido aluna do professor Rodney Carlos Bassanezi, o

que explica as semelhanças em suas interpretações sobre a modelagem na educação matemática. Biembengut e Hein definem a modelagem matemática como:

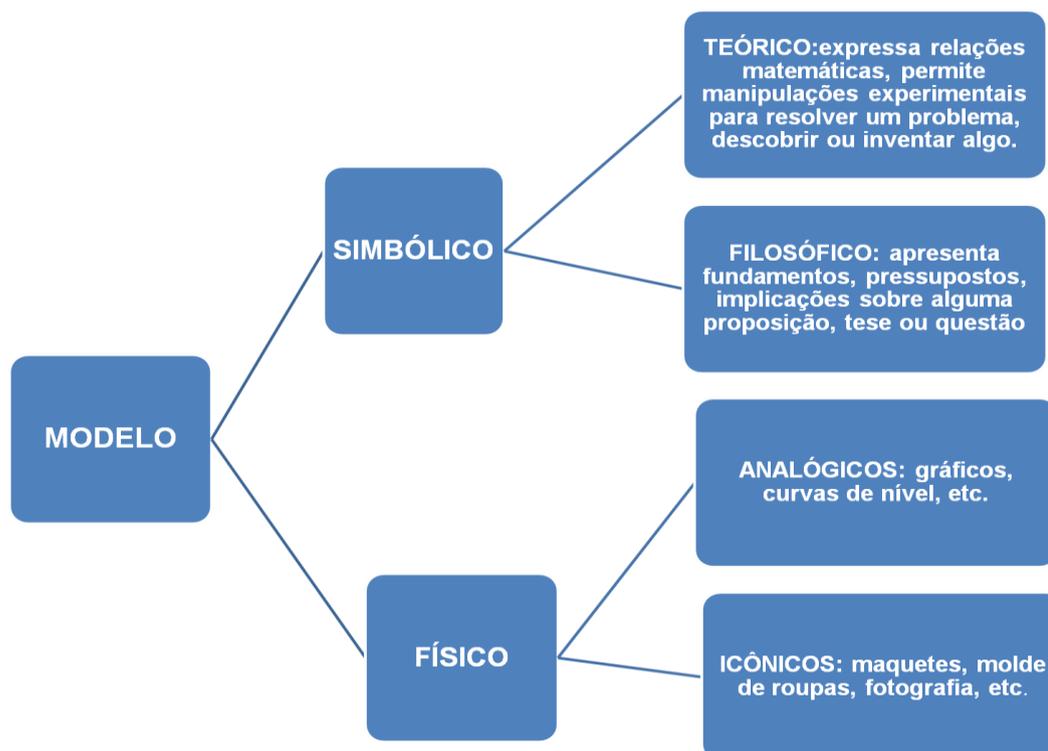
[...]um ramo da própria Matemática que tenta traduzir situações reais para uma linguagem matemática, para que por meio dela se possa melhor compreender, prever e simular ou, ainda, mudar determinadas vias de acontecimentos, com estratégias de ação, nas mais variadas áreas de conhecimento (Biembengut; Hein, 2021, p. 7).

Os autores também afirmam que a modelagem matemática expressa, através da linguagem matemática, situações do mundo real, formulando, resolvendo e elaborando modelos que não apenas solucionam problemas específicos, mas também oferecem suporte para outras aplicações e teorias. Eles definem um modelo matemático como: “um conjunto de símbolos e relações matemáticas que tenta representar, de alguma maneira, um fenômeno ou problema de situação real” (Biembengut; Hein, 2021, p. 12).

Segundo Biembengut (2016, p. 65), trata-se da “representação de algo que se pretende realizar, entender, explicar e/ou inferir, imitar, alcançar.”

Em seu livro "Modelagem na Educação Matemática e na Ciência," Biembengut organiza os modelos em dois grupos: Modelos Físicos, que incluem os icônicos ou de escala e os analógicos; e Modelos Simbólicos, que compreendem modelos teóricos e filosóficos.

**Figura 2 - Organização do Modelos segundo Biembengut**



**Fonte:** Produzido pelos autores segundo Biembengut (2016, p. 84-86).

No livro "Modelagem Matemática no Ensino," escrito em parceria com Nelson Hein, Biembengut define a Modelagem Matemática na Educação — Modelação — como um método que utiliza a essência da modelagem em cursos regulares, com um programa e currículo a ser cumprido, orientando-se por "desenvolver o conteúdo programático a partir de um tema ou modelo matemático, e orientar o estudante na realização de seu próprio modelo-modelagem" (Biembengut; Hein, 2021, p. 18).

Para implementar a modelagem, os autores sugerem cinco passos: diagnóstico; escolha do tema ou modelo matemático; desenvolvimento do conteúdo matemático, onde o professor desenvolve as etapas da modelagem (interação, matematização e modelo); orientação de modelagem; e, por fim, avaliação do processo. Como mencionado anteriormente, continuaremos a utilizar o termo "modelagem" ao invés de "modelação."

#### 2.1.2.1 Diagnóstico:

Segundo Biembengut, para implementar a modelagem, é essencial realizar um diagnóstico abrangente que considere fatores como a realidade socioeconômica dos

estudantes, o número de estudantes, o horário da disciplina e a disponibilidade para atividades extraclasse. A realidade socioeconômica e os interesses dos estudantes influenciam a escolha do tema, enquanto o nível de conhecimento matemático determina os conteúdos e exercícios necessários em cada etapa. Além disso, o horário da disciplina, o número de estudantes e a disponibilidade para trabalho extraclasse impactam significativamente o desenvolvimento das atividades de modelagem. Esses elementos destacam a importância de um diagnóstico antes de iniciar qualquer atividade de modelagem (Biembengut; Hein, 2021).

#### 2.1.2.2 Escolha do tema ou modelo matemático:

Diferentemente de Bassanezi e outros autores, Biembengut propõe que o tema seja único para toda a turma para desenvolver o conteúdo de um período letivo ou um tema/assunto para cada tópico matemático do programa ou currículo. A autora destaca vários problemas associados ao uso de múltiplos temas: a dificuldade para o professor se familiarizar rapidamente com diversos temas, a limitação de tempo em sala de aula para orientação, a desmotivação dos estudantes frente a temas complexos e a necessidade de cumprir o currículo, que impede a extensão das atividades para atender as demandas dos estudantes. Portanto, o tema escolhido deve ser suficientemente abrangente para desenvolver o conteúdo programático e, ao mesmo tempo, interessante para motivar os estudantes (Biembengut, 2016; Biembengut; Hein, 2021).

Biembengut sugere que o tema ou assunto a ser modelado possa ser escolhido tanto pelo professor quanto pelos estudantes. Independentemente de quem faça a escolha, o professor deve se familiarizar com o assunto, relacioná-lo ao conhecimento e às expectativas dos estudantes, e preparar-se adequadamente para garantir o desenvolvimento do conteúdo programático.

#### 2.1.2.3 Desenvolvimento do conteúdo programático

O desenvolvimento do conteúdo programático ocorre durante a etapa de matematização no processo de modelagem. Este processo segue as mesmas etapas da modelagem em pesquisa proposta pela autora: interação, matematização e modelo matemático.

### 2.1.2.3.1 Interação

O processo começa com uma breve exposição sobre o tema, delimitando a área de estudo para os estudantes. A atitude e o entusiasmo do professor nesse momento são fundamentais para motivar os estudantes, pois a vontade de aprender é essencial. Após essa introdução, levantam-se questões para incentivar a participação ativa dos estudantes, convidando-os a contribuir com sugestões (Biembengut; Hein, 2021).

### 2.1.2.3.2 Matematização

Na etapa de matematização, formula-se uma das questões levantadas para que os estudantes proponham respostas, promovendo uma interação dialógica ao longo do processo para melhorar o aprendizado de matemática. Quando necessário, sugere-se que os estudantes façam pesquisas ou assistam palestras sobre o tema para maior familiarização. Durante a formulação da questão, se surgir um conteúdo matemático necessário, o processo é interrompido para desenvolver esse conteúdo e, em seguida, retomado. Esse intervalo depende da abrangência do conteúdo, mas é fundamental manter a motivação.

Após desenvolver o conteúdo necessário, propõem-se exemplos similares para ampliar o entendimento e as aplicações matemáticas, além de exercícios para avaliar a compreensão dos conceitos. Finalmente, retorna-se à questão inicial, apresentando uma solução e reforçando a matemática como uma ferramenta essencial (Biembengut; Hein, 2021).

### 2.1.2.3.3 Modelo matemático

Nessa etapa do processo, "a questão formulada, que permite a resolução da questão e de outras similares, pode ser considerada um *modelo matemático*" (Biembengut; Hein, 2021, p. 22, grifo dos autores). Os estudantes devem então verificar a validade e importância do modelo, realizando o que se denomina de validação.

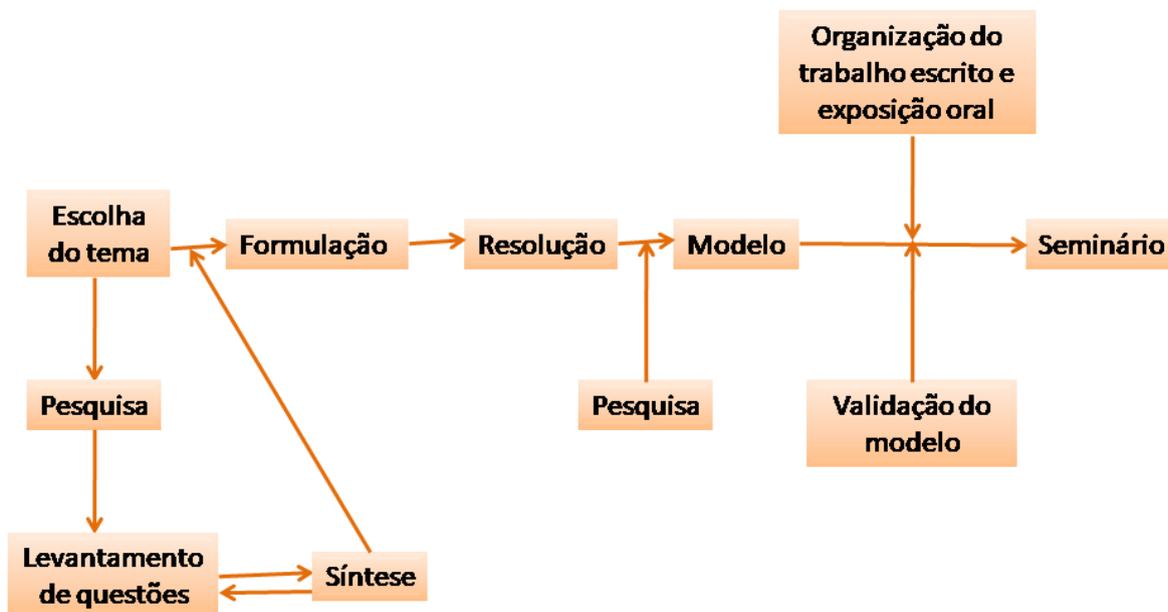
#### 2.1.2.4 Orientação de modelagem

O professor deve preparar as atividades de modelagem conforme as horas-aula disponíveis, dedicando um tempo específico para orientação e desenvolvimento dessas atividades junto ao currículo da série, permitindo ao estudante adquirir conhecimento matemático e habilidade para criar modelos a partir do conteúdo desenvolvido em sala (Biembengut; Hein, 2021, p. 23).

Sugere-se que os estudantes se organizem em grupos de três a cinco para que o professor possa orientar na escolha e delimitação do tema, interação com o tema, planejamento do trabalho, desenvolvimento do conteúdo matemático, validação e extensão dos trabalhos. Na escolha do tema, o professor pode propor que os estudantes pesquisem algo de interesse, realizando leituras e refletindo sobre a obtenção de dados. Durante a interação, os estudantes podem realizar pesquisas, levantar questões, elaborar sínteses escritas e entrevistar especialistas.

O professor orienta cada grupo na resolução das questões levantadas e na elaboração do modelo, assegurando que os modelos utilizem pelo menos uma parte do currículo programático. Se o conteúdo necessário não estiver no currículo, o professor pode auxiliar os estudantes diretamente ou orientá-los na pesquisa. Ao final, o professor ajuda os grupos a avaliar as soluções encontradas, podendo submeter os resultados à experimentação controlada para verificar a eficácia do modelo. Também planeja momentos para divulgar os trabalhos aos colegas ou à comunidade escolar por meio de seminários e orienta na elaboração de relatórios para registrar o processo ( Biembengut; Hein, 2021).

**Figura 3 - Dinâmica da modelagem matemática no ensino**



Fonte: Adaptado de Biembengut e Hein (2021, p. 26).

Além disso, os autores destacam a importância do professor conduzir os estudantes para resolver questões cujo conteúdo matemático eles desconhecem, visando aprofundar e melhorar o conhecimento.

#### 2.1.2.5 Avaliação do processo

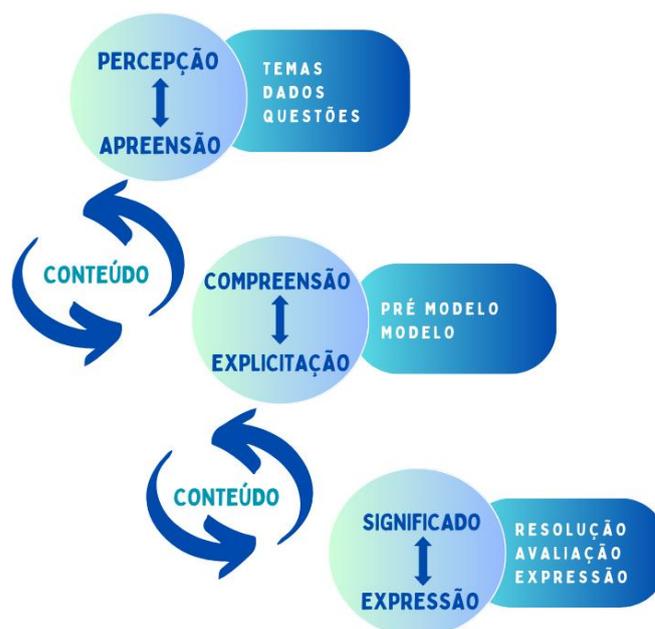
Biembengut e Hein (2021) orientam que a avaliação do aprendizado dos estudantes pode ser realizada de forma subjetiva, através das observações do professor sobre participação, assiduidade, cumprimento de tarefas e espírito comunitário, e de forma objetiva, por meio de provas, exercícios e trabalhos realizados. Além disso, a avaliação pode ser utilizada para avaliar e redirecionar o trabalho do professor.

Em seu livro "Modelagem na Educação Matemática e na Ciência", Biembengut amplia e refina sua metodologia de modelagem com base em estudos aprofundados em Antropologia, Filosofia, História das Ciências e Teorias Cognitivas. A obra oferece uma visão detalhada das etapas utilizadas na educação matemática e ciência, reestruturando-as para adequá-las aos processos cognitivos. A partir das denominações de Immanuel Kant e Frank George, Biembengut renomeia e ajusta os

procedimentos da modelagem em três etapas: (1) percepção e apreensão, (2) compreensão e explicitação, e (3) significação e expressão (Biembengut, 2016).

As etapas descritas por Biembengut - percepção e apreensão, compreensão e explicitação, e significação e expressão - correspondem respectivamente às etapas de interação, matematização e modelo matemático. Na etapa de percepção e apreensão, os estudantes interagem com o tema, levantando questões e coletando dados, caracterizando a fase de interação. A etapa de compreensão e explicitação envolve a transformação dos dados em diferentes linguagens matemáticas e a formulação de hipóteses, correspondendo à etapa de matematização. Finalmente, a etapa de significação e expressão, onde os estudantes aplicam conceitos, verificam a validade dos modelos e discutem os resultados, equivale à construção e validação do modelo matemático.

**Figura 4 - Etapas da Modelação propostas por Biembengut segundo os Processos Cognitivos**



Fonte: Adaptado de Biembengut (2016, p. 208).

### 2.1.3 Concepção de Modelagem segundo Burak

Dionísio Burak (1992, p. 62), em sua tese, define a modelagem matemática como um “conjunto de procedimentos cujo objetivo é construir um paralelo para tentar explicar, matematicamente, os fenômenos presentes no cotidiano do ser humano,

ajudando-o a fazer predições e a tomar decisões”. Sua concepção de modelagem é assumida

[...] a partir de uma compreensão da natureza da Educação Matemática que contempla as Ciências Humanas, Sociais, na perspectiva de Higginson (1980) e Santos (2006), quando manifesta que todo conhecimento científico natural é conhecimento social. Assumimos ainda a Modelagem como uma metodologia de ensino, amparados por Freudenthal, citado por Rius (1989b), quando manifesta que uma metodologia presume premissas e estas têm origem na filosofia (Burak; Aragão, 2012).

Burak (2010) explica que um modelo é uma representação em linguagem matemática, que pode assumir formas como equações, sistemas de equações, plantas baixas de casas, mapas ou tabelas. No entanto, ele ressalta que não é necessário formular um modelo matemático durante o desenvolvimento da modelagem matemática no contexto da Educação Matemática, embora essa construção possa surgir durante o trabalho.

Ele destaca dois princípios básicos em sua concepção: o interesse do grupo e a obtenção de informações e dados do ambiente onde o grupo está inserido. O interesse pode ser relacionado tanto a elementos ou fatos que trazem benefícios quanto a questões que geram inquietações e desejo de resolvê-las. Burak argumenta que esses procedimentos conferem significado e promovem a autonomia dos participantes, tornando-os agentes ativos no processo de construção do conhecimento matemático (Burak, 1992; Burak; Aragão, 2012; Klüber; Burak, 2008).

Baseado no interesse dos estudantes e nas necessidades do nível de ensino, Burak descreve a modelagem em cinco etapas: escolha do tema; pesquisa exploratória; levantamento dos problemas; resolução dos problemas e desenvolvimento do conteúdo matemático no contexto do tema; e análise crítica das soluções (Burak, 2008; Burak; Aragão, 2012; Klüber; Burak, 2008; Sousa; Lara; Ramos, 2018).

#### 2.1.3.1 Escolha do tema

Segundo Burak, nesta etapa os estudantes escolhem um tema ou o professor apresenta alguns assuntos que possam gerar interesse nos estudantes, os quais não necessitam “ter nenhuma ligação imediata com a matemática ou com conteúdo

matemáticos, e sim com o que os estudantes querem pesquisar” (Klüber; Burak, 2008, p. 21). É fundamental que o professor atue como mediador, incentivando e oferecendo condições para que os estudantes façam suas escolhas (Sousa; Lara; Ramos, 2018).

#### 2.1.3.2 Pesquisa exploratória

Definido o tema, os estudantes são orientados a buscar materiais e subsídios teóricos que fundamentam a pesquisa, seja por meio de fontes bibliográficas ou de campo. Esse processo desenvolve no estudante uma atitude investigativa e um espírito crítico. Burak (2010, p. 21) destaca que "essa etapa possibilita a formação de um estudante mais atento e mais sensível às questões do seu objeto de estudo".

#### 2.1.3.3 Levantamento do(s) problema(s)

A partir das informações e dados coletados na etapa anterior, os estudantes são incentivados a formular e propor problemas relacionados ao tema que permitam vislumbrar a chance de aprender ou aplicar conteúdos matemáticos. Burak (2010, p. 22) destaca que essa capacidade de elaborar problemas é fundamental para desenvolver nos estudantes a habilidade de traduzir e transformar situações cotidianas em questões matemáticas. Isso não só permite quantificar situações, mas também, nas ciências sociais e humanas, buscar soluções que frequentemente envolvem atitudes e comportamentos, e não apenas matemática.

#### 2.1.3.4 Resolução dos problemas e o desenvolvimento do conteúdo matemático no contexto do tema

Nesta etapa, os estudantes utilizam ferramentas matemáticas para responder aos problemas levantados na fase anterior. Burak destaca que são os problemas que determinam quais conteúdos serão estudados, invertendo o percurso usual. Em vez de ensinar conteúdos de forma pré-determinada, ensina-se o conteúdo necessário para responder às necessidades surgidas na pesquisa e no levantamento dos problemas. Cabe ao professor mediar a construção desse conhecimento (Klüber; Burak, 2008).

### 2.1.3.5 Análise crítica das soluções

A análise crítica das soluções é uma etapa fundamental no processo de modelagem proposto por Burak. Neste momento, os estudantes fazem considerações e analisam as hipóteses levantadas na terceira etapa, refletindo sobre os resultados alcançados e como esses resultados podem melhorar a tomada de decisões. Segundo Burak, esta etapa é:

[...] marcada pela criticidade, não apenas em relação à matemática, mas também a outros aspectos, como viabilidade e a adequabilidade das soluções apresentadas, que muitas vezes, são lógica e matematicamente coerentes, porém inviáveis para a situação em estudo (Klüber; Burak, 2008, p. 21)

Nas etapas acima descritas, as atividades se desenvolvem em “plena interação entre professor - estudante - ambiente, [...] porque o estudante deve buscar, o professor deve mediar e o ambiente é a fonte de toda pesquisa” (Klüber; Burak, 2008, p. 22).

### 2.1.4 Concepção de Modelagem segundo Barbosa

Barbosa (2004), em uma perspectiva sócio-crítica e considerando as especificidades da Educação Matemática, define a modelagem como “um ambiente de aprendizagem no qual os estudantes são convidados a problematizar e investigar, por meio da matemática, situações com referência na realidade” (2004, p. 3) sem a fixação prévia de procedimentos e com liberdade de encaminhamentos. Dessa forma, o autor acredita que a abordagem sócio-crítica da Modelagem deve “potencializar a reflexão sobre a matemática, a própria Modelagem e seu significado social” (Barbosa, 2001, p. 5).

Nesta proposta, os conteúdos matemáticos são desenvolvidos conforme o progresso das atividades de modelagem, proporcionando uma característica aberta a essa prática e não exigindo a criação de um modelo matemático específico, especialmente para estudantes da educação básica.

Inspirado pelas ideias de Galbraith (1995 *apud* Barbosa, 2004) sobre níveis de Modelagem, Barbosa apresenta três possibilidades de experiências em modelagem,

que variam quanto à extensão e às tarefas atribuídas a professores e estudantes, denominadas simplesmente como casos 1, 2 e 3 (Barbosa, 2001, 2004). São elas:

#### 2.1.4.1 Caso 1

O professor apresenta um problema devidamente formulado, fornece dados qualitativos e quantitativos, e os estudantes são incentivados a investigar e propor soluções. Nesta abordagem, os estudantes não precisam deixar a sala de aula para coletar dados, pois estes já foram fornecidos pelo professor (Barbosa, 2001, 2004).

#### 2.1.4.2 Caso 2

O professor apresenta apenas um problema formulado, relacionado a outra área da realidade, e os estudantes devem buscar, fora da sala de aula, os dados e informações necessários para a sua resolução (Barbosa, 2001, 2004).

#### 2.1.4.3 Caso 3

Este caso envolve “projetos desenvolvidos a partir de temas ‘não-matemáticos’, que podem ser escolhidos pelo professor ou pelos estudantes” (Barbosa, 2004, p. 5). Aqui, os estudantes devem formular o problema, coletar dados, simplificar o problema e propor soluções.

Em todos os casos, Barbosa (2001, 2004) considera o professor como co-participante na investigação dos estudantes, sempre buscando uma relação dialógica sobre seus processos, embora em alguns casos o professor tenha uma participação mais ativa na organização das atividades. A Figura 5 ilustra a participação do professor e dos estudantes em cada caso.

**Figura 5 - O professor e o estudante nos casos de modelagem**

TAREFAS REALIZADAS	1º CASO	2º CASO	3º CASO
Elaboração da situação-problema	Professor	professor	Professor/estudante
Simplificação	Professor	Professor/estudante	Professor/estudante
Dados qualitativos e quantitativos	Professor	Professor/estudante	Professor/estudante
Resolução	Professor/estudante	Professor/estudante	Professor/estudante

**Fonte:** Elaborado pela Autora de acordo com (Barbosa, 2001, p. 9).

No entanto, Barbosa (2004, p. 5) esclarece que os casos não são rígidos, representando regiões de possibilidades, sendo a “idealização de um conjunto de práticas correntes na comunidade”.

## 2.2 A CONCEPÇÃO DE MODELAGEM MATEMÁTICA ADOTADA NA PRESENTE PESQUISA

Embora existam diferentes concepções, os autores destacam a convergência entre elas ao reconhecerem as contribuições da Modelagem Matemática para o aprimoramento do ensino e aprendizagem, promovendo a troca de experiências e uma maior interação entre professores e estudantes. Assim, este trabalho aborda a Modelagem Matemática não como uma única abordagem ou com uma definição estritamente correta ou incorreta, mas sim alinhada à perspectiva de Meyer, Caldeira e Malheiros (2021, p. 40), que afirmam que isso depende do contexto de cada situação. Dessa forma, a Modelagem Matemática é vista como um meio para 'educar matematicamente', servindo à aprendizagem da Matemática.

No contexto da educação pública em Goiás, os educadores enfrentam exigências para cumprir o currículo mínimo proposto pelas Diretrizes Curriculares para Goiás (DC-GO) (Goiás, 2018). Nesse sentido, as propostas de Biembengut se mostraram mais adequadas para a implementação do projeto de modelagem matemática na captação da água da chuva, pois permitem conduzir atividades de modelagem de acordo com os conteúdos propostos para as séries. Diferentemente dos demais autores (Bassanezi, 2002; 2015; Klüber; Burak, 2008; Meyer; Caldeira;

Malheiros, 2021), que sugerem que as atividades de modelagem determinem os conteúdos a serem estudados, algo difícil de realizar na organização de ensino atual.

Biembengut também sugere que a escolha do tema seja feita pelo professor ou pelo estudante e que o tema seja único, para facilitar o gerenciamento das atividades. Isso se adequa à realidade do professor, que lida com muitas demandas, tornando as atividades de modelagem mais produtivas. Em nossa pesquisa, propusemos o tema único "Uso da Água na Escola", mas oferecemos liberdade aos estudantes na condução das atividades, no levantamento das hipóteses e dos problemas, seguindo os pressupostos de Burak, que valoriza o interesse do grupo e a obtenção de informações do ambiente relacionado ao tema.

Além disso, a visão de Burak de levar em conta os sujeitos, o ambiente social, cultural e outras variáveis, se adequando à nossa necessidade de “dar significado, bem como desenvolver a autonomia dos participantes, de forma a torná-los agentes do processo de construção do conhecimento matemático” (Klüber; Burak, 2008, p. 20).

Utilizamos as etapas propostas por Biembengut para a elaboração das atividades de modelagem matemática, pois a autora concebe o desenvolvimento das atividades fundamentado na necessidade de cumprir um currículo, dando maior segurança ao professor. Embora Biembengut e Bassanezi orientem que as atividades de modelagem devem conceber um modelo, alinhamos nossa visão com Burak e Barbosa, que defendem que nem sempre é necessário construir um modelo matemático. Muitas vezes, os problemas escolares requerem interpretações mais simples, mas igualmente significativas.

Os problemas que surgem na escola nem sempre ensinam problemas que podem ser modelados com a mesma intensidade das ciências naturais ou modelados matematicamente no sentido literal, muitas vezes, os primeiros problemas requerem interpretações bem mais simples, contudo, não menos significativas (Klüber; Burak, 2008, p. 25).

Não descartamos a possibilidade de construção de modelos matemáticos, mas não o colocamos como objetivo principal. Como sugere Bassanezi, a validação do modelo não é o mais importante; estamos mais preocupados com o processo, a análise crítica e a criticidade em relação a aspectos matemáticos, ambientais, sociais, culturais e antropológicos, além da viabilidade e adequabilidade.

Adotamos também a concepção de Barbosa, que convida os estudantes a problematizar e investigar, por meio da matemática, situações reais, respeitando suas possibilidades cognitivas, biológicas, culturais e sociais. Nada foi imposto; apenas convidamos e estimulamos os estudantes durante o processo de modelagem, alinhando-se com a visão de Barbosa e Burak. Em momentos oportunos, utilizamos casos propostos por Barbosa, trazendo problemas da realidade e dados para os estudantes resolverem.

Assim, organizamos as atividades segundo as etapas de Biembengut, mas as adaptamos para atender às nossas necessidades e à realidade em sala de aula, com base nas sugestões de Burak, Barbosa e Bassanezi.

### 2.3 MODELAGEM MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

As experiências cotidianas frequentemente resultam de situações e fenômenos ambientais, o que evidencia a importância de integrar a Educação Matemática às questões ambientais. No contexto brasileiro, que nos últimos anos tem enfrentado eventos climáticos extremos, como crises hídricas, enchentes e secas, a associação da Modelagem Matemática com a Educação Ambiental torna-se ainda mais relevante. Essa integração oferece uma oportunidade única para o ensino e aprendizagem de Matemática, permitindo que os estudantes compreendam, analisem e busquem soluções para desafios complexos relacionados ao meio ambiente e à sustentabilidade.

Segundo Meyer, Caldeira e Malheiros (2021), "a Educação Ambiental se inicia com o reconhecimento de que o cotidiano e as relações com o meio estão sempre presentes na sala de aula e na escola" (2021, p. 89), pois tanto professores quanto estudantes trazem suas experiências diárias, problemas, conhecimentos e medos para o ambiente de aprendizado.

Skovsmose (2001) identificou três aspectos fundamentais na Educação Matemática, dentre os quais destaca-se o conceito de "conteúdo crítico". Este conceito refere-se à avaliação que fazemos dos resultados das operações matemáticas aplicadas a fenômenos ambientais, incluindo a sua importância e as suas consequências (*apud* Meyer, Caldeira, Malheiros, 2021, p. 90).

Como dito anteriormente, como educadores, estamos cientes de que os estudantes trazem para a escola e para a sala de aula toda a sua bagagem de vida,

sua cultura, sua história. E é fato que os estudantes sabem quais os principais problemas ambientais de suas comunidades, os problemas relacionados à qualidade de vida em seu bairro, cidade ou região. Embora alguns estudantes possam duvidar da importância de seus conhecimentos e/ou dificuldades para o aprendizado da Matemática, geralmente eles “sabem que sabem” (*Ibid.*, p. 90).

Meyer, Caldeira e Malheiros (2021) afirmam que

Reconhecer a Educação Ambiental em um ambiente de Educação Matemática é, então, aceitar que sentimento e consciência étnicos são parte fundamental da aprendizagem de conceitos matemáticos, abstratos ou práticos, teóricos ou concretos, úteis de imediato ou em longo prazo. São, portanto, parte fundamental a ser considerada em seu ensino. O outro lado da mesma moeda consiste em reconhecer que a Educação Ambiental não aceita ser só de Matemática, Biologia, História ou Estudos Sociais: por excelência, é alheia às divisões que temos feito de disciplinas, matérias, anos (sobre tal fato, D'Ambrosio certa vez mencionou a "antidisciplinaridade", algo que descreve bem o contexto em que ocorre a Educação Ambiental) (Meyer, Caldeira; Malheiros, 2021, p. 91).

Logo, a Educação Ambiental desempenha papel fundamental ao integrar-se à Modelagem Matemática e ao Ensino Exploratório, conscientizando os estudantes sobre a importância da água e do uso sustentável dos recursos hídricos, além de promover a reflexão sobre a crise hídrica no Brasil e no mundo. Segundo Meyer, Caldeira e Malheiros,

[...] incluir os fenômenos de qualidade de vida em atividades que levam à aprendizagem matemática, os sentidos, a memória, as concepções, os saberes de estudantes e suas comunidades são fundamentais, e as tensões geradas por anseios e angústias não apenas aumentam o interesse e a motivação do grupo aprendiz (incluindo, além dos estudantes, o professor de Matemática, os de outras disciplinas, diretor, secretário, funcionários), como também a consciência da relevância de se usar os saberes para a melhoria da vida - e da urgência em fazê-lo agora. [...] trabalhar com Educação Matemática e Ambiental confere à aprendizagem e ao ensino a urgência do dia de hoje, de educação para o presente (Meyer; Caldeira; Malheiros, 2021, p. 95).

Assim, a Modelagem Matemática, associada à Educação Ambiental, permite que os estudantes desenvolvam conhecimentos matemáticos enquanto desenvolvem uma consciência ambiental, tornando-se agentes ativos na busca por soluções para os desafios relacionados à água.

### 3 ENSINO EXPLORATÓRIO

A renovação curricular, impulsionada pelas propostas da BNCC e das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN's), especialmente no âmbito do Novo Ensino Médio, tem levado muitos professores a buscar a integração de objetivos de aprendizagem mais exigentes em sua prática pedagógica. Esses objetivos são muitas vezes orientados por uma abordagem exploratória ou investigativa, na qual os estudantes são desafiados a realizar tarefas cognitivamente exigentes, bem como a comunicar, refletir e colaborar (Chapman; Heater, 2010 *apud* Oliveira; Menezes; Canavarro, 2013).

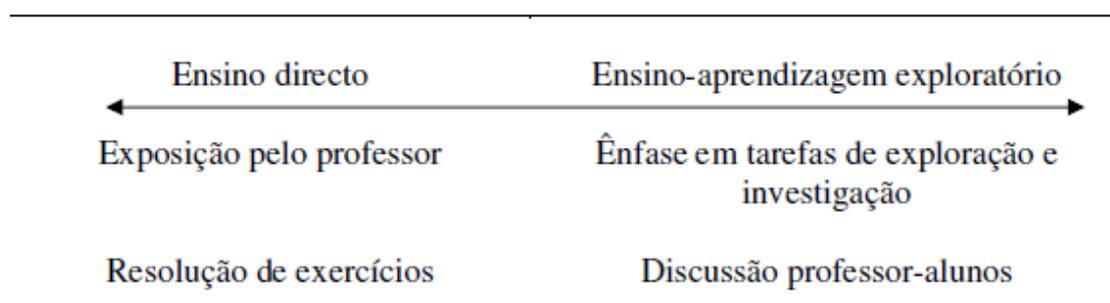
No contexto do ensino de Matemática, uma variedade de abordagens pedagógicas tem sido proposta com o propósito de promover uma aprendizagem mais significativa e participativa. Entre essas abordagens, destaca-se o Ensino Exploratório, que se distingue pela sua ênfase na investigação, na descoberta e na construção ativa do conhecimento pelos estudantes.

Assim como a Modelagem Matemática na Educação - a modelação -, o Ensino Exploratório emerge como uma alternativa à abordagem de "Ensino Direto" na disciplina de Matemática, colocando em destaque a investigação, a descoberta e a construção ativa do conhecimento pelos estudantes. Por meio de discussões matemáticas produtivas, busca-se o desenvolvimento de competências e habilidades na área de Matemática.

Segundo Ponte (2005), ao planejar uma aula - ou realizar a planificação da unidade didática -, o professor vai além da simples seleção de tarefas instigantes e da gestão do tempo para resolvê-las. Ele pressupõe a definição de uma estratégia de ensino, que o autor distingue em duas abordagens básicas: o "ensino direto" e o "ensino-aprendizagem exploratório". No ensino direto, o professor é o detentor do conhecimento, buscando expor a matéria de forma clara, organizada e atrativa, utilizando exemplos e resolução de listas de exercícios para elucidar dúvidas e fixar o conteúdo. Nessa abordagem de ensino, o foco recai sobre o professor, incumbido de 'transmitir' o conhecimento, enquanto a principal tarefa dos estudantes é "prestar atenção ao que o professor diz e eventualmente responder às suas questões" (Ponte, 2005, p. 13). Nesse contexto, para o estudante, "aprender é 'saber como se fazem' todos os tipos de exercícios suscetíveis de saírem em testes ou exames" (Ponte, 2005, p. 13, grifo do autor). Por outro lado, o ensino-aprendizagem exploratório, ou simplesmente ensino exploratório, caracteriza-se pelo fato de que o professor não

busca "explicar tudo", deixando boa parte do trabalho de descoberta e construção do conhecimento para os estudantes. Nessa abordagem, há uma maior valorização dos momentos de reflexão e discussão em sala, baseados na resolução da tarefa realizada pelos estudantes, sendo estes considerados momentos propícios para a sistematização de conceitos, formalização e estabelecimento de conexões matemáticas.

**Figura 6 - Diversas estratégias de ensino, de acordo com o papel do professor e dos estudantes e a ênfase da tarefa**



**Fonte:** Ponte (2005, p. 11-34).

“A aprendizagem decorre assim, sobretudo, não de ouvir directamente o professor ou de fazer esta ou aquela actividade prática, mas sim da reflexão realizada pelo estudante a propósito da actividade que realizou” (Ponte, 2005, p. 15 grifo do autor). Oliveira, Menezes e Canavarro (2013) reafirmam que a aprendizagem dos estudantes decorre do trabalho com actividades matemáticas ricas e de poderem partilhar com os colegas e professor as suas ideias.

Dentro desse contexto, nota-se que o ensino exploratório na Matemática está alinhado com as diretrizes educacionais atuais, como a BNCC e as DCNs, que enfatizam o desenvolvimento de habilidades como a resolução de problemas, o raciocínio matemático e a comunicação. Segundo Brasil (2017, p. 529), o Ensino Médio deve ampliar o letramento matemático dos estudantes iniciado no Ensino Fundamental destacando que

[...] os estudantes devem desenvolver habilidades relativas aos processos de investigação, de construção de modelos e de resolução de problemas. Para tanto, eles devem mobilizar seu modo próprio de raciocinar, representar, comunicar, argumentar e, com base em discussões e validações conjuntas, aprender conceitos e desenvolver representações e procedimentos cada vez mais sofisticados (Brasil, 2017, 529).

Estas diretrizes oferecem um contexto abrangente e evidenciam a importância do ensino exploratório no atual panorama educacional.

Ao longo deste capítulo, exploraremos o conceito e a aplicação do Ensino Exploratório no contexto das aulas de Matemática, além de seus princípios e estratégias, examinando como podem ser aplicados de forma eficaz para promover o desenvolvimento do pensamento crítico, da autonomia e da compreensão conceitual dos estudantes em contextos matemáticos. A partir das reflexões e contribuições de autores como Stein, Canavarro e Ponte, buscaremos compreender como essa abordagem pedagógica pode enriquecer a experiência de aprendizagem dos estudantes, especialmente quando integrada às atividades de modelagem matemática.

### 3.1 O SIGNIFICADO DE ENSINO EXPLORATÓRIO NO ENSINO DA MATEMÁTICA

Em uma abordagem voltada para a exploração e investigação no ensino de Matemática, os estudantes desempenham um papel ativo ao interpretar os problemas apresentados e ao desenvolver suas próprias estratégias para resolvê-los, utilizando uma variedade de representações matemáticas de maneira flexível. Diante da ausência de soluções imediatas para os problemas propostos, os estudantes são desafiados a mobilizar seu conhecimento, construindo e aprofundando sua compreensão de conceitos, representações, procedimentos e outras ideias matemáticas. Além disso, são incentivados a compartilhar e justificar suas ideias com os colegas, o que contribui para o desenvolvimento de suas habilidades de comunicação e argumentação (Ponte; Quaresma, 2015, p. 132).

Entretanto, segundo Canavarro (2011),

O ensino exploratório da Matemática não advoga que os estudantes descubram sozinhos as ideias matemáticas que devem aprender, nem tão pouco que inventam conceitos e procedimentos ou lhes adivinhem os nomes. Muito menos advoga que isso acontece enquanto o professor espera tranquilamente sentado pelos rasgos iluminados e criativos dos seus estudantes. [...] O ensino exploratório da matemática defende que os estudantes aprendem a partir do trabalho sério que realizam com tarefas valiosas que fazem emergir a necessidade ou vantagem das ideias matemáticas que são sistematizadas em discussão coletiva (Canavarro, 2011, p. 11).

Todavia, não devemos incorrer no erro de supor que a proposta em sala de uma ou outra tarefa mais exigente cognitivamente possa definir a abordagem de ensino, mas sim todo o trabalho desenvolvido na sala de aula. Até porque, no processo de ensino - aprendizagem exploratório também devem haver momentos de exposição pelo professor e de sistematização das aprendizagens por ele conduzidos (Ponte, 2005, p. 14). Ponte e Quaresma (2015) afirmam ainda que além da natureza das tarefas propostas e do papel desempenhado pelo professor e pelos estudantes, a abordagem exploratória é marcada também pelas formas de organização dos trabalhos dos estudantes e pelo tipo de comunicação que tem lugar na sala de aula.

Em primeiro lugar, destaca-se a importância central das tarefas na atividade dos estudantes durante a aula de Matemática, visto que o aprendizado dos estudantes nesse contexto é predominantemente moldado pela atividade que realizam durante as aulas e pela subsequente reflexão sobre essa atividade (Christiansen;

Walther, 1986 *apud* Ponte; Quaresma, 2015). Portanto, a seleção criteriosa de tarefas é fundamental, pois elas devem fornecer uma base sólida para uma ampla e diversificada atividade matemática por parte dos estudantes. Além disso, a variedade de naturezas das tarefas também é muito importante, abrangendo desde exercícios para consolidação de conhecimentos até problemas para a aplicação criativa desses conhecimentos. Além disso, as investigações, que são tarefas abertas de desafio elevado, visam tanto o desenvolvimento de novos conceitos quanto a aplicação criativa de conceitos existentes, enquanto as explorações, tarefas abertas de desafio reduzido, estão focadas principalmente na construção de novos conceitos. Cabe ao professor a responsabilidade de selecionar as tarefas de acordo com os objetivos específicos de cada aula, levando em consideração a adequação ao nível de habilidade e compreensão dos estudantes (Ponte; Quaresma, 2015, p. 133-134).

Corroborando esse pensamento, Stein e Smith enfatizam que

Tarefas que pedem aos estudantes a execução de um procedimento memorizado, de maneira rotineira, representam um certo tipo de oportunidade para os estudantes pensarem; tarefas que exigem que os estudantes pensem conceptualmente e que os estimulem a fazer conexões representam um tipo diferente de oportunidade para os estudantes pensarem. O efeito cumulativo, dia após dia, de exploração, na sala de aula, de diferentes tipos de tarefas conduz ao desenvolvimento de ideias implícitas nos estudantes sobre a natureza da Matemática sobre se a Matemática é algo de que eles podem pessoalmente compreender o sentido e quão longa e arduamente devem trabalhar para o conseguir (Stein; Smith, 1998, p. 2).

Durante a execução das atividades em sala de aula, podem ser adotadas diversas organizações de trabalho. Isso inclui o método coletivo, no qual o professor interage com todos os estudantes e estes colaboram entre si, assim como o trabalho em grupo ou duplas, estimulando a troca de ideias e a cooperação, além do trabalho individual, promovendo a concentração e reflexão do estudante. Essas formas de organização permitem que os estudantes participem em dois níveis de comunicação - o coletivo, com toda a turma, e o privado, com os colegas (Ponte; Quaresma, 2015, p. 134).

Nesse panorama, destaca-se em terceiro lugar a comunicação em sala de aula, que é fundamental para a criação das oportunidades de aprendizagem dos estudantes. Essa comunicação pode ser unívoca, liderada pelo professor, ou dialógica, valorizando a contribuição dos estudantes (Ponte, 2005; Ponte; Quaresma, 2015).

Entretanto, como podemos efetivamente implementar uma aula de ensino exploratório de Matemática? Esta questão se torna fundamental para traduzir os princípios teóricos em práticas pedagógicas eficazes. A seguir explicaremos quais as fases usualmente utilizadas no ensino exploratório.

### 3.2 FASES DE UMA AULA EXPLORATÓRIA

Uma aula exploratória é geralmente estruturada em três ou quatro fases. Segundo Stein *et al.* (2008), podemos estruturá-la em: fase de “lançamento da tarefa”, quando a tarefa é apresentada aos estudantes pelo professor, que estabelece ações para que os estudantes entendam e se engajem na sua realização; fase de “exploração” pelos estudantes, momento em que os estudantes realizam efetivamente a tarefa, seja em grupos ou individualmente, e fase de “discussão e sintetização”, que constitui-se na fase conclusiva da lição, onde se dá uma discussão com toda a classe e se resumem as várias abordagens propostas pelos estudantes para realização da tarefa.

Apesar da similaridade entre as fases, Canavarro, Oliveira e Menezes (2014), abrangem um pouco mais essas etapas dividindo-as em quatro fases que podem ser utilizadas pelo professor para o desenvolvimento de uma aula na perspectiva do ensino exploratório. Para as autoras, as três primeiras fases do desenvolvimento da aula de cunho exploratório seguem as orientações já definidas por Stein *et al.* (2008), entretanto a última fase, discussão e sintetização é reestruturada pelas autoras em duas novas fases: a fase de discussão da tarefa e a fase de sistematização das atividades matemáticas. As autoras consideraram importante destacar essa fase da discussão e adotar a terminologia “sistematização” ao invés de “sintetização”. A seguir, apresentamos algumas considerações a respeito de cada fase, conforme a compreensão dessas autoras e que buscou-se desenvolver nesta dissertação.

#### 3.2.1 Introdução da tarefa

Na fase de introdução da tarefa, o professor apresenta à turma uma atividade matemática, geralmente um problema ou investigação, de maneira clara e envolvente. É fundamental que os estudantes compreendam claramente o objetivo da proposta apresentada, sintam-se motivados para o trabalho e tenham acesso a um ambiente e

recursos materiais adequados para o seu desenvolvimento. Além disso, o professor deve estabelecer o tempo necessário para dedicar às diferentes etapas do processo, garantindo assim uma abordagem equilibrada e eficaz (Anghileri, 2006 *apud* Canavarro; Oliveira; Menezes, 2014).

### **3.2.2 Desenvolvimento da tarefa**

Essa fase é o momento em que os estudantes, individualmente ou em grupos, irão efetivamente realizar a tarefa. Nesse momento são acompanhados e apoiados pelo professor, que busca a participação ativa dos estudantes. Nesta fase da aula, os comentários e as respostas do professor aos questionamentos dos estudantes não devem ser um gatilho para a redução do nível de exigência cognitiva da tarefa (Stein; Smith, 1998) e “não devem uniformizar as estratégias de resolução dos diversos grupos, a fim de não prejudicar ou mesmo inviabilizar a discussão matemática que se seguirá.

### **3.2.3 Discussão da tarefa**

A fase de discussão ocorre logo após o trabalho autônomo dos grupos, quando a turma volta a trabalhar em plenário para compartilharem suas estratégias e soluções em discussões orquestradas pelo professor. O professor nessa etapa deve gerir as discussões de forma a promover a qualidade matemática das explicações e argumentações apresentadas, garantindo a comparação de distintas resoluções e a discussão da respectiva diferença e eficácia matemática (Oliveira; Menezes; Canavarro, 2013). Entretanto,

É importante que a discussão tenha como objetivo mais do que a comparação e o confronto das resoluções dos estudantes, e contribua para que estes realizem novas aprendizagens relevantes, não só sobre conceitos, procedimentos ou processos em presença, mas também sobre os modelos legítimos de produção do conhecimento matemático (Boavida, 2005 *apud* Canavarro; Oliveira; Menezes, 2014, p. 220).

### **3.2.4 Sistematização das atividades matemáticas**

Conforme Oliveira, Menezes e Canavarro (2013),

Nesta fase, com a ajuda do professor, a turma deve reconhecer os conceitos e procedimentos matemáticos envolvidos, estabelecer conexões com aprendizagens anteriores, e/ou reforçar os aspectos fundamentais dos processos matemáticos transversais como a representação, a resolução de problemas e o raciocínio matemático. Por isso, esta fase tem uma natureza diferente da anterior, indo além da sintetização de ideias, assumindo-se como o momento privilegiado em que a comunidade sistematiza e institucionaliza as aprendizagens matemáticas (Oliveira; Menezes; Canavarro, 2013, p. 6).

Em resumo, tanto Stein *et al.* (2008) quanto Canavarro, Oliveira e Menezes (2014) destacam que o planejamento e a condução de uma aula na abordagem exploratória representam desafios significativos para os professores. Nesse contexto, os estudantes se deparam com uma diversidade de caminhos de solução, o que gera múltiplas interpretações e estratégias. Essa complexidade coloca o professor fora de sua zona de conforto, muitas vezes se sentindo despreparado e sem controle da aula, exigindo dele um esforço adicional para compreender as produções realizadas em sala de aula. Além disso, há o desafio de alinhar o desenvolvimento das ideias e métodos dos estudantes com os princípios disciplinares que eles devem, em última instância, dominar (Stein *et al.*, 2008).

Para auxiliar os professores nesse processo, Stein *et al.* (2008) propõem um modelo de cinco práticas a considerar na preparação da aula - antecipar e monitorar - e na condução da discussão - selecionar, sequenciar e estabelecer conexões entre as respostas dos estudantes - que visa prepará-los para facilitar discussões matemáticas. Segundo as autoras, o objetivo é tornar a discussão mais gerenciável para os novatos na prática, ajudando-os a aprender a orquestrar discussões que construam sobre o pensamento dos estudantes e avancem em ideias matemáticas importantes. A seguir, apresentamos algumas considerações sobre essas cinco práticas.

### 3.3 AS CINCO PRÁTICAS PARA ORQUESTRAÇÃO DE DISCUSSÕES MATEMÁTICAS PRODUTIVAS

#### 3.3.1 Antecipar as respostas matemáticas dos estudantes

A prática de antecipação ocorre antes da aula, durante o planejamento realizado pelo professor. Segundo Stein *et al.*

Antecipar as respostas dos estudantes envolve desenvolver expectativas consideradas sobre como os estudantes podem interpretar matematicamente um problema, a gama de estratégias - tanto corretas quanto incorretas - que podem usar para abordá-lo, e como essas estratégias e interpretações podem se relacionar com os conceitos matemáticos, representações, procedimentos e práticas que o professor gostaria que seus estudantes aprendessem (Stein *et al.*, 2008, p. 13).

Canavarro (2011) destaca a importância de experimentar a matemática subjacente a uma tarefa para compreender as dificuldades que ela pode apresentar para os outros. Além disso, ela enfatiza que ao realizar um trabalho pessoal de exploração matemática da tarefa, o professor desenvolve a confiança necessária para explorá-la eficazmente com os estudantes e estar preparado para lidar com possíveis questionamentos. Isso o capacita a aproveitar todo o potencial da tarefa para promover a aprendizagem matemática dos estudantes e tomar decisões sobre como estruturar apresentações e conduzir discussões com base em critérios relacionados ao aprendizado matemático.

### **3.3.2 Monitorar o trabalho dos estudantes**

De acordo com Canavarro (2011) e Stein *et al.* (2008), durante a fase de desenvolvimento da tarefa, é fundamental que os professores observem como os estudantes abordam o problema. O foco deve ir além das respostas corretas ou incorretas, abrangendo as ideias matemáticas, processos de pensamento e estratégias de resolução, especialmente os conceitos mobilizados e as representações utilizadas. Isso implica circular pela sala, ouvir as conversas e fazer perguntas que avaliem a compreensão dos estudantes sobre conceitos-chave.

Antecipar possíveis respostas durante o planejamento inicial pode tornar o monitoramento mais eficiente. No entanto, essa tarefa pode ser desafiadora quando as estratégias dos estudantes são desconhecidas para o professor. Para enfrentar esse desafio, é útil fazer anotações sobre as abordagens dos estudantes e utilizar materiais manipulativos que revelem suas estratégias. Além disso, ouvir as discussões e fazer perguntas que avaliem o entendimento matemático dos estudantes são práticas essenciais.

### **3.3.3 Selecionar as respostas dos estudantes**

Antes de finalizar a fase de desenvolvimento da tarefa, aproveitando o trabalho realizado durante a monitoria, o professor escolhe cuidadosamente as respostas dos estudantes para compartilhar com a classe, com o objetivo de destacar estratégias importantes, destacar conexões matemáticas e promover discussões produtivas. Selecionar respostas para compartilhar na fase de discussão da aula é essencial para promover uma diversidade de ideias matemáticas. O professor deve escolher criteriosamente as resoluções que contribuem para os objetivos matemáticos da aula, e não apenas as dos estudantes que se voluntariam (Canavarro, 2011; Stein *et al.*, 2008).

De acordo com essas autoras, os critérios de seleção podem incluir:

- Resoluções que contêm erros comuns, úteis para esclarecimento.
- Soluções distintas que agregam compreensão ou ajudam a alcançar os objetivos da aula.
- Resoluções com diferentes estratégias matemáticas, especialmente as mais produtivas.
- Representações matemáticas variadas, destacando as mais eficazes.

Essa seleção cuidadosa garante que as discussões sejam centradas em ideias matemáticas relevantes, evitando que a dinâmica da aula dependa apenas das estratégias apresentadas pelos voluntários.

### **3.3.4 Sequenciar as respostas dos estudantes**

A *sequência* de apresentação das resoluções, prática que ocorre quase simultaneamente à de *selecionar* as respostas dos estudantes, é essencial para o sucesso da discussão matemática na aula. O professor deve tomar decisões ponderadas sobre a ordem em que as respostas dos estudantes serão apresentadas à classe, visando maximizar a compreensão matemática, facilitar comparações entre diferentes abordagens e atingir os objetivos matemáticos da lição. Por exemplo, se o objetivo é introduzir um novo conceito matemático, é vantajoso começar com resoluções que ilustrem o conceito de forma informal antes de abordar generalizações ou formalizações (Canavarro, 2011; Stein *et al.*, 2008).

Ao determinar a sequência das apresentações, o professor pode adotar diversos critérios. Começar com uma resolução que esclareça conceitos fundamentais pode facilitar a compreensão geral, independentemente da correção da resposta, e

explorar erros pode ser instrutivo para todos os estudantes. Além disso, o professor pode optar por avançar de representações matemáticas informais para as mais formais, gradualmente introduzindo resoluções que permitam generalizações ou sistematizações. Essas escolhas têm o propósito de enriquecer a discussão em sala de aula, tornando-a mais significativa e eficaz (Canavarro, 2011; Stein *et al.*, 2008).

No entanto, é evidente que, da mesma forma que com as outras três práticas, a ordem selecionada pelos educadores deve ser determinada pela compreensão que possuem de seus estudantes e pelos objetivos específicos que desejam alcançar com a aula.

### **3.3.5 Estabelecer conexão entre as respostas dos estudantes**

Esta prática se inicia após a discussão das diferentes resoluções feitas pelos estudantes ou às vezes até durante a própria discussão. Nesse momento, o professor incentiva os estudantes a analisar, comparar e contrastar as diversas resoluções, identificando suas semelhanças, diferenças e potenciais vantagens, com a expectativa de que essa análise gere insights úteis para abordar futuras tarefas.

O propósito específico da aula vai determinar o tipo de conexões que devem ser estabelecidas na fase final de sistematização. Em aulas focadas no desenvolvimento da capacidade de resolver problemas, é importante confrontar diversas estratégias de resolução, como tentativa e erro, resolução de casos mais simples, criação de esquemas, construção de tabelas ou gráficos, selecionando aquelas mais eficazes e reconhecendo em quais contextos podem ser aplicadas. Por outro lado, em aulas voltadas para o desenvolvimento do raciocínio matemático, é fundamental sintetizar o processo que envolve a formulação e análise de conjecturas, a avaliação de sua generalidade, testes, refutações ou confirmações, justificação matemática e eventual demonstração (Canavarro, 2011).

No ensino exploratório, conforme defendido por autores como Canavarro, Ponte e Stein, os estudantes têm a oportunidade não apenas de testemunhar, mas também de participar ativamente na construção de conhecimentos matemáticos significativos, ao mesmo tempo em que desenvolvem habilidades essenciais, como resolução de problemas, raciocínio matemático e comunicação. No entanto, os desafios inerentes ao gerenciamento das discussões matemáticas são destacados pelos mesmos autores. Portanto, torna-se crucial o planejamento da aula de acordo

com as práticas propostas por Stein et al., visando superar esses desafios e promover uma experiência de aprendizagem mais eficaz e enriquecedora para os estudantes.

O gráfico abaixo ilustra as fases do ensino exploratório bem como as práticas propostas por Stein et al. (2008).

**Figura 7 - Práticas para orquestrar discussões matemáticas e as fases do ensino exploratório**



Fonte: Elaborado pelos pesquisadores (2024).

## 4 PERCURSOS METODOLÓGICOS

Este capítulo descreve os percursos metodológicos da pesquisa, abordando sua caracterização, os aspectos éticos, o contexto escolar e dos participantes, além dos procedimentos de coleta de dados. Serão apresentados os instrumentos utilizados e as etapas seguidas para a análise das informações.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa é de caráter qualitativo, alinhando-se com as características destacadas por Bogdan e Biklen (1994), bem como corroboradas por Winkes (2022) e Minayo (2014). Segundo esses autores, a pesquisa qualitativa reconhece a existência de uma relação interativa entre a realidade e o indivíduo. Esse enfoque é descritivo e utiliza o método indutivo, priorizando o processo de investigação. Destaca-se pela dificuldade de ser quantificada ou analisada estatisticamente, pois aborda aspectos mais profundos e subjetivos do objeto de estudo. Considera elementos específicos de um fenômeno, como emoções, opiniões e motivações, que são difíceis de mensurar com precisão.

A escolha desse enfoque se fundamenta na necessidade de compreender profundamente as experiências e percepções dos estudantes em um contexto real e dinâmico, possibilitando uma análise rica e detalhada das interações e processos envolvidos no ensino e na aprendizagem, especialmente no desenvolvimento das atividades de modelagem matemática sob a abordagem das práticas do ensino exploratório.

Esta pesquisa é de campo, pois, após reflexão sobre o tema, concluiu-se que era necessário investigar diretamente no local de estudo, “onde os fenômenos ocorrem, sendo observados diretamente pelo pesquisador. Dessa forma, a coleta de dados ocorre na origem do fenômeno, a partir da observação direta do pesquisador, seja por estudos analíticos ou por levantamentos” (Severino, 2013). Segundo Bogdan e Biklen (1994), essa é uma das características fundamentais da abordagem qualitativa, o uso do ambiente natural como fonte direta de coleta de dados.

Os investigadores qualitativos frequentam os locais de estudo porque se preocupam com o contexto. Entendem que as ações podem ser melhor compreendidas quando são observadas no seu ambiente habitual de

ocorrência. Os locais têm de ser entendidos no contexto da história das instituições a que pertencem (Bogdan; Biklen, 1994, p. 48).

O interesse da pesquisa de campo está voltado para o estudo de indivíduos, grupos, comunidades, instituições e outros campos, visando à compreensão de vários aspectos da sociedade (Lakatos; Marconi, 2003, p. 188).

Inicialmente, a pesquisa de campo requer uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, para conhecer o estado atual do problema de pesquisa e os trabalhos já realizados a respeito (Lakatos; Marconi, 2003). Assim, foi realizado um estudo bibliográfico sobre Modelagem Matemática na Educação Matemática, processos de captação de água da chuva, projetos já realizados sobre o tema e as práticas do Ensino Exploratório, considerando os princípios e orientações presentes nas Novas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 2018b), na BNCC (Brasil, 2018a) e no Documento Curricular para Goiás, etapa do Ensino Médio (Goiás, 2018).

“A pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras” (Lakatos; Marconi, 2003, p. 183). Segundo Winqes (2022), a pesquisa bibliográfica é o ponto de partida para qualquer investigação científica, permitindo ao pesquisador levantar informações amplas, principalmente de fatos históricos ou fenômenos.

Essa abordagem buscou proporcionar uma análise abrangente do processo de implementação do projeto de Modelagem Matemática na Captação de Água da Chuva, fornecendo informações valiosas sobre a relevância pedagógica e os benefícios educacionais, ambientais e econômicos dessa abordagem no ensino e aprendizagem de Matemática fornecendo subsídios para o planejamento e desenvolvimento do projeto.

“Além disso, a pesquisa bibliográfica permitiu estabelecer um modelo teórico inicial de referência, auxiliando na [...] elaboração do plano geral da pesquisa” (Lakatos; Marconi, 2003, p. 186). Foram estabelecidos procedimentos e estratégias para aproximar o pesquisador da realidade dos sujeitos envolvidos na pesquisa. Portanto, as atividades de modelagem foram desenvolvidas com base em uma sequência didática, adaptada ao longo do processo, na qual foram definidas as etapas e questões orientadoras da investigação.

A condução de uma investigação qualitativa reflete um diálogo entre os investigadores e os sujeitos, exigindo intencionalidade e planejamento (Bogdan; Biklen, 1994). Esta pesquisa é aplicada, utilizando técnicas e instrumentos para atingir um objetivo específico: investigar o processo de ensino-aprendizagem de matemática por meio da modelagem matemática da captação de água da chuva, empregando as práticas do ensino exploratório em uma turma do Ensino Médio de uma instituição pública estadual. Essa abordagem promove a integração da matemática com a educação ambiental. Segundo Gil (2010, p. 33), pesquisas aplicadas são ‘voltadas à aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica’.

Esta pesquisa também é descritiva, visto que os dados coletados incluem “notas de campo, fotografias, documentos pessoais, [...]” (Bogdan; Biklen, 1994, p. 48), objetivando levantar as opiniões, atitudes e crenças de uma população (Gil, 2010). A coleta de dados foi minuciosa, examinando todos os aspectos, pois acreditava-se que nada é trivial e que até mesmo os mínimos detalhes podem contribuir para a compreensão do objeto de estudo.

Portanto, é fundamental observar cuidadosamente o desenvolvimento dos sujeitos ao longo da pesquisa. Com esse propósito, os estudantes foram orientados a expor seus resultados e expressar suas percepções por meio de exposições das investigações e resoluções realizadas pelos grupos, ou por registros nos diários de campo ao final de cada etapa da investigação, sempre buscando desenvolver discussões matemáticas produtivas pautadas nas práticas do Ensino Exploratório.

## 4.2 ASPECTOS ÉTICOS

Os aspectos éticos da pesquisa foram rigorosamente considerados. O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (UFG). Somente após essa aprovação, cujo termo encontra-se no Anexo A, os estudantes foram convidados a participar, sendo necessária a obtenção de autorização de seus responsáveis por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), Apêndices E e F, e do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), Apêndice G. Isso garantiu a conformidade ética do estudo e respeitou os direitos e a segurança dos participantes envolvidos.

A confidencialidade e o anonimato dos participantes foram assegurados em todas as etapas da pesquisa. Os dados coletados foram armazenados em um local

seguro e acessíveis apenas ao pesquisador principal e à equipe de pesquisa, garantindo que as informações pessoais não fossem divulgadas.

Considerações sobre os benefícios e riscos da pesquisa foram discutidas com os participantes e seus responsáveis, enfatizando que os benefícios superavam qualquer potencial risco. Além disso, foi garantido aos participantes o direito de se retirar da pesquisa a qualquer momento, sem qualquer prejuízo ou necessidade de justificativa.

#### 4.3 CONTEXTO DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida no município de Anápolis, em um colégio de tempo integral da rede estadual de ensino, com uma turma composta por 16 estudantes da segunda série do ensino médio, sob a supervisão da professora de Matemática da turma. As atividades de modelagem, conduzidas sob uma abordagem do ensino exploratório de Matemática, foram desenvolvidas ao longo de 27 aulas, aproximadamente duas por semana, entre setembro e dezembro, uma vez que foi necessário aguardar a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFG. Dessa forma, as atividades foram iniciadas na metade do terceiro bimestre e encerradas ao final do quarto.

Como a pesquisadora não era a professora regente da turma, o conteúdo matemático da série foi desenvolvido pela professora regente da turma, durante as aulas regulares. A pesquisadora retomou ou introduziu novos conceitos em sala sempre que necessário para o desenvolvimento das atividades de modelagem, buscando atender as diretrizes curriculares para Goiás (DC-GO). Enfatizou-se que poderiam surgir diversos conteúdos dentro das nossas pesquisas, mas que o foco seria o conteúdo do currículo da segunda série do ensino médio proposto pelo estado de Goiás. Afinal, “a modelagem matemática norteia-se por desenvolver o conteúdo programático a partir de um tema ou modelo matemático e orientar o estudante na realização do seu próprio modelo-modelagem” (Almeida; Silva; Vertuan, 2021, p. 18).

Para iniciar o projeto, foi realizado um diagnóstico preliminar dos estudantes por meio de conversa informal com toda a turma. A pesquisadora apresentou a proposta do projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água das Chuvas e obteve informações relevantes para compreender melhor o contexto da turma. Aproveitou para explicar sobre as formas de coletas de dados aos estudantes e à

professora: questionários pré e pós projeto, diário de campo da pesquisadora e dos grupos de estudantes, observação participante, sequência didática, além de fotos de momentos importantes.

Posteriormente os estudantes foram convidados a responder os questionários iniciais. De acordo com Biembengut e Hein (2021), é necessário realizar um diagnóstico dos estudantes antes de implementar a modelagem matemática como método de ensino-aprendizagem de Matemática - a Modelação. Esse diagnóstico deve abordar diversos aspectos da realidade dos envolvidos na pesquisa, como os autores apontam:

Para implementar a modelação matemática sugerimos que o professor faça, inicialmente, um levantamento sobre os estudantes: a realidade socioeconômica, o tempo disponível para a realização de trabalho extraclasse e o conhecimento matemático que possuem – diagnóstico. Com base nesse diagnóstico, planeja-se a implementação da modelação, ou seja, como desenvolver o conteúdo programático, como orientar os estudantes na realização de seus modelos matemáticos - modelagem e como avaliar o processo (Biembengut; Hein, 2021, p. 19).

Após o diagnóstico, iniciou-se o planejamento e a execução das atividades. Essas atividades foram desenvolvidas conforme detalhado no tópico 4.5 deste capítulo, com roteiro resumido das fases da modelagem e antecipações previstas pela pesquisadora. As orientações para o desenvolvimento de cada etapa da modelagem da captação de água da chuva seguiram as práticas do ensino exploratório. Detalhes completos sobre os planejamentos e as orientações estão disponíveis no Apêndice H.

Esse planejamento envolve o desenvolvimento de um projeto que visa à construção de modelos matemáticos associados com a Educação Ambiental, alinhados com as Diretrizes Curriculares para o Estado de Goiás. Esses modelos serão organizados em uma Sequência Didática, que será disponibilizada aos professores da educação básica para estudo, análise e formação.

#### **4.3.1 Caracterização da escola**

A instituição de ensino onde realizou-se a pesquisa foi fundada em 28 de fevereiro de 1970 e passou a funcionar como um Centro de Ensino em Tempo Integral em 2022. A equipe escolar é composta por 17 professores, 2 auxiliares

administrativos, 4 membros no grupo gestor, uma bibliotecária, um porteiro e 13 funcionários responsáveis pela limpeza e cozinha.

Em 2023, a escola atende 160 estudantes, distribuídos em duas turmas de oitavo ano, uma turma do nono ano do ensino fundamental e uma turma de cada série do ensino médio. Com 19 salas de aula equipadas com *Datashow* e caixas de som, a escola adota um sistema em que cada professor possui uma sala fixa, enquanto os estudantes trocam de sala conforme a mudança de disciplina. A infraestrutura inclui um laboratório seco, que possui jogos educativos e materiais de matemática, como sólidos geométricos, e abriga o laboratório móvel com *Chromebooks* fornecidos pelo governo, além de uma lousa interativa. Também há um laboratório molhado, equipado para experimentos nas áreas de química, física e biologia.

A instituição obteve uma média do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) de 4,3 para os anos finais do ensino fundamental e 4,5 para o ensino médio em 2021. No Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) de 2019, a média de matemática foi de 499 pontos, com uma média geral de 495 pontos. A biblioteca da escola possui um acervo de aproximadamente 4.000 livros, proporcionando vastos recursos para estudantes e professores. Além disso, a escola dispõe de dois auditórios, um no pavilhão superior e outro no pavilhão inferior, este último também utilizado como refeitório.

Os estudantes permanecem na escola por um período de 10 horas, durante o qual são servidas três refeições. Nesse tempo, participam de aulas diversificadas e atividades práticas. Um dos desafios enfrentados pela escola é a distorção idade/série, particularmente na segunda série do ensino médio, que apresentou uma taxa de quase 17% em 2022, conforme dados do site QEDu<sup>2</sup>. Apesar desses desafios, a instituição continua a fornecer uma educação de qualidade, adaptando-se às necessidades contemporâneas e mantendo um compromisso com o desenvolvimento integral dos estudantes.

As atividades deste projeto de pesquisa foram realizadas em dois ambientes: a sala de aula da professora e o laboratório seco, conforme a disponibilidade da escola.

#### **4.3.2 Os estudantes**

---

<sup>2</sup> Acesso ao site pelo endereço digital disponível em: <https://gedu.org.br/>.

A pesquisadora obteve autorização para desenvolver o trabalho em uma turma da segunda série do ensino médio. A turma contava com um total de 16 estudantes matriculados, dos quais 12 (75%) tinham idades entre 16 e 17 anos, consideradas adequadas para esta série, e 4 (25%) possuíam idades entre 18 e 21 anos, estando em situação de distorção idade/série de acordo com a legislação vigente (Lei 9.394/1996). Além disso, 7 (43,7%) dos estudantes eram do sexo feminino e 9 (56,3%) do sexo masculino.

Essa turma foi escolhida para desenvolver a atividade de modelagem matemática, primeiramente, por ser uma turma da professora parceira do projeto, que se dispôs a ceder duas aulas semanais para o desenvolvimento da pesquisa. Em segundo lugar, a escolha se deu por se tratar de uma série cujo currículo, proposto pelo estado de Goiás, é voltado em grande parte para os conteúdos de Geometria Plana, Geometria Espacial e Trigonometria. Esses conteúdos, conforme a revisão bibliográfica realizada e as antecipações, tinham grandes chances de surgir ou serem explorados no desenvolvimento das atividades de modelagem da captação da água da chuva.

#### **4.3.3 O Projeto, a BNCC e o DC-GO**

A Base Nacional Comum Curricular e o Documento Curricular para Goiás orientam o planejamento pedagógico das escolas, assegurando a integração de competências e habilidades essenciais. No contexto deste projeto, procuramos alinhar sempre que possível as atividades de modelagem matemática aos conteúdos e objetivos previstos para a segunda série do ensino médio, especialmente no terceiro bimestre, sem, no entanto, tolher a descoberta de novos conceitos ou revisão de outros necessários ao seu desenvolvimento.

De acordo com o DC-GO, estão previstas para os terceiros e quarto bimestres as seguintes habilidades:

Terceiro bimestre:

- (EM13MAT504) Investigar processos de obtenção da medida do volume de prismas, pirâmides, cilindros e cones, incluindo o princípio de Cavalieri, para a obtenção das fórmulas de cálculo da medida do volume dessas figuras.

- (EM13MAT509) Investigar a deformação de ângulos e áreas provocada pelas diferentes projeções usadas em cartografia (como a cilíndrica e a cônica), com ou sem suporte de tecnologia digital.

Quarto Bimestre:

- (EM13MAT201) Propor ou participar de ações adequadas às demandas da região, preferencialmente para sua comunidade, envolvendo medições e cálculos de perímetro, de área, de volume, de capacidade ou de massa.
- (EM13MAT309) Resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo de áreas totais e de volumes de prismas, pirâmides e corpos redondos em situações reais (como o cálculo do gasto de material para revestimento ou pinturas de objetos cujos formatos sejam composições dos sólidos estudados), com ou sem apoio de tecnologias digitais.

A proposta de modelagem matemática sobre a captação de água da chuva permitiu abordar vários desses conteúdos de forma integrada e prática. Além das habilidades relativas aos terceiro e quarto bimestres, outras surgiram no decorrer do desenvolvimento do projeto e foram discutidas no capítulo de análise do projeto. As habilidades citadas, contudo, serviram como base para o planejamento das atividades de modelagem.

Ao discutir a viabilidade da captação da água da chuva para a redução do consumo de água potável, os estudantes têm a possibilidade de explorar conceitos geométricos para planejar sistemas de captação e armazenamento, calcular volumes de reservatórios e analisar a eficiência das instalações. Essas atividades não apenas reforçam os conteúdos curriculares, mas também promovem uma compreensão aplicada e contextualizada da matemática, alinhada aos princípios da BNCC de desenvolver competências críticas, criativas e colaborativas nos estudantes.

#### 4.4 DA COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio dos seguintes instrumentos: questionários pré e pós-projeto para os estudantes e a professora regente da turma, diários de campo dos grupos de estudantes, diário de campo da pesquisadora, observação participante e registros fotográficos. Os questionários foram impressos e aplicados pela pesquisadora.

A seguir, são descritos os instrumentos utilizados para a coleta de dados, que se encontram nos apêndices deste trabalho.

#### **4.4.1 Questionário Inicial – Estudantes**

Foi elaborado um questionário destinado aos estudantes para avaliar seu interesse pela Matemática, a importância da água e do uso sustentável dos recursos hídricos, além de suas expectativas em relação ao projeto. O questionário foi aplicado pela pesquisadora antes do início das atividades de modelagem.

#### **4.4.2 Questionário Final – Estudante**

Este questionário, aplicado após o encerramento da pesquisa, foi desenvolvido para verificar as mudanças nas percepções e compreensão dos estudantes após a participação nas atividades, buscando identificar aprendizagens significativas e avaliar a efetividade do projeto em promover um aprendizado mais profundo.

#### **4.4.3 Questionários Inicial – Professora**

Aplicado à professora regente da turma, este questionário teve como objetivo principal coletar informações sobre suas experiências anteriores com modelagem matemática, suas percepções sobre o interesse e a participação dos estudantes na disciplina de Matemática, e suas expectativas em relação ao projeto. Além disso, buscou compreender o contexto inicial, explorar os desafios esperados, e obter sugestões para integrar o projeto ao currículo escolar, fornecendo uma base para comparar as mudanças observadas após a conclusão do projeto.

#### **4.4.4 Questionário Final – Professora**

Este questionário foi elaborado para avaliar a eficácia e o impacto do projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva sobre o ensino e a aprendizagem de Matemática, a partir da perspectiva da professora regente da turma. Buscou identificar as habilidades matemáticas desenvolvidas pelos estudantes, o

nível de interesse e engajamento despertado pelo projeto e os benefícios percebidos em termos de conscientização ambiental e sustentabilidade na visão da professora.

Os questionários auxiliaram na coleta de dados para embasar a análise dos resultados e fornecer informações relevantes para futuras aplicações do projeto. Embora os questionários sejam pouco utilizados em pesquisas qualitativas, eles podem servir como uma fonte complementar de informações, ajudando na caracterização e descrição dos participantes, “destacando algumas variáveis como idade, sexo, estado civil, nível de escolaridade, preferências, e número de horas de estudo”, entre outros (Fiorentini; Lorenzato, 2006, p. 118).

#### **4.4.5 Diário de Campo – Estudantes**

Cada grupo de estudantes recebeu um caderno brochura para registrar todas as atividades realizadas, os processos e percursos utilizados para chegar aos resultados nas atividades de modelagem. Antes de iniciar as atividades, os estudantes foram divididos em três grupos: Água Mineral, TPDMN e Pudim, compostos por 5, 5 e 6 estudantes, respectivamente. Durante o desenvolvimento da pesquisa, os estudantes foram orientados a registrar não apenas as respostas corretas, mas também os erros, o raciocínio lógico empregado, as dúvidas e os "porquês".

#### **4.4.6 Diário de Campo – Pesquisadora**

A pesquisadora manteve um diário de campo onde registrou o planejamento das aulas, os materiais e recursos necessários e, durante e após as atividades, anotou os pontos mais relevantes, os encaminhamentos realizados e as dúvidas levantadas pelos estudantes. Segundo Fiorentini e Lorenzato (2006), o diário de campo é um dos instrumentos mais ricos de coleta de informações, permitindo ao pesquisador registrar observações de fenômenos, descrever pessoas e cenários, e retratar diálogos. Dessa forma,

[...] espera-se que contenha impressões, comentários e opiniões do observador sobre o meio social em que realiza suas observações, seus erros, dificuldades, confusões, incertezas e temores, suas boas perspectivas, acertos e sucessos, suas reações e as dos participantes (gestos, expressões verbais e faciais etc.) (Fiorentini; Lorenzato, 2006, p.119).

#### 4.4.7 Observação participante

A pesquisadora participou das aulas, observando interações e registrando comportamentos e reações dos estudantes. Segundo Fiorentini e Lorenzato (2006) e Winkes (2022), a observação participante envolve o pesquisador frequentar os locais onde os fenômenos ocorrem naturalmente, coletando dados a partir dos comportamentos das pessoas em situações cotidianas, como conversas, estudos e outras atividades. Essa técnica proporciona uma interação direta e aprofundada com o fenômeno em estudo, oferecendo uma validação mais sólida da ocorrência do fenômeno (Lüdke; André, 1986, p. 26 *apud* Fiorentini; Lorenzato, 2006). Como Winkes (2022, p. 118) aponta, “o objetivo da técnica consiste em captar observações cuidadosas sobre comportamentos, práticas cotidianas e atitudes de sujeitos inseridos em determinada realidade social”.

#### 4.4.8 Fotografias

As fotografias foram utilizadas como um instrumento de documentação visual para capturar momentos importantes das atividades realizadas durante o projeto de modelagem matemática. Este recurso permitiu registrar de forma precisa o ambiente, as interações entre os participantes, e os processos desenvolvidos ao longo das aulas. As imagens forneceram uma rica fonte de dados visuais, complementando as observações escritas e os relatos dos participantes, e facilitando a análise das dinâmicas e do envolvimento dos estudantes nas atividades de modelagem matemática. Além disso, as fotografias ajudaram a ilustrar os resultados e a contextualizar as conclusões da pesquisa, oferecendo uma visão mais completa e tangível do projeto.

### 4.5 A ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A seguir, apresentamos as etapas do projeto de Modelagem Matemática, estruturadas em tópicos conforme os princípios teóricos da Modelagem. Segundo Almeida, Silva e Vertuan (2021), uma atividade de modelagem matemática envolve fases relacionadas ao conjunto de procedimentos necessários para a configuração, estruturação e resolução de uma situação-problema, caracterizadas como:

inteiração<sup>3</sup>, matematização, resolução, interpretação de resultados e validação. De forma similar, Biembengut e Hein (2021) dividem a atividade de Modelagem Matemática em três etapas: Interação (reconhecimento da situação-problema e familiarização com o assunto), Matematização (formulação e resolução do problema em termos do modelo) e Modelo Matemático (interpretação da solução e validação ou avaliação do modelo). No contexto Educacional, acrescentou-se duas etapas ao processo: o diagnóstico e a escolha do tema.

Biembengut (2016) a partir da compreensão dos processos cognitivos, redefiniu as etapas da modelagem como: Percepção e Apreensão, Compreensão e Explicitação, Significação e Expressão. No entanto, a essência das fases permanece a mesma. Embora Biembengut utilize o termo "Modelação" quando se refere a Modelagem Matemática na Educação, aqui adotamos "Modelagem Matemática" para manter a consistência com a maioria das referências encontradas em nossa pesquisa. Optamos pela terminologia das etapas segundo Biembengut e Hein (2021): Interação, Matematização e Modelo. Esta escolha deve-se à simplicidade e à adequação ao nosso trabalho, facilitando a compreensão e aplicação dos conceitos por estudantes e docentes. Apesar da escolha da terminologia adotada, adaptamos, quando necessário, essas fases ao trabalho em sala, sendo também ancoradas pelas sugestões de Burak, Bassanezi e Barbosa. Embora estas etapas sejam definidas, elas não são rígidas e podem não seguir uma sequência fixa, permitindo flexibilidade no processo de modelagem.

Dentro do contexto da modelagem matemática, as práticas do ensino exploratório foram integradas para enriquecer o processo de aprendizagem. Estas práticas incluem:

1. Antecipar: Prever as possíveis respostas, encaminhamentos, erros e acertos dos estudantes durante as atividades.
2. Monitorar: Acompanhar os grupos durante o desenvolvimento das atividades, avaliando o potencial das respostas para promover um aprendizado matemático eficaz.
3. Selecionar: Escolher os grupos ou estudantes cujos trabalhos potencializam discussões produtivas.

---

<sup>3</sup> Almeida, Silva e Vertuan utilizam a grafia *inteiração*, com 'i', para enfatizar o sentido de "ato de inteirar-se", "informar-se sobre" ou "tornar-se ciente de algo" (Almeida; Silva; Vertuan, 2021, p. 15).

4. Estabelecer Conexões: Comparar e confrontar as diferentes soluções, identificando semelhanças e diferenças, e avaliando as potencialidades e vantagens de cada uma para estabelecer métodos para resolver tarefas futuras.

A fase de antecipação foi realizada durante o planejamento de cada atividade, prevendo possíveis respostas e dificuldades dos estudantes, detalhadas nos planejamentos Apêndice H. As demais etapas foram desenvolvidas durante as aulas do projeto, com esforço para citar nos planejamentos o momento específico da aula em que cada etapa seria desenvolvida. O Quadro 1 ilustra como foi organizada a etapa de antecipações nos planos de aulas.

**Quadro 1 - Estrutura da organização das antecipações nos planos de aula**

<b>ANTECIPAÇÕES</b>		
<b>Ações esperadas dos estudantes</b>	<b>Dificuldades e/ou questionamentos</b>	<b>Mediação do professor pesquisador a partir das dúvidas dos estudantes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Descrever as ações esperadas dos estudantes em cada etapa das atividades propostas, incluindo sua postura e os passos a serem seguidos para a execução das tarefas.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Identificar todas as possíveis dificuldades que os estudantes podem enfrentar, como dificuldade em compreender problemas, em realizar as quatro operações básicas, entre outras.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Listar as possíveis mediações ou intervenções que podem ser realizadas pelo professor em resposta às dificuldades identificadas, visando apoiar os estudantes e facilitar a compreensão e execução das atividades.</b></li> </ul>

**Fonte:** Relatório de pesquisa (2024).

Antes de iniciar as atividades de modelagem, a pesquisadora realizou uma apresentação com slides para os estudantes e a professora da turma, explicando os conceitos e procedimentos necessários para a modelagem matemática, bem como as cinco práticas utilizadas no ensino exploratório.

Para proporcionar liberdade de escolha aos estudantes, não foi imposto que a pesquisa realizada deveria ser sobre a modelagem matemática da captação da água da chuva. Definimos o tema geral como “Uso da Água na Escola” e, a partir dele, os estudantes foram orientados a explorar o tema e levantar problemas e sugestões.

Durante a pesquisa para a elaboração da sequência, percebemos que uma alternativa para ampliar as possibilidades de explorar o currículo de matemática da

segunda série do Ensino Médio seria dividir a modelagem em duas etapas: Modelagem da Precipitação e Modelagem da Captação da Água da Chuva. Dessa forma, outros conteúdos poderiam ser desenvolvidos e explorados dentro da perspectiva da modelagem.

A seguir, apresentamos um roteiro com a proposta inicial das etapas da modelagem matemática da precipitação, seguidas pela modelagem da captação da água da chuva, as quais sofreram modificações e adequações ao longo da implementação e que são descritas nos planejamentos detalhados das aulas.

#### **4.5.1 Modelagem matemática da precipitação**

##### **4.5.1.1 Interação**

Segundo Biembengut (2016), a etapa de interação visa estimular a percepção e apreensão dos estudantes sobre o tema, buscando envolver os estudantes na natureza do assunto. Esta fase foi subdividida em: Exposição sobre o tema/assunto, Familiarização com o assunto, Reconhecimento da situação - problema, Levantamento de dados, questões e/ou sugestões.

##### **A. Escolha e exposição sobre o tema/assunto**

Iniciamos com uma apresentação e contextualização do tema "Uso Sustentável da Água". Utilizaremos o vídeo "Água Recurso Finito" (disponível no YouTube), seguido pela leitura dos textos "Declaração Universal dos Direitos da Água" (ANA, 2021) e "Mundo sem Água". Esta abordagem visou motivar discussões em grupo, permitindo aos estudantes delimitar o tema e levantar questões iniciais.

**Figura 8 - Vídeo: Água recurso finito**



**Video 1 - Agua Recurso Finito (Projeto Água)**



**Washington Lemos**  
7,59 mil inscritos

**Inscriver-se**

**Fonte:** Canal do Youtube Washington Lemos (Água, 2016)<sup>4</sup>.

O objetivo desta introdução foi apresentar o tema aos estudantes e permitir que eles expressassem suas opiniões e sugestões. Conforme Almeida, Silva e Vertuan (2021), esta etapa de interação é o primeiro contato com o problema a ser abordado, possibilitando o conhecimento das especificidades do tema.

É feita, inicialmente, uma breve *exposição sobre o tema*, permitindo certa delimitação do estudante com uma área em questão. Em seguida faz-se um levantamento de questões, procurando instigar os estudantes a participarem com sugestões (Almeida; Silva; Vertuan, 2021, p. 20).

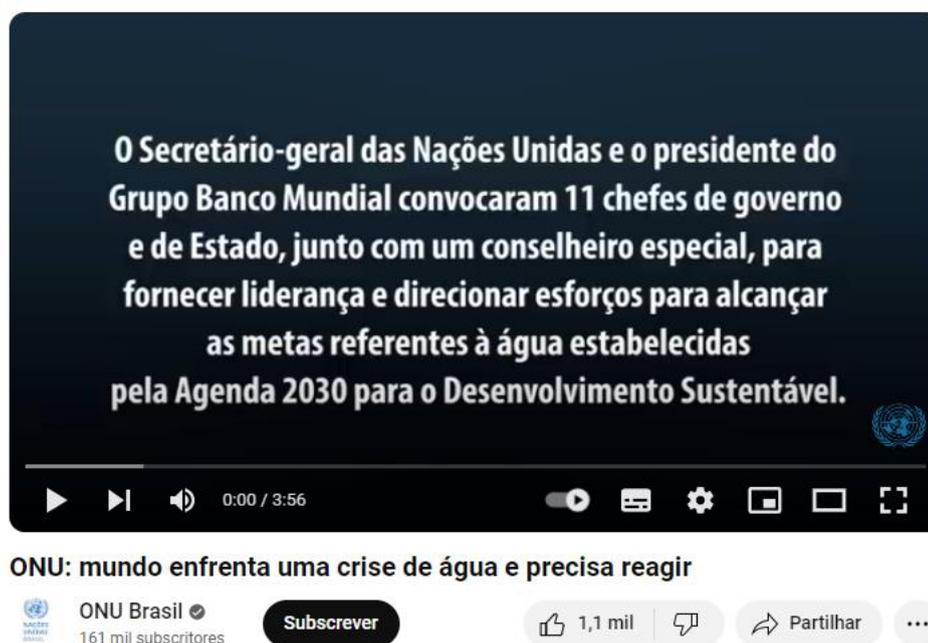
Em seguida, o processo de levantamento e seleção de questões teve continuidade.

## **B. Familiarização com o tema**

Exibimos o vídeo "ONU: Mundo Enfrenta Crise de Água e Precisa Reagir" (disponível gratuitamente online). Após a visualização, os estudantes foram divididos em grupos para discutir e levantar questões sobre "Uso Sustentável da Água".

<sup>4</sup> Canal no Youtube disponível no endereço eletrônico <https://www.youtube.com/@WashingtonLemos>

**Figura 9 - Vídeo ONU: mundo enfrenta crise de água e precisa reagir**



Fonte: ONU Brasil (2018)<sup>5</sup>

De acordo com Biembengut (2016), dentre as questões e sugestões levantadas pelos estudantes, devemos selecionar aquelas que nos permitam desenvolver o conteúdo curricular pretendido. Além disso, foram distribuídos materiais impressos com dados estatísticos, infográficos e gráficos sobre a situação da água no Brasil e no mundo. Esses materiais ajudaram não apenas na obtenção de dados sobre o tema, mas em sensibilizar os estudantes sobre a importância do recurso e a retomar conceitos matemáticos relevantes, como proporção, porcentagem, e interpretação de gráficos, que fazem parte do currículo do primeiro bimestre da segunda série.

### **C. Levantamento de dados e questões**

Encorajamos os estudantes a aprofundar suas pesquisas sobre recursos hídricos do município, histórico de secas e enchentes, pegada hídrica e consumo de água potável. Esta pesquisa bibliográfica foi realizada por meio de internet, livros e revistas, conforme sugerido por Bassanezi (2015).

Conforme Almeida, Silva e Vertuan (2021, p. 15), essa fase

<sup>5</sup> Canal disponível no endereço eletrônico [https://www.youtube.com/watch?v=1RLhXg\\_7bKw](https://www.youtube.com/watch?v=1RLhXg_7bKw)

Implica, portanto, cercar-se de informações sobre essa situação – problema que se pretende estudar por meio de coleta de dados quantitativos e qualitativos, seja mediante contatos diretos ou indiretos. A inteiração conduz a formulação do problema e a definição de metas para sua resolução (Almeida; Silva; Vertuan, 2021, p. 15).

Os estudantes foram incentivados a organizar os dados coletados em tabelas e gráficos, com exposições e discussões subsequentes em sala com vistas a contribuir para a elaboração de questões e subsequentemente, ao desenvolvimento da etapa de matematização.

Propusemos uma investigação das dependências da escola para analisar o uso da água, identificando práticas sustentáveis e áreas de melhoria. Para auxiliar os estudantes nesse processo, foi elaborado um roteiro com sugestões e orientações, para que os estudantes verificassem a situação do uso da água na escola. Os estudantes procuraram organizar os dados coletados em relatórios, tabelas e gráficos, e propuseram soluções práticas e viáveis para os desafios relacionados à água na escola.

Promovemos um momento para a exposição dos resultados, problemas identificados e sugestões levantadas, buscando desenvolver as práticas do ensino exploratório para a orquestração de discussões produtivas.

Encerramos esta etapa com perguntas direcionadas: "A captação da água da chuva pode ser uma solução para reduzir o consumo de água potável na escola? O que devemos analisar para determinar a viabilidade da instalação de um sistema de captação da água da chuva?" O objetivo foi levar os estudantes a perceber que a viabilidade depende de fatores como precipitação, área de coleta e demanda.

#### 4.5.1.2 Matematização

Segundo Biembengut e Hein (2021), a matematização corresponde a etapa em que se seleciona e formula-se uma das questões levantadas, dados são expressos, o conteúdo é desenvolvido e exemplificado por meio de exemplos análogos, ampliando o conjunto de aplicações, e onde formula-se um modelo.

#### **A. Selecionar e formular uma das questões levantadas**

Usando o *Datashow*, foi realizada uma explanação geral sobre os problemas elencados nas aulas anteriores, conectando-os com os problemas identificados pelos estudantes durante a exploração da escola. Algumas das perguntas norteadoras para essa discussão foram:

- Quais dos problemas citados anteriormente vocês identificaram na nossa escola?
- Quais das soluções propostas podem ser implementadas em nossa escola?
- A captação da água da chuva pode ser uma solução para reduzir o consumo de água potável na escola?

Fomos com a ideia de que se os estudantes não sugerissem o uso da água da chuva para fins não potáveis, a pesquisadora poderia propor essa possibilidade. Em seguida, foi apresentada uma reportagem exibida no Jornal Anhanguera sobre a reutilização das águas da chuva em uma residência com a construção de um reservatório para captação da água da chuva, disponível no *Globoplay*<sup>6</sup>.

Após a exibição da reportagem, questionamos quais variáveis precisavam ser analisadas para a implantação de um sistema de captação de água da chuva. Espera-se que os estudantes entendam a necessidade de analisar a área de captação, o volume captado, e a precipitação, além da demanda.

A proposta da aula foi explorar a questão: "Como medir a chuva?" Na fase de matematização, conforme explicado por Biembengut e Hein (2021, p. 21), "seleciona-se e formula-se uma das questões levantadas a fim de levar os estudantes a proporem respostas. As respostas, certamente, abriram caminhos para se atingirem as metas propostas."

## **B. Desenvolvendo o conteúdo matemático**

Para isso, promovemos uma aula expositiva e dialogada, utilizando o *Datashow*, sobre precipitação, índice pluviométrico e os cálculos necessários para determinar a quantidade de chuva que cai, com base na quantidade de água em um pluviômetro. Foram apresentadas manchetes de reportagens mostrando índices pluviométricos da cidade de Anápolis, de Goiás e do Brasil (Figura 10).

---

<sup>6</sup> Disponível no endereço <https://globoplay.globo.com/v/9740526/>

Figura 10 - Manchete Jornal O Diário do Município - Anápolis

The image shows a screenshot of the newspaper 'DM Anápolis' website. The main headline reads: 'Temporal de 50 milímetros em meia hora causa transtornos em Anápolis'. Below the headline, it states: 'Segundo a medição oficial, foram 48,4 mm de água em apenas 30 minutos na cidade.' The article is dated 10/04/2022 at 15h20 and is by Rafael Tomazetti. There are two photographs: one showing a red car partially submerged in floodwaters on a street, and another showing a white car driving through deep floodwaters. To the right of the main article, there is a sidebar with a section titled 'Mais lidas' (Most Read) containing four news items: 1. 'Concursos - Há 5 dias: UEC abre edital de concurso para professores efetivos em Anápolis e mais 20 cidades'; 2. 'Anápolis - Há 6 dias: Anápolis terá interrupção no fornecimento de energia em dois dias desta semana'; 3. 'Anápolis - Há 7 dias: Serviços de manutenção da Saneago deixarão mais de 60 bairros sem água ao longo de semana'; 4. 'Anápolis - Há 5 dias: Rota entre Anápolis e Silvânia pode ganhar nova empresa de transporte intermunicipal'. At the top of the page, there is a navigation menu with categories like Política, Painel DM, Anápolis, Geral, Cultura, Goiás, Economia, Educação, and PODCAST. A search bar is also visible.

Fonte: DM Anápolis (2022).

Explicamos os conceitos de precipitação e índice pluviométrico, destacando a importância dos cálculos para determinar a quantidade de chuva, desenvolvendo o conteúdo matemático necessário para compreensão desses conceitos. Voltamos às manchetes de jornal para explicar seu significado e os cálculos necessários para a determinação do índice pluviométrico e volume de água, mostrando a relação entre o volume de água em litros e a precipitação em mm de chuva.

Conforme Biembengut e Hein (2021, p. 22), "a resolução da questão norteadora faz com que o estudante retorne ao problema e verifique novamente a matemática como uma ferramenta importante."

#### 4.5.1.3 Modelo

A etapa do modelo é dividida em quatro momentos principais: a construção do modelo matemático físico, o desenvolvimento do conteúdo matemático, a construção do modelo matemático algébrico e/ou gráfico, e a validação. Essas sub etapas serão desenvolvidas ao longo de cinco aulas.

Conforme Biembengut e Hein (2021, p. 29) “na modelação, o professor pode optar por escolher determinados modelos, fazendo sua recriação em sala, juntamente com os estudantes, de acordo com o nível em questão, além de obedecer ao currículo inicialmente proposto.”

### **A. Elaboração de um modelo matemático físico:**

A partir da questão levantada na aula anterior, “Como medir a chuva?”, foi proposta a construção de pluviômetros pelos grupos de estudantes, utilizando materiais recicláveis, para analisar a quantidade de chuva na região da escola. Dessa forma, eles poderiam estimar o potencial de captação de água nesse local.

Esta fase consiste na construção de um modelo matemático com a finalidade de descrever a situação, permitir a análise dos aspectos relevantes da situação, responder às perguntas formuladas sobre o problema a ser investigado na situação e até mesmo, em alguns casos, viabilizar a realização de previsões sobre o problema em estudo (Almeida; Silva; Vertuan, 2021, p. 16).

### **B. Desenvolvendo o conteúdo matemático**

Para explorar o conteúdo matemático, os estudantes foram solicitados a verificar alguns dados relacionados ao pluviômetro construído pelo grupo, desenvolvendo ou revisando conceitos geométricos. Algumas perguntas que foram feitas:

- Qual a altura em centímetros do “pluviopet” construído pelo grupo a partir do marco zero da régua desenhada? E em milímetros?
- Qual o índice pluviométrico máximo que seu pluviopet pode medir?
- Qual a medida da circunferência e do diâmetro do pluviopet em centímetros? E em milímetros?
- Qual o volume máximo de água que o pluviopet pode captar em litros?
- Qual a área de captação do seu pluviopet (área da seção transversal)?

Aproveitamos essa última pergunta para discutir a importância do tamanho da área de captação na determinação do volume de água captada em um sistema de captação de água da chuva. Comentamos que, como o cilindro é um prisma reto de base plana e que a área de captação é a mesma da base.

### **C. Modelo matemático algébrico**

Propusemos que os estudantes realizassem a coleta de dados da precipitação diariamente por pelo menos duas semanas, utilizando os pluviômetros. Eles deveriam construir tabelas ou gráficos para representar os dados coletados e obter um modelo algébrico que permitisse fazer previsões futuras sobre a precipitação na região, visando estimar o volume de chuva.

### **D. Validação**

A proposta seria realizar a exposição dos pluviômetros e dos dados coletados, confrontando-os com as informações previamente levantadas. Entretanto, a falta de chuvas e dados não permitiu essa validação. Esta etapa é importante para verificar a precisão e a eficácia dos modelos construídos, discutindo eventuais discrepâncias e possíveis melhorias nos métodos de coleta e análise de dados pelos estudantes.

#### **4.5.2 Modelagem matemática na captação da água das chuvas**

A modelagem matemática da captação da água da chuva ocorreu na sequência das atividades de modelagem da precipitação. Dessa forma, a etapa de interação, que envolve a familiarização com o tema, levantamento de questões e coleta de dados, foi desenvolvida concomitantemente à etapa de matematização, visto que os estudantes realizaram diversas pesquisas e investigações relativas ao tema anteriormente.

##### **4.5.2.1 Interação e matematização**

Retomamos com a turma as variáveis que precisavam ser analisadas para a implantação de um sistema de captação de água da chuva: área de captação, volume captado, precipitação e demanda.

Usando materiais concretos, discutimos com os estudantes sobre a área de captação, retomando, conceitos de geometria plana. Orientamos os grupos a definirem o melhor local para a instalação do reservatório, usando a área do telhado como área de captação. A investigação realizada nas dependências da escola serviu de suporte para essa escolha.

Os grupos avaliaram o espaço físico da escola, medindo e calculando a área do telhado onde o sistema de calhas será instalado para a cisterna. Propusemos a realização das medições necessárias para a instalação do sistema de captação, verificando quais métodos os estudantes poderiam sugerir para obter essas informações. Perguntas orientadoras: Seria possível usar conhecimentos trigonométricos para determinar dimensões inacessíveis? Como? Quais?

Caso a possibilidade do uso da trigonometria fosse levantada, propomos a construção de um teodolito para essa finalidade, retomando conceitos de razões trigonométricas. O próprio teodolito pode ser considerado um modelo físico, criado para resolver o problema das medidas inacessíveis.

Com as medidas obtidas pelos estudantes, independentemente do método escolhido, realizamos o cálculo da área do telhado destinado à instalação do sistema de captação de água da chuva. Discutimos com eles que a área do telhado seria a área de captação do reservatório.

#### 4.5.2.2 Modelo

Utilizando o conceito de índice pluviométrico discutido anteriormente, debatemos com os estudantes como determinar o volume de captação de chuvas, utilizando os dados coletados com o pluviômetro ou dados de sites especializados em previsão do tempo.

Com o auxílio do laboratório móvel, propusemos que os estudantes pesquisassem sobre os tipos de cisternas ou reservatórios para captação da água da chuva. Baseando-se no que foi trabalhado durante o projeto, os estudantes deveriam determinar as dimensões do reservatório considerando as dimensões do telhado, sua área e volume.

Após os cálculos da área escolhida pelos grupos para a instalação do sistema de cisternas e a análise dos gráficos de precipitação da escola, os estudantes deveriam construir uma planta baixa e/ou uma maquete do projeto da cisterna que atendesse às demandas da escola, com base nos dados coletados. Quando necessário, explicamos sobre escalas em desenhos técnicos e plantas de projetos, ilustrando com exemplos as conversões necessárias.

Após a conclusão, foram organizadas apresentações dos grupos na sala de aula, onde eles puderam expor seus dados, pesquisas e modelos, realizando uma análise e validação conjunta.

#### 4.5.2.3 Avaliação do processo

Conforme Biembengut e Hein (2021) afirmam, a avaliação do aprendizado dos estudantes pode ser feita tanto de forma subjetiva, “a partir das observações pelo professor da participação, assiduidade, cumprimento de tarefas e espírito comunitário”, quanto de forma objetiva, por meio de “provas, exercícios e trabalhos realizados”.

Dado que a proposta de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva demandou um período mais longo, a avaliação foi feita ao longo de todo o processo, por meio dos registros nos diários de campo dos grupos e da pesquisadora, registros fotográficos, e momentos de exposição e debates realizados em cada etapa do processo.

Os resultados da aplicação dessa sequência, que sofreu mudanças ao longo do processo, foram apresentados de forma detalhada no capítulo de discussão e análise dos dados, destacando as principais descobertas, os desafios enfrentados e as contribuições do projeto para o ensino e a aprendizagem de Matemática, bem como para a conscientização ambiental dos estudantes.

## 5 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo, apresentamos a análise dos dados coletados por meio dos questionários aplicados aos estudantes e à professora da turma, tanto no início quanto no final do projeto. Além disso, consideramos os diários de campo mantidos pelos grupos de estudantes e pela pesquisadora, bem como as observações realizadas durante o desenvolvimento de todas as atividades de modelagem. Esta análise é fundamentada na metodologia de análise de conteúdo temática proposta por Bardin. Segundo Bardin (2011, p. 47), a análise de conteúdo é definida como:

[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando a obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (Bardin, 2011, p. 47).

A análise será conduzida à luz dos referenciais teóricos da modelagem matemática, conforme estabelecido por Biembengut, mas sem deixar de considerar os apontamentos de Bassanezi, Burak e Barbosa, bem como dos princípios do Ensino Exploratório delineados por Canavarro, Stein e outros autores citados na fundamentação teórica. A escolha desses referenciais teóricos visa proporcionar uma compreensão aprofundada dos fenômenos observados, articulando as dimensões teóricas e práticas inerentes à pesquisa, de modo a evidenciar a relevância e a aplicabilidade das abordagens adotadas no contexto educacional investigado.

Dividimos a análise das atividades realizadas durante a pesquisa a partir das etapas propostas por Biembengut: diagnóstico, escolha do tema, interação, matematização e modelo matemático.

O diagnóstico foi realizado por meio dos questionários iniciais, aplicados aos estudantes e à professora da turma e são analisados nas Seções 5.1.1 e 5.1.2, respectivamente. As etapas da modelagem são analisadas na Seção 5.2, e os questionários aplicados após o projeto, na Seção 5.3.

Para o desenvolvimento das atividades de modelagem, os estudantes foram organizados em três grupos, que escolheram seus próprios nomes: o grupo "Pudim", formado por cinco estudantes; o grupo "Água Mineral", também com cinco integrantes;

e o grupo "TPDMN", composto por seis estudantes. A seguir, apresentamos as análises realizadas com base nos dados coletados durante essas atividades.

## 5.1 ANÁLISE DA ETAPA DE DIAGNÓSTICO

### 5.1.1 Análise do Questionário Inicial Aplicado aos Estudantes

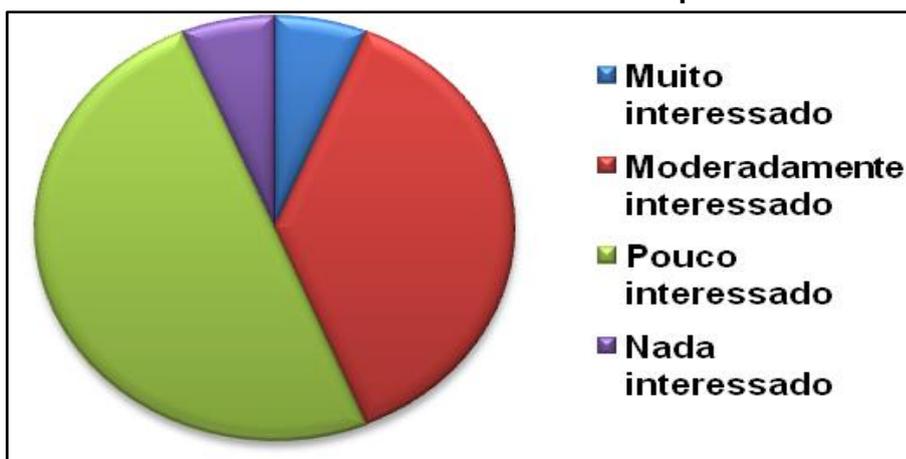
Iniciamos nossa descrição a partir do Questionário Inicial, no Apêndice A, aplicado aos 16 estudantes participantes da pesquisa. A análise desse questionário revelou-se fundamental para conhecermos a realidade social e motivacional dos estudantes no que se refere à Matemática.

O questionário, constituído por 10 questões, tinha como objetivo, nas Questões 1 a 4, coletar informações básicas como idade, sexo, série e turma dos estudantes. Esses dados foram utilizados para caracterizá-los e encontram-se registrados no capítulo referente aos percursos metodológicos, Seção 4.3.2.

Com a Questão 5, queríamos saber quanto tempo os estudantes dedicavam aos estudos fora da sala de aula. Apenas um estudante relatou estudar 2 horas fora do tempo de aula; os demais disseram estudar apenas enquanto estão na escola. Como se trata de um colégio de tempo integral, os estudantes ficam de 9 a 10 horas na escola, sendo este o tempo que eles classificaram como dedicado aos “estudos”.

Na Pergunta 6, procuramos verificar o nível de interesse dos estudantes pela Matemática. Como ilustrado no Gráfico 1, mais da metade dos estudantes (56,25%) tem pouco ou nenhum interesse pela matéria, algo que, a partir da experiência dos pesquisadores e da professora da turma, não é tido como atípico, e os professores da área já conhecem e lidam com essa realidade há muito tempo.

Gráfico 1 - Nível de interesse dos estudantes pela Matemática



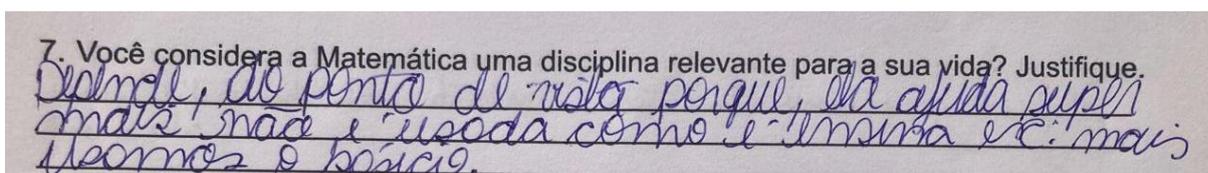
Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

Na Pergunta 7, buscamos compreender se os estudantes consideram a Matemática uma disciplina relevante para suas vidas, pedindo que justificassem suas respostas. Catorze estudantes (87,5%) responderam “sim”, e suas justificativas foram quase sempre as mesmas: “usamos a matemática para tudo”, “precisamos para sobreviver”, “tudo depende da matemática”. Apenas dois estudantes (12,5%) responderam “depende”.

O estudante A9 relatou, conforme a Figura 11, que “*depende do ponto de vista, porque ela (a Matemática) ajuda muito, mas não é usada como é ensinada*”. Essa resposta corrobora as ideias dos nossos referenciais no que diz respeito à importância de estabelecer relações entre a Matemática e outras áreas, e mesmo o dia a dia dos estudantes, relacionando-a com a realidade. O outro estudante que respondeu “*depende*” justificou ter dificuldade com a disciplina, conectando a relevância da Matemática com sua própria compreensão em sala de aula.

É interessante observar que nenhum dos estudantes respondeu “não”, ou seja, todos consideram que a Matemática tem alguma relevância para suas vidas.

Figura 11 - Resposta do estudante A9 sobre relevância da Matemática



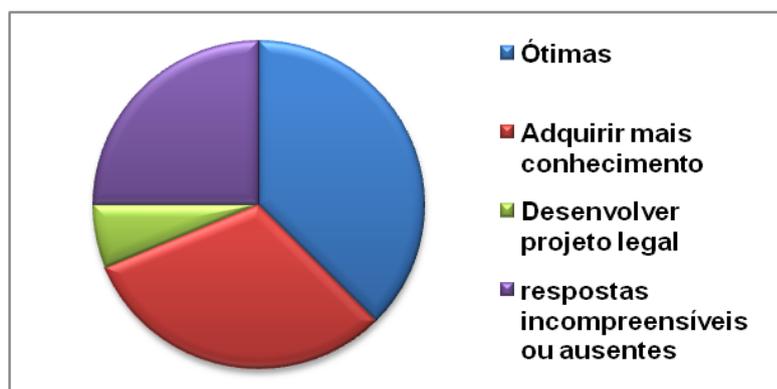
Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

A Pergunta 8 indagava sobre a percepção dos estudantes em relação a importância da água e do uso sustentável dos recursos hídricos. Dos 16 estudantes que responderam ao questionário, dois não responderam à pergunta e outros dois não escreveram uma resposta compreensível. Os demais, de modo geral, responderam que a água é: “muito importante”, “não sobrevivemos sem ela”, “boa”. Portanto, doze estudantes (75%) reconhecem a importância da água; entretanto, apenas dois estudantes comentaram sobre os recursos hídricos. Um deles disse que estão sendo desperdiçados e o outro que “precisamos preservar”. Percebemos, pelas respostas ou pela ausência de comentários, que os estudantes tinham pouco conhecimento sobre o uso sustentável da água.

A Pergunta 9 questionava se os estudantes já tinham alguma experiência com Modelagem Matemática e, em caso afirmativo, pedíamos que descrevessem brevemente a experiência. Apesar de a Modelagem ser tema de estudo na área da educação há mais de quatro décadas (Biembengut, 2016), fazendo parte das orientações curriculares na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), nenhum estudante relatou ter experiência com essa metodologia, e um estudante afirmou não saber do que se tratava.

Finalizamos o questionário inicial analisando a Pergunta 10, onde indagamos quais as expectativas dos estudantes em relação à participação no projeto de Modelagem Matemática da Captação da Água da Chuva. Dividimos as respostas em quatro grupos: (1) "Ótimas" (31,25%); (2) "Adquirir mais conhecimentos" (37,50%); (3) "Desenvolver um projeto legal" (6,25%); e (4) respostas incompreensíveis ou ausentes (25%). O Gráfico 2 ilustra essa distribuição.

**Gráfico 2 - Expectativas dos estudantes com relação à participação no projeto**



Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

### 5.1.2 Análise do Questionário Inicial aplicado à Professora

O questionário aplicado à professora regente da turma da segunda série onde o projeto foi desenvolvido era composto por 12 questões. As Perguntas 1 a 4 foram destinadas a coletar informações básicas, como nome, idade (não respondida pela professora), nível de formação escolar e tempo de atuação como docente na educação básica. A professora regente, formada em Matemática e Engenharia Civil e pós-graduada em Matemática, possui mais de 10 anos de experiência em sala de aula.

Na Questão 5, perguntamos sobre sua experiência com modelagem matemática, e ela relatou que não possui experiência anterior nessa área. Nesse sentido, essa experiência também pode contribuir para ampliar o conhecimento da professora.

Na Questão 6, indagamos como a professora avalia o interesse e a participação dos estudantes na disciplina de Matemática. A professora considera o interesse e a participação dos estudantes muito baixos, com a maioria não dedicando tempo aos estudos. Essa observação está alinhada com as respostas dos estudantes no questionário pré-projeto, confirmando a necessidade de estratégias que aumentem o engajamento dos estudantes.

Na Pergunta 7, questionamos se a professora acredita que a implementação de um projeto de Modelagem Matemática da Captação da Água da Chuva pode influenciar o interesse e a motivação dos estudantes na disciplina e, em caso afirmativo, por quê. A professora acredita que o projeto pode influenciar positivamente o interesse e a motivação dos estudantes devido à prática de resolver problemas reais. Esse ponto reforça a importância de projetos de modelagem matemática para aumentar o engajamento e a motivação dos estudantes, o que vai ao encontro do que afirmam os autores que fundamentam nossa pesquisa.

Na Questão 8, perguntamos sobre as expectativas em relação à participação no projeto e os principais desafios que ela (a professora) imaginava enfrentar durante a implementação. A professora espera que o projeto traga aprendizado, interesse e participação, mas classifica a turma como desinteressada e faltosa. Identificar esses desafios desde o início é importante para desenvolver estratégias que mitiguem esses problemas.

Quando pedimos, na Questão 9, sugestões para integrar o projeto de modelagem matemática com a disciplina de Matemática e o currículo escolar, a professora sugere mostrar a aplicação de equações, gráficos e tabelas durante o projeto. Isso está de acordo com os princípios da modelagem matemática, onde buscamos a aplicação prática dos conceitos teóricos e o desenvolvimento da capacidade dos estudantes de indagar e investigar, por meio da Matemática, situações reais (Barbosa, 2001).

Na Pergunta 10, questionamos quais habilidades ou competências a professora espera que os estudantes desenvolvam por meio da participação no projeto. A professora espera que os estudantes desenvolvam raciocínio, comunicação e capacidade de argumentação matemática. Essas habilidades são essenciais para o desenvolvimento integral dos estudantes e para sua formação acadêmica e profissional, mais uma vez indo ao encontro do que os estudiosos da modelagem na educação afirmam que ela pode proporcionar aos estudantes.

Na Pergunta 11, indagamos quais são os benefícios potenciais do projeto para os estudantes e para o ensino de Matemática. Na Pergunta 12, solicitamos que a professora compartilhasse alguma informação adicional relevante para o projeto que não tivesse sido abordada nas perguntas anteriores. A professora acredita que o projeto pode oferecer possibilidades de acordo com o interesse dos estudantes, tentando motivar o processo de ensino-aprendizagem de Matemática. Isso sugere, na percepção da professora, que projetos alinhados com os interesses dos estudantes podem ser mais eficazes em engajá-los. Como informação adicional, menciona que o projeto seria mais proveitoso se a turma fosse mais interessada. Essa observação indica a necessidade de estratégias específicas para aumentar o interesse e a participação dos estudantes.

## 5.2 ANÁLISE DAS ATIVIDADES DE MODELAGEM MATEMÁTICA

Nesta seção iremos proceder com a análise das atividades de modelagem desenvolvidas pelos estudantes. Dividimos a análise a partir das etapas propostas por Biembengut: interação, matematização e modelo matemático. Primeiro realizaremos a análise da Modelagem Matemática da Precipitação e em seguida a da Modelagem Matemática da Captação da Água da Chuva.

Vale ressaltar que nem tudo que foi planejado foi executado, portanto, a análise dos dados será referente ao que os estudantes conseguiram desenvolver dentro das atividades propostas. Para isso, utilizaremos os registros fotográficos, os diários de campo dos grupos e o diário da pesquisadora, estabelecendo uma análise das respostas formuladas em aula e uma triangulação com nossos registros observacionais.

## **Engajamento e Trabalho Colaborativo – Análise Geral**

Durante o desenvolvimento do projeto, observou-se um bom nível de engajamento dos estudantes, especialmente nas atividades práticas. O trabalho colaborativo foi constante, com a maioria dos grupos demonstrando organização e cooperação na divisão de tarefas. Os estudantes mostraram entusiasmo, principalmente na construção dos pluviômetros, o que destaca o impacto positivo das atividades exploratórias e práticas no engajamento dos estudantes com os conceitos matemáticos. A participação foi, em geral, uniforme entre os grupos, com uma leve variação entre as atividades: os estudantes demonstraram maior interesse nas atividades manuais e práticas em comparação com as discussões teóricas.

Esse envolvimento reflete o potencial das atividades conectadas à realidade para estimular a motivação dos estudantes, mesmo quando cognitivamente desafiadoras. A Modelagem Matemática, ao integrar teoria e prática, visa justamente promover esse tipo de conexão, incentivando uma aprendizagem mais significativa (Bassanezi, 2015).

### **5.2.1 Análise das Atividades de Modelagem Matemática da Precipitação**

#### **5.2.1.1 Análise da Etapa de Escolha do Tema e da Etapa de Interação**

As etapas de Escolha/Definição do Tema e de Interação, que serão analisadas em conjunto, foram desenvolvidas no decorrer de 9 aulas, conforme detalhado nos planejamentos I, II, III e IV (Apêndice H). Dentro dessas aulas foram propostas quatro atividades:

- Atividade 1: Discussão em grupo sobre a temática do uso da água na escola e em suas casas, com base nos textos propostos e nos vídeos apresentados

pelos pesquisadores; Organização dos dados em relatórios, tabelas e/ou gráficos; Roda de conversa com os grupos para exposição e discussão;

- Atividade 2: Análise de dados quantitativos fornecidos pelos pesquisadores sobre a disponibilidade de água potável no Brasil e no mundo;
- Atividade 3: Levantamento de dados por meio de pesquisa na internet sobre temas relativos ao uso, distribuição, disponibilidade e métodos de reutilização e conservação da água em diferentes contextos, entre outros; Organização dos dados em relatórios, tabelas e/ou gráficos; Roda de conversa com os grupos para exposição e discussão dos resultados;
- Atividade 4: Levantamento de dados sobre o uso da água nas dependências da escola por meio de uma investigação de suas dependências; Organização dos dados em relatórios, tabelas e/ou gráficos; Roda de conversa com os grupos para exposição e discussão dos resultados;

#### *5.2.1.1.1 Análise da Atividade 1*

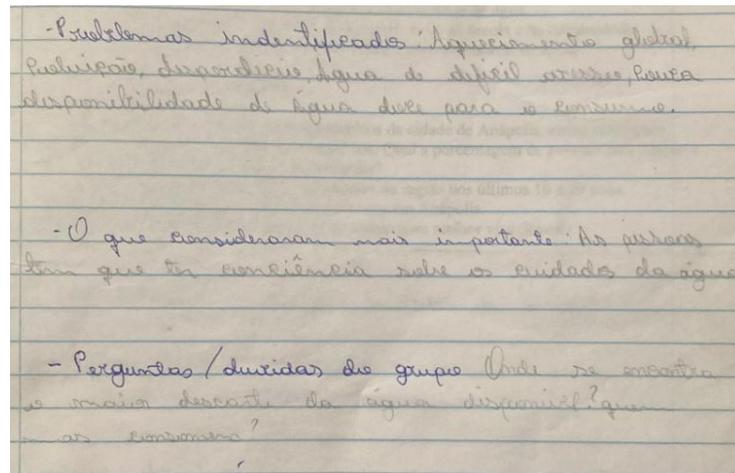
Na primeira atividade, conforme descrito no Planejamento I, os estudantes leram os textos “Mundo sem Água” e “Declaração Universal dos Direitos da Água” (Brasil, 2021) e assistiram aos vídeos “Água, Recurso Finito” (Água, 2016) e “ONU: Mundo enfrenta crise de água e precisa reagir” (ONU, 2018). Em seguida, foram orientados a discutir o uso da água em casa e na escola, registrando os problemas, hipóteses, sugestões ou soluções mais relevantes nos diários de campo.

A partir dos registros nos diários de campo e das observações da pesquisadora, foi possível realizar uma análise mais detalhada dos grupos:

- *Grupo TPDMN*

Este grupo mostrou participação ativa e produtiva nas discussões, demonstrando uma compreensão aprofundada do tema e um pensamento crítico. As anotações foram organizadas e coerentes, evidenciando a capacidade do grupo de identificar e articular problemas, pontos relevantes e possíveis soluções sobre o uso da água. Esses registros sugerem que os estudantes possuem habilidades de análise crítica e síntese.

**Figura 12 - Anotações do grupo TPDMN oriundas das discussões em grupo**

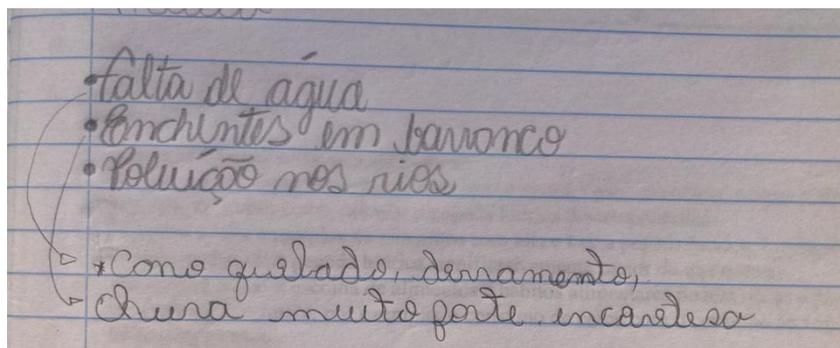


**Fonte:** Relatório de Pesquisa (2024).

- *Grupo Água Mineral*

Embora este grupo tenha participado das discussões, o relatório final apresentou lacunas significativas, com apenas alguns problemas identificados de forma desorganizada. Isso pode indicar que, apesar de algum envolvimento, os estudantes não conseguiram traduzir adequadamente as discussões em um registro estruturado. A dificuldade em organizar as ideias sugere uma necessidade de maior apoio no desenvolvimento de habilidades de síntese e organização de informações.

**Figura 13 - Anotações do grupo Água Mineral oriundas das discussões em grupo**



**Fonte:** Relatório de Pesquisa (2024).

- *Grupo Pudim*

O grupo apresentou um baixo nível de engajamento tanto nas discussões quanto no registro de suas reflexões. O relatório consistiu em um simples trecho copiado do texto lido, sem qualquer esforço de análise ou crítica. Isso evidencia uma dificuldade significativa em compreender e se envolver com o tema, apontando para uma necessidade de intervenções pedagógicas que incentivem maior participação e reflexão crítica.

### **Análise Geral**

A atividade revelou diferentes níveis de engajamento e compreensão entre os grupos, evidenciando a diversidade no processo de aprendizagem. O grupo TPDMN demonstrou um entendimento mais profundo do conteúdo, além de habilidades críticas de discussão, síntese e organização das ideias. Em contraste, os grupos Água Mineral e Pudim apresentaram dificuldades em transformar as discussões em registros coerentes, o que sugere que essas habilidades precisam ser mais desenvolvidas.

Essas evidências indicam que, enquanto alguns estudantes estão prontos para avançar em atividades mais complexas, outros ainda necessitam de suporte pedagógico adicional para desenvolver as habilidades necessárias para participar efetivamente de discussões e organizar suas ideias de forma clara e lógica. Isso também ressalta a importância de estratégias pedagógicas diferenciadas, como a modelagem matemática e o ensino exploratório, para atender às diversas

necessidades dos estudantes, promovendo um aprendizado mais equitativo e significativo.

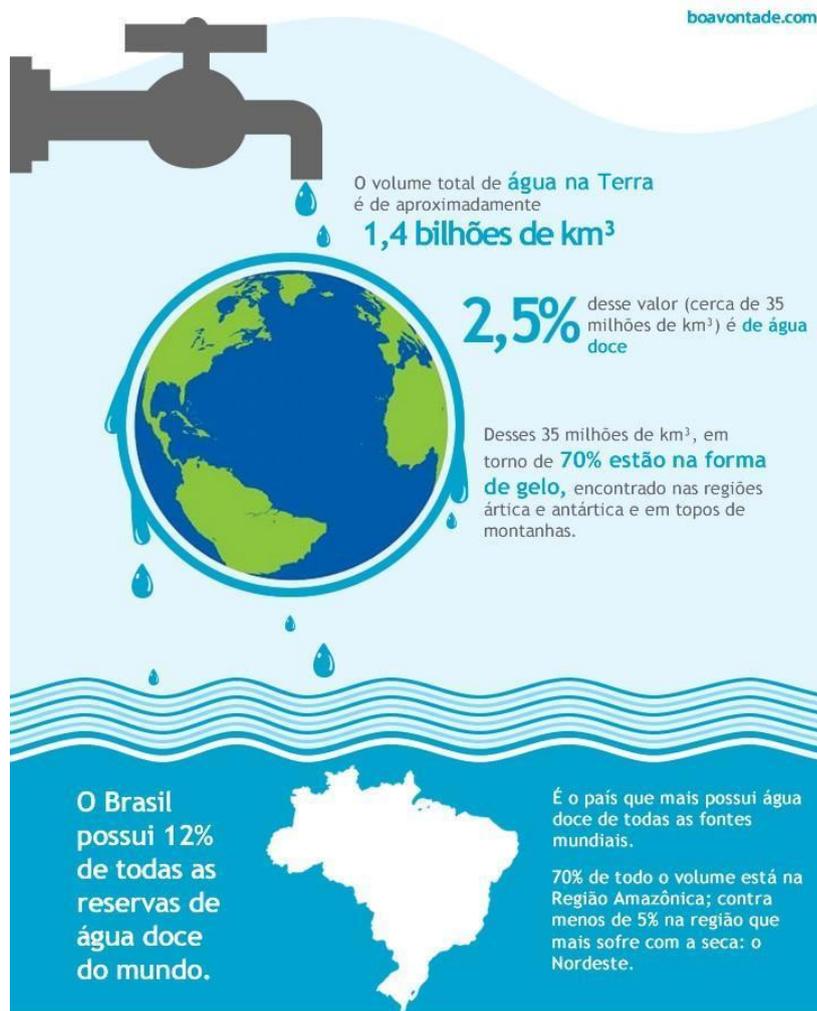
É importante destacar que a interrupção da Atividade 1, que não foi concluída nas duas aulas propostas, impactou negativamente as discussões. Essa dificuldade em manter o envolvimento dos estudantes ao longo de aulas não consecutivas confirma as orientações de Canavarro (2011) sobre a importância de completar o trabalho em torno de uma tarefa dentro da mesma aula para evitar a perda de foco e motivação dos estudantes.

#### *5.2.1.1.2 Análise da Atividade 2*

A proposta da segunda atividade, descrita no Planejamento II, envolvia a análise de dados quantitativos sobre a disponibilidade de água potável no Brasil e no mundo, fornecidos pela pesquisadora. No entanto, devido ao tempo limitado, a atividade não foi desenvolvida em sua totalidade. Focamos na análise conjunta de duas questões específicas com os 13 estudantes presentes:

1. "Se 70% da Terra está coberta por água, quantos por cento da superfície é coberta por terra?"
2. Com base no gráfico 3, "se 2,5% da água do planeta é doce, e desse montante, apenas 1% está disponível para consumo humano: a) Qual é a porcentagem da água doce disponível para consumo humano em relação ao total de água no planeta? b) Você acha que essa quantidade disponível para consumo é muito ou pouco?"

**Figura 14 - Disponibilidade de água na Terra**



Fonte: Boavontade.com (2014)<sup>7</sup>

Inicialmente tentamos categorizar os grupos com base nas informações e análises realizadas. No entanto, percebemos que as respostas dos estudantes não poderiam ser agrupadas em categorias excludentes de forma precisa. Assim, optamos por utilizar a abordagem hermenêutica, que nos possibilita observar o fenômeno de maneira mais profunda, interpretando as dificuldades e os sucessos de cada grupo à luz de descritores de análise, sem a necessidade de classificações mutuamente exclusivas.

Conforme descrito por Deluque Júnior e Costa (2020, p. 7), a hermenêutica nos permite “ponderar, analisar, questionar, e estimular o próprio pensamento, de modo a construir uma tese que seja tocante, provocativa, e que reflita de forma fidedigna o

<sup>7</sup> Disponível em: <https://www.boavontade.com/pt/ecologia/infografico-dados-mostram-panorama-mundial-da-situacao-da-agua-0>. Acesso em: 10 de jun. 2023.

fenômeno pesquisado". Essa abordagem nos possibilitou uma análise interpretativa e abrangente sobre as ações dos grupos.

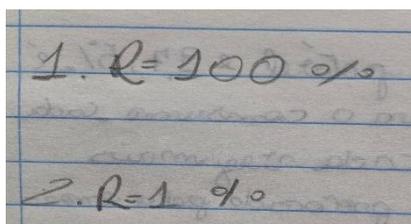
- **Descritor A: Dificuldade em Conceitos Básicos de Porcentagem** - Estudantes que demonstraram dificuldades em conceitos básicos de porcentagem, como compreender a ideia do “todo” (100%), tiveram dificuldade em responder à primeira questão e entender a segunda.
- **Descritor B: Compreensão Básica de Conceitos de Porcentagem** - Estudantes que apresentaram uma compreensão básica dos conceitos de porcentagem, sendo capazes de resolver problemas mais simples, como proposto na questão um, mas sem avançar em problemas mais complexos, como a questão dois, onde é necessário a compreensão e cálculo de porcentagem de uma porcentagem, além da análise se esse valor, seria ou não suficiente para toda a população mundial.
- **Descritor C: Compreensão de Conceitos Mais Complexos, mas sem Conseguir Concluir os Cálculos** - Estudantes que apresentaram uma compreensão de conceitos mais complexos de porcentagem, sendo capazes de resolver a questão um e até compreender a questão dois, mas não conseguindo responder o problema em sua totalidade.

### **Análise dos Grupos em Relação aos Descritores**

- *Grupo Pudim (Descritor A)*

Este grupo apresentou grande dificuldade em compreender a ideia de porcentagem, de o todo representar 100%. Não conseguiram responder de forma correta à primeira questão, nem compreender e avançar para a resolução da segunda.

**Figura 15 - Respostas das questões 1 e 2 do grupo Pudim**



**Fonte:** Relatório de Pesquisa (2024).

- *Grupo Água Mineral (Descritor B)*

O grupo Água Mineral mostrou uma compreensão básica do conceito de porcentagem ao responder corretamente à primeira questão. Isso indica que, em situações mais simples e diretas, os estudantes conseguem aplicar o conceito de porcentagem de forma adequada. Entretanto, o grupo não conseguiu compreender e desenvolver os cálculos relacionados à questão dois, envolvendo porcentagem de uma porcentagem.

**Figura 16 - Respostas das questões 1 e 2 do grupo Água Mineral**

1.  $100$   
 $- 70$   
 $\hline$   
 $30\%$  de terra

2. a) 2,5% água doce  
 1% para consumo

Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

- *Grupo TPDMN (Descritor C)*

Este grupo conseguiu responder a questão um com tranquilidade e aparentemente conseguiram compreender a questão dois, mas não conseguiram desenvolver os cálculos necessários para chegar ao resultado esperado. Os mesmos disseram que “não se lembravam de como fazer”.

**Figura 17 - Respostas das questões 1 e 2 do grupo TPDMN**

1. 30%

2. 1% de 2,5%

Fonte: Relatório de Pesquisa (20224).

A segunda questão revelou uma dificuldade generalizada entre os estudantes em compreender conceitos mais complexos de porcentagem, como a "porcentagem de uma porcentagem". Mesmo com o auxílio, muitos não conseguiram internalizar o conceito, sugerindo uma lacuna significativa no entendimento deste tópico. Ainda que os cálculos envolvidos no processo tenham sido abordados e explicados no quadro pelos pesquisadores, muitos estudantes relataram não entender ou nunca ter realizado cálculos semelhantes anteriormente.

A atividade destacou uma deficiência na compreensão dos conceitos matemáticos relacionados à porcentagem. Isso sugere que, embora a porcentagem seja um conceito frequentemente abordado no currículo escolar e no cotidiano dos estudantes, a profundidade do entendimento desse conceito ainda é insuficiente para lidar com problemas que exigem uma aplicação um pouco mais exigente.

Essa dificuldade confirma as antecipações feitas pelos pesquisadores durante o planejamento das atividades, que previam desafios relacionados à realização de cálculos matemáticos básicos envolvendo porcentagem por parte dos estudantes. Esse cenário reflete a realidade da turma, onde um número expressivo de estudantes apresenta lacunas no domínio de conteúdos essenciais. Segundo a BNCC, dentro da unidade temática de Números, espera-se que, já nos anos finais do ensino fundamental, os estudantes sejam capazes de dominar operações como cálculo de porcentagem, porcentagem de uma porcentagem, além de situações envolvendo juros, descontos e acréscimos (Brasil, 2018a, p. 269).

#### *5.2.1.1.3 Análise da Atividade 3*

A proposta da Atividade 3, presente no Planejamento III, consistia em um levantamento de dados por meio de pesquisas na internet sobre temas como uso, distribuição e métodos de reutilização e conservação da água. Os grupos foram responsáveis por diferentes temas e deveriam apresentar as informações coletadas em relatórios, tabelas ou gráficos, que seriam posteriormente discutidos em uma roda de conversa, seguindo as orientações do ensino exploratório e da modelagem matemática.

Nas antecipações previstas durante o planejamento, destacamos algumas possíveis dificuldades: dificuldade em encontrar dados específicos sobre recursos hídricos e eventos climáticos passados, incertezas sobre a viabilidade e eficácia de

alternativas para reutilização da água, dúvidas sobre como comparar o consumo de água em diferentes setores e sua relevância para a sustentabilidade, falta de clareza sobre as fontes de poluição da água e seus impactos na comunidade, além de dificuldades em selecionar e organizar os dados relevantes para a pesquisa e em expressar suas ideias e opiniões. Elencamos entre as propostas de mediação dos pesquisadores, a organização de um roteiro de pesquisa que auxiliasse na coleta de dados, bem como na orientação (monitoria) durante toda a pesquisa.

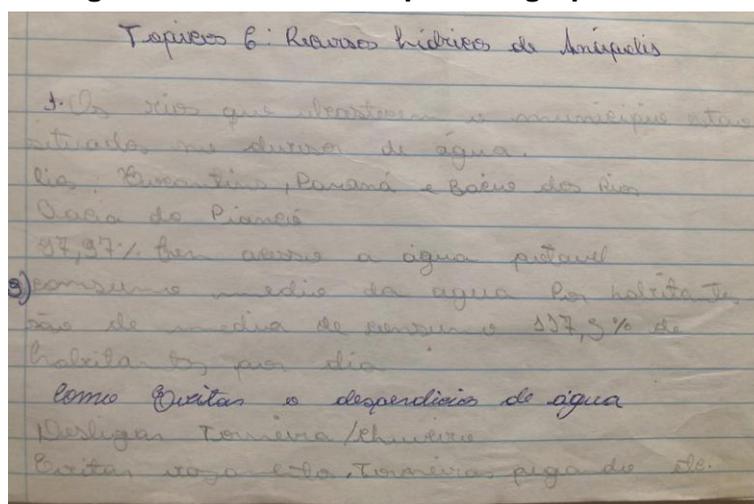
### Análise dos Grupos:

- *Grupo TPDMN*

Tema: Formas de evitar desperdício de água e recursos hídricos de Anápolis.

Este grupo demonstrou uma boa capacidade de identificar e organizar informações relevantes sobre o tema. Apesar de a pesquisa não ter sido muito abrangente nem detalhada, o grupo conseguiu expor de forma coerente e iniciar uma análise crítica sobre o consumo e o desperdício de água em sua região. No entanto, tiveram dificuldade em extrapolar as informações pesquisadas para uma análise mais abrangente e crítica.

**Figura 18 - Parte da Pesquisa do grupo TPDMN**



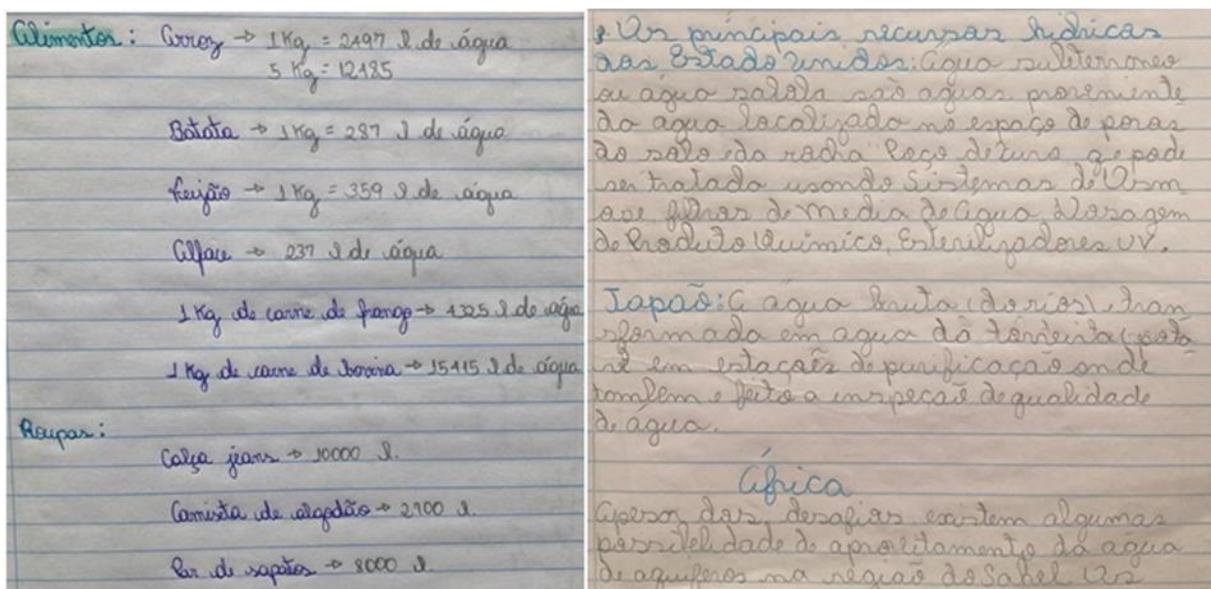
Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

- *Grupo Água Mineral*

Tema: Pegada hídrica e maneiras de reutilizar a água

O grupo conseguiu levantar dados básicos sobre o conceito de pegada hídrica e métodos de reutilização da água. No entanto, enfrentou dificuldades em organizar essas informações de maneira estruturada e em apresentá-las de forma clara durante a roda de conversa. A análise crítica foi limitada, em especial sobre formas de reuso da água, o que sugere uma compreensão superficial do tema e dificuldade em correlacionar as informações coletadas com a prática de conservação de água e sua vivência diária.

**Figura 19 - Parte da Pesquisa do grupo Água Mineral**



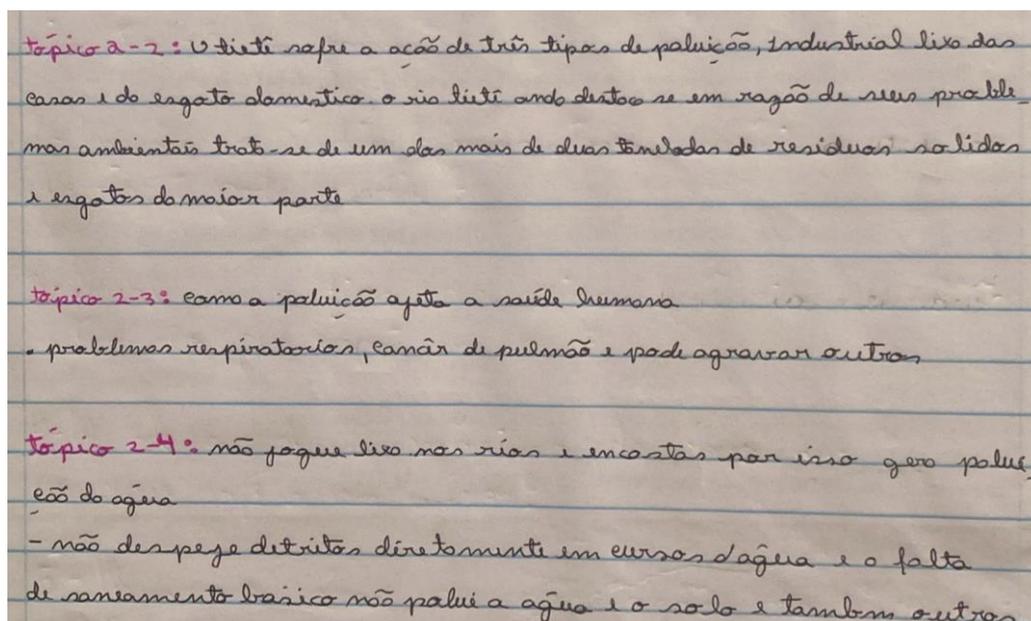
Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

- **Grupo Pudim**

Tema: Consumo de água em diferentes setores e fontes de poluição de água.

A pesquisa realizada por este grupo foi bastante superficial, com foco limitado em alguns aspectos do tema. O grupo apresentou dificuldades significativas em organizar as informações e em realizar uma análise crítica. A apresentação da pesquisa foi fragmentada, e os dados coletados não foram suficientemente discutidos, o que evidenciou uma falta de aprofundamento e compreensão do tema.

**Figura 20 - Parte da Pesquisa do grupo Pudim**



**Fonte:** Relatório de Pesquisa (2024).

A análise dos diários de campo destacou que a maioria dos grupos enfrentou dificuldades na realização de pesquisas eficazes na *internet*, o que pode estar relacionado tanto à falta de habilidades específicas para pesquisa *online* quanto à disponibilidade limitada de informações pertinentes. Isso sugere a necessidade de desenvolver essas competências nos estudantes para futuras atividades

O uso da hermenêutica permitiu-nos compreender não apenas as dificuldades isoladas de cada grupo, mas também as tendências gerais observadas entre os estudantes, revelando uma necessidade urgente de fortalecer suas habilidades de pesquisa e comunicação, essenciais tanto para a aprendizagem de Matemática quanto para a formação cidadã. Apesar do desenvolvimento dos cinco passos de Stein *et al.* (2008) (antecipar, monitorar, selecionar, sequenciar, relacionar), relacionados ao Ensino Exploratório, essas dificuldades foram persistentes durante o desenvolvimento da atividade.

#### 5.2.1.1.4 Análise da Atividade 4

Na Atividade 4, foi proposto que os grupos realizassem um levantamento de dados e análise crítica sobre o uso da água nas dependências da escola, por meio de uma investigação nos ambientes escolares, incluindo entrevistas com funcionários

sobre o uso da água, se possível (Figura 21). Após essa investigação, os dados deveriam ser organizados em relatórios, tabelas e/ou gráficos para posterior análise e discussão em um debate entre os grupos, com o objetivo de levantar problemas, hipóteses e propor sugestões de melhoria. Durante o planejamento da atividade, foram levantadas algumas antecipações sobre possíveis dificuldades enfrentadas pelos estudantes:

1. Dificuldade em propor soluções práticas e viáveis dentro das limitações da escola;
2. Dificuldade em trabalhar em grupo de forma colaborativa para compartilhar observações, discutir problemas e propor soluções;
3. Dificuldade em relacionar problemas identificados com a captação de água da chuva como solução;
4. Dificuldade em organizar as informações coletadas para posterior análise e apresentação;
5. Dificuldade em gerenciar o tempo de maneira eficiente.

**Figura 21 - Investigação das dependências da escola**



**Fonte:** Relatório de Pesquisa (2024).

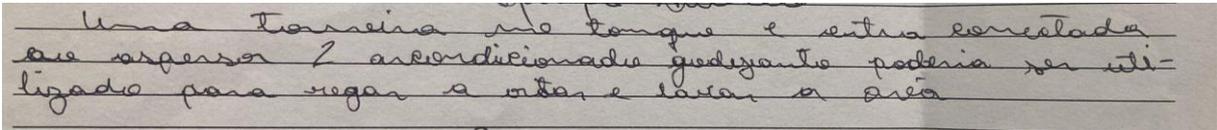
### **Análise dos Grupos:**

- *Grupo TPDMMN*

O grupo TPDMMN conseguiu elaborar um relatório que, apesar de erros de linguagem e formatação, mostrou algum nível de compreensão e análise dos dados coletados. Eles identificaram problemas relevantes, como o desperdício de água gerado por dois aparelhos de ar-condicionado. A proposta de utilizar essa água para

regar a horta escolar demonstrou um esforço proativo em sugerir soluções práticas e viáveis dentro do contexto escolar.

**Figura 22 - Trecho do relatório escrito pelo grupo TPDMN durante a coleta de dados na escola**



Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

Apesar de o grupo ter enfrentado dificuldades na construção de uma tabela clara, o relatório final refletiu uma análise crítica dos problemas observados, superando os desafios de organização de dados.

**Figura 23 - Tabela construída pelo grupo TPDMN com os dados coletados na escola**

Tabela escolar dos problemas vistos na escola.

**Pavilhão 1**

	Comunidade funcionando	Feminino com defeitos	banheiro feminino	banheiro masculino
esta	3	1 pingando	0	0
Próf	1	0	unisex	unisex
dir	1	1 pingando	0	1
ban (I)	3	1 encanação	0	0
ban (II)	2	2 vazamentos	0	0
laicão	2	1 vazamento	0	0
Latic	3	1 encanação	0	0
lozi	2	0	0	0

**Esporte Aberto**

	Comunidade funcionando	Comunidade com defeitos
Tanque	1	0
esta	1	0

**Pavilhão 2**

	Comunidade funcionando	Feminino com defeitos	banheiro feminino	banheiro masculino
ban (E)	3	1 pingando	0	0
ban (M)	2	1 vazamento	0	0
ban (L)	1	0	0	0
lozi	4	0	0	0

Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

- Grupo Água Mineral:

O grupo Água Mineral concentrou-se em organizar dados quantitativos sobre o número de banheiros, torneiras, caixas d'água e o estado de funcionamento desses equipamentos. Embora as tabelas apresentadas tenham sido as mais organizadas e compreensíveis, a abordagem foi limitada a uma listagem compartimentada por ambientes, sem uma análise crítica ou sugestão de melhorias mais aprofundadas, conforme verifica-se na Figura 24.

**Figura 24 - Tabela construída pelo grupo Água Mineral com os dados coletados na escola**

The image shows a handwritten table on lined paper. At the top, the word 'TABELAS' is written in large green letters. Below it, the title 'Exploração na escola - uso da água' is written in green. The table is divided into three sections: 'Laboratório', 'JARDIM DA FRENTE / HORTA / Quadra', and 'Cozinha de Baixo / atrás da cozinha'. Each section has columns for 'Torneiras', 'Funcionam', 'N. Funcionam', and 'Solução'. The data is as follows:

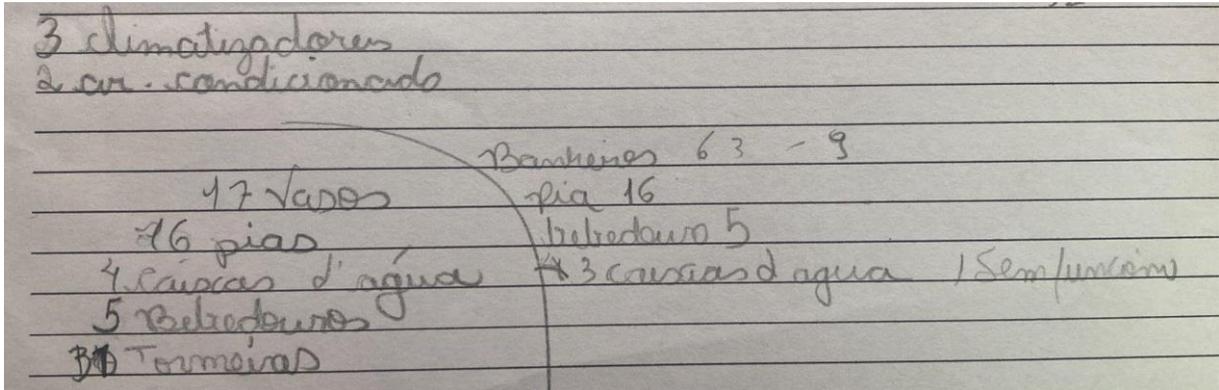
Exploração na escola - uso da água			
Laboratório			
Torneiras	Funcionam	N. Funcionam	Solução
3	2	1	trocar o cano
JARDIM DA FRENTE / HORTA / Quadra			
Torneiras	Jardim	Horta	Quadra
4	3	1	1
funcionam	2	1	não funciona está entupida
Cozinha de Baixo / atrás da cozinha			
Torneiras	cozinha	atrás da cozinha	solução
2	1	1	0
funcionam	1	1	colocar um cano

Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

- **Grupo Pudim:**

O grupo Pudim apresentou grandes dificuldades ao longo de toda a atividade. Eles não conseguiram coletar dados de forma adequada, e o relatório ficou incompleto, refletindo a falta de organização e o fraco gerenciamento do tempo (Figura 25).

**Figura 25 - Trecho do relatório escrito pelo grupo Pudim durante a coleta de dados na escola**



**Fonte:** Relatório de Pesquisa (2024).

As tentativas de construir uma tabela foram mal executadas, e o grupo não foi capaz de sintetizar ou interpretar as informações coletadas. Essas dificuldades comprometeram significativamente a qualidade do trabalho, impossibilitando que o grupo apresentasse uma conclusão ou sugestões de melhoria coerentes.

**Figura 26 - Tabela construída pelo grupo Pudim com os dados coletados na escola**

item	entregados	Total
Banheiros	63 - 9	3
Pia	16	25
Torneira	10	34
Bebedouros	5	4
caixa d'água	1	4
vasos sanitário	1	17
climatizadores	1	5
ar-condicionado	2	7

**Fonte:** Relatório de Pesquisa (2024).

A análise da Atividade 4 revelou que muitas das antecipações feitas no planejamento se confirmaram, como as dificuldades em propor soluções viáveis, organizar os dados coletados e trabalhar de forma colaborativa. Em alguns casos, surgiram "problemas" não previstos, como a dificuldade dos estudantes em sugerir soluções que envolvessem mudanças mais amplas na gestão de água da escola. Essa dificuldade pode estar relacionada à falta de experiência dos estudantes com investigações mais amplas e interdisciplinares. A atividade destacou a necessidade

de fortalecer as habilidades de organização e análise crítica dos estudantes, para que possam não apenas levantar dados, mas também propor soluções bem fundamentadas e realistas para os problemas identificados.

Durante a roda de conversa, todos os grupos restringiram suas discussões aos problemas físicos detectados, como encanamentos e equipamentos com defeito, com poucas sugestões de melhoria. Não houve uma investigação mais abrangente ou uma preocupação em compreender o uso da água para diferentes finalidades na escola, como limpeza, irrigação da horta ou consumo. Essa abordagem limitada revela uma visão restrita do problema, o que pode ser atribuído à falta de prática dos estudantes em conduzir investigações mais amplas e integradas.

Os pesquisadores identificaram deficiências significativas tanto na organização dos dados quanto na elaboração das tabelas, o que levou à proposta de um momento coletivo de construção de um modelo de tabela que atendesse às necessidades da pesquisa (Figura 27). Embora a construção, análise e interpretação de tabelas façam parte das competências e habilidades propostas pela BNCC desde os anos iniciais do Ensino Fundamental até o Ensino Médio - não se restringindo à Matemática e suas Tecnologias, mas permeando todas as áreas do conhecimento (Brasil, 2018a) -, as dificuldades observadas sugerem a necessidade de um desenvolvimento mais robusto das habilidades de pesquisa, assim como das capacidades analíticas e críticas dos estudantes.

**Figura 27 - Tabela construída conjuntamente pelos pesquisadores e estudantes**

Local/Área da Escola	Quant. de Vasos Sanitários		Quant. de Pias		Quant. de Chuveiros		Quant. de Torneiras		Quant. de Bebedouros		Sugestões de Melhoria	Observações
	Bom estado	Mal estado	Bom estado	Mal estado	Bom estado	Mal estado	Bom estado	Mal estado	Bom estado	Mal estado		
BLOCO 1 (Administração)												
BLOCO 2 (Salas de Aula e Laboratórios)												
BLOCO 3 (Cantina, refeitório, salas de aula)												
ESPAÇOS ABERTOS (Quadra, horta, estacionamentos)												
Bloco 4 (cozinha, salas de aula)												

Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

Para enfrentar essas lacunas, é fundamental promover atividades que incentivem a exploração de problemas de maneira mais integrada, conectando os aspectos técnicos (como problemas estruturais) com uma visão mais ampla sobre o uso eficiente da água. Além disso, a elaboração de relatórios que não só organizem dados, mas que também promovam reflexões críticas e soluções inovadoras, será essencial para fortalecer o processo investigativo dos estudantes. Essas ações não só atenderiam às competências previstas pela BNCC, mas também preparariam os estudantes para enfrentar problemas complexos de maneira mais holística e criativa.

#### 5.2.1.2 Análise da Etapa de Matemática e da Etapa do Modelo Matemático

As etapas de Matemática e do Modelo Matemático, desenvolvidas ao longo de sete aulas conforme detalhado nos Planejamentos V e VI (Apêndice G), serão analisadas em conjunto. Durante essas aulas, foram realizadas aulas expositivas e dialogadas, com o objetivo de integrar conceitos matemáticos ao contexto prático do uso da água. As principais atividades propostas incluem:

- Atividade 5: Levantamento e discussão dos problemas identificados pelos grupos nas etapas anteriores, incluindo aqueles observados na investigação das dependências da escola. Buscou-se estabelecer conexões entre esses problemas e explorar a viabilidade do uso da água da chuva como uma alternativa para reduzir o consumo de água potável na escola. Além disso, foi realizada uma aula expositiva e dialogada sobre precipitação e índice pluviométrico, utilizando esses temas como base para abordar conceitos matemáticos relacionados à área e volume.
- Atividade 6: Construção de um pluviômetro utilizando garrafa PET, denominado "*pluviopet*".
- Atividade 7: Experimentação do *pluviopet* e sua utilização para desenvolver conceitos matemáticos por meio de uma série de questões práticas, tais como:
  - 1) Qual a altura em centímetros do "*pluviopet*" construído pelo grupo a partir do marco zero da régua desenhada? E em milímetros?
  - 2) Qual o índice pluviométrico máximo que seu *pluviopet* pode medir?
  - 3) Qual a medida da circunferência e diâmetro do *pluviopet* em centímetros? E em milímetros?

- 4) Qual o volume máximo de água que o pluviopet pode captar em litros?
- 5) Qual a área de captação do seu *pluviopet* (área da seção transversal)?  
Aproveitar essa pergunta para questionar sobre a importância do “tamanho” da área de captação para determinar o volume de captação de água em um sistema de captação de água da chuva e comentar que como o cilindro é um prisma reto, a área de captação é a mesma da base.
- 6) Problema de aplicação: Suponha que o *pluviopet* construído pelo seu grupo está instalado em campo aberto, a uma altura média acima da superfície do solo, entre 1,0m e 1,5m. O aparelho está longe de qualquer obstáculo que possa prejudicar a medição, tais como árvores, prédios, relevo, etc. Após uma chuva, o índice pluviométrico marcado foi de 30 mm. Qual o volume de água captada em seu *pluviopet*?

#### 5.2.1.2.1 Análise da Atividade 5

A Atividade 5 consistiu em uma aula expositiva e dialogada, na qual foram discutidos conceitos matemáticos relacionados à precipitação e ao índice pluviométrico, conectando-os aos problemas previamente identificados na escola. A captação de água da chuva também foi abordada como uma solução prática para o uso sustentável da água. Nesta atividade, não houve produção prática dos grupos; em vez disso, a análise foi baseada nas observações dos pesquisadores e nos registros no diário de campo.

A partir das percepções registradas, foi possível observar o envolvimento dos estudantes durante as discussões e sua assimilação dos conteúdos. Uma análise geral dos grupos foi realizada com foco na compreensão dos conceitos matemáticos de precipitação e índice pluviométrico, além das propostas de solução para os problemas identificados na escola.

**Figura 28 - Slide utilizado pelos pesquisadores para explanação do conteúdo**



**Fonte:** Relatório de Pesquisa (2024).

## **Análise Geral**

De acordo com as observações dos pesquisadores durante a aula, os estudantes demonstraram interesse nos conceitos apresentados, especialmente sobre precipitação e captação de água da chuva. As dificuldades com unidades de medida e conversões, previstas anteriormente, foram recorrentes, evidenciando a necessidade de reforçar esses conteúdos.

A temática de Grandezas e Medidas, abordada desde o Ensino Fundamental, integra as Unidades Temáticas da BNCC e é revisitada no Ensino Médio. A habilidade EM13MAT103, por exemplo, enfatiza a importância de interpretar e compreender o uso de unidades de medida para diferentes grandezas, incluindo novas unidades ligadas aos avanços tecnológicos e ao cotidiano dos estudantes (Brasil, 2018a). Contudo, apesar do contato prévio com esses conteúdos, os estudantes ainda enfrentam dificuldades em aplicá-los na prática, especialmente em situações que exigem conversões e cálculos de volume e precipitação.

Além disso, embora os estudantes estivessem engajados, surgiram poucos exemplos de propostas viáveis para os problemas de desperdício de água, possivelmente devido às limitações da infraestrutura escolar. Ainda assim, as discussões revelaram potencial de crescimento dos estudantes para relacionar conceitos teóricos a problemas práticos.

O interesse dos estudantes na captação de água da chuva e na construção do pluviômetro indica que eles estão motivados e bem preparados para as próximas atividades práticas do projeto. Contudo, as dificuldades com unidades de medida e conversões reforçam a necessidade de um retorno mais detalhado a esses conceitos básicos. Garantir que os estudantes apliquem essas habilidades matemáticas de maneira eficiente é essencial para o sucesso das etapas seguintes, que exigirão cálculos e medições mais precisos.

#### *5.2.1.2.2 Análise da Atividade 6*

Na Atividade 6, os estudantes construíram o *pluviopet*, um pluviômetro feito com garrafas PET, aplicando noções básicas de geometria e habilidades manuais. Essa atividade trouxe uma dimensão prática significativa, permitindo aos estudantes trabalharem conceitos de medida como altura, diâmetro, circunferência e volume. Com ênfase na prática e na colaboração, a construção do *pluviopet* serviu como uma introdução à experimentação e possibilitou a visualização concreta de conceitos matemáticos em um objeto físico.

**Figura 29 - Construção dos pluviopets**

Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

### **Análise Geral**

A Atividade 6, centrada na construção do *pluviopet*, superou várias das antecipações iniciais. Diferentemente do esperado, todos os grupos demonstraram alto nível de engajamento na tarefa prática, e o interesse pela construção foi notável, até mesmo entre os estudantes que anteriormente mostraram menor envolvimento nas atividades teóricas. Quando surgiram dúvidas sobre a marcação correta da régua, eles trabalharam juntos para resolver, mantendo uma boa comunicação e interação.

Essa participação ativa pode ser explicada pela natureza concreta e prática da tarefa, que permitiu aos estudantes visualizar os conceitos de forma tangível, reforçando a importância do uso de materiais concretos na aplicação de conceitos matemáticos.

Quanto às dificuldades previstas, a maioria dos grupos conseguiu compreender e aplicar corretamente as noções geométricas e de medição necessárias para a construção do pluviômetro. No entanto, a antecipação sobre a dificuldade de converter centímetros para milímetros se confirmou no Grupo Água Mineral, que apresentou confusão ao realizar essa conversão, atrasando o progresso da atividade. Ainda assim, com o suporte dos pesquisadores e a colaboração entre os estudantes, o grupo conseguiu finalizar a tarefa.

#### *5.2.1.2.3 Análise da Atividade 7*

A Atividade 7 consistiu na experimentação e instalação do pluviopet construído pelos estudantes, com o objetivo de explorar conceitos geométricos e matemáticos por meio de questões práticas e posterior construção de um calendário de chuvas. Os estudantes trabalharam com áreas, volumes e índices pluviométricos, aplicando esses conceitos à realidade da medição de água da chuva.

A dinâmica prática e interativa dessa atividade levou à escolha de descritores de análise, em vez de categorias, para capturar nuances do processo de aprendizagem. O uso de descritores proporcionou uma análise mais flexível, capaz de avaliar o engajamento dos estudantes, suas dificuldades cognitivas e a intervenção docente.

#### **• Descritor de Análise D - Dificuldades Cognitivas**

A análise das dificuldades cognitivas enfrentadas pelos estudantes revelou problemas significativos na compreensão e aplicação de conceitos geométricos e matemáticos. Todos os grupos demonstraram dificuldades para lembrar e aplicar corretamente conceitos fundamentais como diâmetro, circunferência e área de captação, o que impactou diretamente a execução de cálculos básicos. Embora os estudantes tenham conseguido, com orientação, determinar corretamente algumas

dimensões do pluviômetro (como a altura e o índice pluviométrico máximo), os erros surgiram na aplicação das fórmulas e na substituição de dados.

O Grupo Pudim foi capaz de calcular corretamente todas as dimensões solicitadas, como altura, circunferência e índice pluviométrico, e chegou a aplicar corretamente a fórmula para o cálculo do volume de captação. No entanto, enfrentaram dificuldades em questões subsequentes, especialmente na Questão 5, onde usaram o diâmetro no lugar do raio ao quadrado, resultando em um cálculo incorreto da área de captação.

**Figura 30 - Grupo Pudim: Resposta da questão 5 da atividade 7**

Handwritten work for Question 5 showing the calculation of the area of capture. The student uses the formula  $A = 3,14 \cdot 9,5$ , where  $9,5$  is circled in red. A blue callout box indicates that the correct radius squared should be  $(4,75)^2$ . The final result calculated is  $A = 293,30$ .

Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

O Grupo Água Mineral, apesar de também ter determinado corretamente as dimensões do pluviômetro, cometeu erros ao calcular a área da base e confundiu a área de captação com o comprimento da circunferência. Esses equívocos demonstram uma desatenção significativa ao substituir os dados nas fórmulas e ao realizar os cálculos.

**Figura 31 - Grupo Água Mineral: Resposta da questão 4 da Atividade 7**

Handwritten work for Question 4. The student asks for the maximum volume of water in liters. They use the formula  $V = ab \cdot h$ , where  $11$  is circled in red. They calculate  $ab = 3,14 \cdot 4^2 = 40$  and  $V = 253 \text{ l}$ . A blue callout box shows the correct calculation:  $\text{Área da base} = 3,14 \cdot 4^2 = 50,24 \text{ cm}^2$  and  $\text{Volume} = \text{área da base} \cdot \text{altura pluviômetro} = 50,24 \cdot 23 = 1 155,52 \text{ ml} = 1,15 \text{ l}$ . On the right, a vertical calculation shows  $3,14 \cdot 16 = 50,24$ , with  $50,24$  circled in red.

Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

O Grupo TPDMN enfrentou dificuldades distintas: eles não conseguiram identificar que a altura do pluviômetro correspondia ao índice pluviométrico máximo e confundiram o comprimento da circunferência com o diâmetro, o que comprometeu o cálculo do volume de captação. Ainda assim, conseguiram calcular corretamente a área de captação na Questão 5, mostrando uma compreensão parcial dos conceitos.

**Figura 32 - Grupo TPDMN: Respostas da atividade 7**

Handwritten student work on lined paper showing calculations for a pluviometer problem. The work includes several errors circled in red and corrected with blue callouts:

- 1- 23,5 cm apartir do zero.  $23,5 = 235$  milímetros. **IP= altura pluviopet = 23,5cm**
- 2- **26** cm índice pluviométrico máximo. **Diâmetro = 8cm**  
**Circunferência = 27cm**
- 3. Circunferência em cm 8. em mm 80. **Diâmetro = 27.**  
**cm = 8 cm**  
mm = 270.  $\pi r^2$
- 4-  $Ab \cdot h = 1,52 L$ . **Volume = área da base . altura**  
**= 50,24 . 23,5**  
**= 1180,64 cm<sup>3</sup> = 1,2 l**
- 5- **7 . 26**  
 $A = 3,14 \cdot 16$   
 $A = 50,24 L$

**Fonte:** Relatório de Pesquisa (2024).

Essas dificuldades sugerem que, apesar do esforço e da orientação recebida, os estudantes não consolidaram de forma adequada os conceitos matemáticos envolvidos, especialmente aqueles relacionados a áreas, volumes e cálculos geométricos. Vale destacar que esses conceitos fazem parte do currículo da turma e são desenvolvidos ao longo de todo o ensino médio, com a orientação da professora de Matemática, seguindo as diretrizes do Documento Curricular de Goiás.

A atividade também buscou alinhar-se a habilidades da Base Nacional Comum Curricular, como a habilidade EM13MAT201, que incentiva os estudantes a participarem de ações que envolvem medições e cálculos de perímetro, área, volume e capacidade em demandas reais da comunidade, e a habilidade EM13MAT309, que envolve a resolução de problemas que exigem o cálculo de áreas e volumes de sólidos geométricos em situações práticas. No entanto, as dificuldades observadas nesta atividade revelam que, mesmo com a repetida abordagem desses conceitos ao longo

do ensino médio, os estudantes ainda apresentam lacunas significativas na aplicação prática dos mesmos, como evidenciado no cálculo do volume de captação de água com o pluviômetro construído.

- **Descritor de Análise E - Intervenção Docente**

A análise da intervenção docente focou no equilíbrio entre a orientação oferecida e o estímulo à autonomia dos estudantes.

Durante a Atividade 7, os pesquisadores entrevistaram com frequência, principalmente para esclarecer conceitos e fornecer suporte técnico. Entretanto, ao longo da atividade, percebeu-se que, em algumas ocasiões, a ajuda excessiva acabou uniformizando as resoluções dos grupos. Esse tipo de intervenção contraria as orientações de Stein *et al.* (2008) e Canavarro (2011), que defendem que o professor deve propor problemas desafiadores e permitir que os estudantes explorem suas próprias estratégias antes de receberem orientação direta. A intensa participação dos pesquisadores durante o período de monitoria limitou o desenvolvimento de estratégias autônomas pelos estudantes, o que reduziu as oportunidades de aprendizagem exploratória. Isso demonstra um desafio para o professor, que deve resistir à tentação de intervir excessivamente durante o processo de aprendizagem.

- **Descritor de Análise F - Validação do Modelo**

A coleta de dados sobre as chuvas na região da escola enfrentou desafios significativos, principalmente devido à irregularidade das precipitações e ao fato dos estudantes esquecerem de monitorar os pluviômetros. Essas dificuldades comprometeram a validação do modelo do pluviômetro e impossibilitaram a construção de um calendário de chuvas. No entanto, a experiência prática proporcionada pela atividade foi valiosa para a compreensão dos conceitos matemáticos pelos estudantes.

Embora a validação completa do modelo não tenha sido atingida, conforme argumenta Bassanezi (2015), isso não é essencial quando o foco principal é engajar os estudantes e promover o desenvolvimento do conteúdo matemático. Assim, acreditamos que a atividade, apesar das limitações, contribuiu para o aprendizado e a aplicação prática dos conceitos envolvidos.

**Figura 33 - Instalação dos pluviopets**



Fonte: Relatório da pesquisa (2024).

## **Análise Geral**

A Atividade 7 revelou um alto nível de engajamento dos estudantes, que, apesar das dificuldades cognitivas, estavam motivados e interessados em resolver os problemas propostos. As lacunas no entendimento de conceitos geométricos e matemáticos básicos, como o cálculo de circunferência e volume, indicam a necessidade de reforçar esses conteúdos em atividades futuras. A intervenção docente, embora essencial para superar algumas dessas dificuldades, foi reconhecida como excessiva em alguns momentos, limitando a autonomia dos estudantes na resolução de problemas. Esse fato desvia da abordagem sugerida por Canavarro, que recomenda

Controlar as questões e comentários que se oferecem aos estudantes durante a apresentação da tarefa e durante o trabalho autônomo de modo a não lhes indicar <<a>> estratégia a seguir - isto reduziria o desafio intelectual e uniformizar as resoluções, diminuindo o potencial da discussão matemática (Canavarro, 2011, p. 17).

### **5.2.2 Análise das Atividades de Modelagem Matemática da Captação de Água da Chuva**

Na continuidade do projeto, avançamos com a análise das variáveis necessárias para a modelagem da captação de água da chuva, com o objetivo de orientar os estudantes na elaboração de um modelo de reservatório ou cisterna a ser

instalado na escola. Essa análise abrangeu o estudo das características do ambiente escolar, incluindo a área de captação e a capacidade de armazenamento necessária para atender às demandas da instituição. O desenvolvimento desse modelo representa um avanço significativo na implementação de práticas sustentáveis de gestão da água na escola, além de “[...] incentivar a pesquisa; promover a habilidade de formular e resolver problemas; [...] aplicar o conteúdo matemático; e desenvolver a criatividade” (Biembengut; Hein, 2021) dos estudantes.

As atividades relacionadas à modelagem matemática da captação de água da chuva iniciaram-se pela etapa de matematização. Durante a fase de interação com a modelagem da precipitação, os estudantes realizaram diversas investigações que aprofundaram seu entendimento sobre o tema. Embora o foco tenha sido na matematização, pesquisas adicionais foram realizadas conforme necessário para complementar o conhecimento dos estudantes. A seguir, apresentamos a análise das atividades realizadas nas etapas de matematização e desenvolvimento do modelo matemático, que serão abordadas de forma integrada.

#### 5.2.2.1 Análise da Etapa de Matematização e Modelo Matemático

As etapas de Matematização e Modelo Matemático foram desenvolvidas ao longo de 10 aulas, conforme detalhado nos planejamentos VII, VIII, IX e X (Apêndice H). Durante essas aulas, foram propostas as seguintes atividades:

- Atividade 8: Escolha pelos grupos do melhor local para a instalação do reservatório/cisterna para captação de água da chuva; cálculo da área de captação com o auxílio de instrumentos de medição e um teodolito construído pelos próprios grupos.
- Atividade 9: Discussão sobre o calendário de chuvas com base em dados fornecidos por sites meteorológicos de Anápolis, já que os dados fornecidos pelos *pluviopets* não foram suficientes; determinação do volume de captação do reservatório com base na área encontrada pelos grupos e no índice pluviométrico de Anápolis para o mês de escolhido.
- Atividade 10: Determinação das dimensões do reservatório; construção de um projeto em escala do reservatório idealizado; exposição e discussão dos projetos comparando os volumes estimados e analisando a possibilidade de economia de água.

#### 5.2.2.2.1 Análise da Atividade 8

Na Atividade 8 os grupos foram responsáveis por selecionar o melhor local para a instalação do reservatório ou cisterna para a captação de água da chuva. Utilizando instrumentos de medição e um teodolito construído pelos próprios estudantes, realizaram a medição e o cálculo da área do telhado do teatro/refeitório, local escolhido pelos grupos como ideal para a instalação do sistema de captação.

Durante esse processo, foram realizadas aulas expositivas sobre temas matemáticos emergentes, como o teorema de Pitágoras e as razões trigonométricas, para auxiliar os estudantes no uso do teodolito e na aplicação de conceitos trigonométricos para o cálculo de medidas inacessíveis.

Na realização das medições, houve grande engajamento dos estudantes, apesar das dificuldades no uso de instrumentos como trena, régua e fita métrica. Apesar dessas dificuldades iniciais, a atividade prática contribuiu para uma melhoria na compreensão e no uso desses instrumentos pelos estudantes. Contudo, as discrepâncias nas medidas obtidas por diferentes grupos para o mesmo espaço sugerem erros na aplicação dos instrumentos de medição, indicando a necessidade de maior prática e supervisão (Figura 34).

**Figura 34 - Medições do telhado do teatro e da sala de aula**



Fonte: Relatório da pesquisa (2024).

- **Descritor de Análise G: Dificuldades na Aplicação de Conceitos Matemáticos**

Todos os grupos apresentaram dificuldades significativas na compreensão e aplicação de conceitos trigonométricos (razões trigonométricas) e geométricos (teorema de Pitágoras, cálculo de área) para determinarem as dimensões do telhado. Essas dificuldades exigiram maior orientação dos pesquisadores, o que pode ter levado a uma uniformização nas resoluções dos grupos, minimizando as diferenças nos processos utilizados para resolver a atividade.

Os integrantes do Grupo Pudim participaram de forma ativa nas medições, no entanto, a falta de organização e a imprecisão nos dados coletados comprometeram a aplicação correta dos cálculos das dimensões e da área do telhado. Além disso, ao somarem as áreas de captação do telhado do teatro e da sala, cometeram um erro que resultou em uma área menor do que a esperada, considerando as medidas obtidas (Figura 35).

**Figura 35 - Grupo Pudim: Área de captação encontrada pelo grupo**

Handwritten calculations for the Pudim group:

$$A_T = 509 \cdot 1700 = 865.300 \text{ cm}^2$$

$$A_3 = 1425 \cdot 492,17 = 701.492,29 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 835,75$$

$$A_{\text{exp}} = A_T + A_3 = 865.300 + 701.492,29 = 1.566.792,29 \text{ cm}^2$$

$$\approx 156,68 \text{ m}^2$$

Annotations: A blue box highlights "Área = 156,38m²" and a red circle highlights the final result "≈ 156,68 m²".

Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

O grupo TPDMN e o grupo Água Mineral também enfrentaram problemas nos cálculos das áreas de captação, principalmente nas conversões e unidades de medidas. Apesar disso, o grupo Água Mineral conseguiu chegar num valor mais próximo da realidade do que os demais, como podemos verificar na Figura 36.

**Figura 36 - Grupo Água Mineral: Área de captação encontrada pelo grupo**

Handwritten calculations for the Água Mineral group:

$$A_T = \text{comp.} \cdot \text{larg.}$$

$$A_T = 2126 \cdot 520,78$$

$$A_T = 1.107.478,28 \text{ cm}^2$$

$$A_T = 110,77 \text{ metros}$$

Annotations: A blue box highlights "Compr. sala = 20m = 2000cm" and a red circle highlights "4654,434,42 cm²".

Handwritten calculations for the Água Mineral group:

$$A_5 = \text{comp.} \cdot \text{largura} = (c)$$

$$A_5 = 4654,434,42 \text{ cm}^2$$

$$A_5 = 202,17 \text{ metros}^2$$

$$A_5 = 202,17 \text{ metros}^2$$

Annotations: A blue box highlights "Compr. sala = 20m = 2000cm" and a red circle highlights "4654,434,42 cm²".

Handwritten calculations for the Água Mineral group:

$$A_c = A_T + A_5$$

$$A_c = 110,77 + 202,17 \text{ m}^2$$

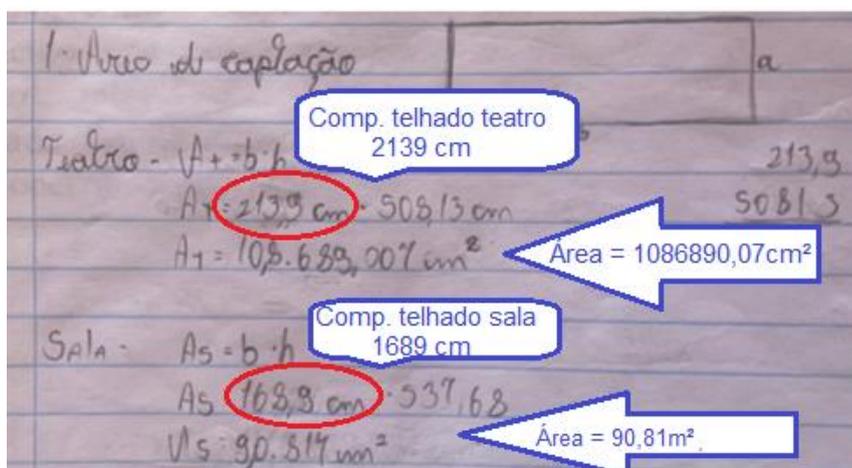
$$A_c = 312,87 \text{ m}^2$$

Annotation: A blue arrow points to the final result "312,87 m²" with the text "Área superior ao esperado".

Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

O grupo TPDMN conseguiu encontrar uma área de captação mas inferior ao esperado, o que leva a acreditar que cometeram erros nas medições e conversões entre unidades (Figura 37).

**Figura 37 - Grupo TPDMN: Área de captação encontrada pelo grupo**



Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

#### 5.2.2.2.2 Análise das Atividades 9 e 10

Nas Atividades 9 e 10, os estudantes foram orientados a trabalhar com variáveis fundamentais para o cálculo do volume de captação de água da chuva, utilizando dados da área de captação encontrados pelos grupos e o índice pluviométrico de Anápolis para o mês de novembro, utilizando a fórmula  $\text{Volume} = \text{Área de captação}(\text{m}^2) \times \text{Índice Pluviométrico}(\text{mm})$ . Como os dados obtidos pelos *pluviopets* não foram suficientes para a construção de um calendário de chuvas da escola, os estudantes acessaram informações meteorológicas em sites como Agritempo e Climatedo, conforme indicado pelos pesquisadores.

Após o cálculo do volume de captação, os grupos avançaram para a Atividade 10, onde deveriam determinar as dimensões de um reservatório com base nos volumes calculados e desenvolver um projeto em escala. Essa etapa foi concluída com a exposição e discussão dos projetos, avaliando também a viabilidade da economia de água com o uso de um sistema de captação. A análise foi conduzida utilizando descritores com uma abordagem hermenêutica, que considera a interpretação dos dados a partir das interações e da construção coletiva do conhecimento.

- **Descritor de Análise H: Aplicação de Conceitos Matemáticos e Obtenção do Volume de Captação**

Os estudantes apresentaram dificuldades significativas na aplicação dos conceitos matemáticos, especialmente em cálculos de conversão de unidades e na compreensão da relação entre área de captação, índice pluviométrico e volume de água captada. Esse tipo de dificuldade está diretamente relacionado às habilidades (EM13MAT201) e (EM13MAT309), que envolvem a participação em ações locais que demandam medições e cálculos de perímetro, área e volume, além da resolução de problemas reais que utilizam conceitos de geometria e cálculo volumétrico. Apesar das dificuldades, todos os grupos conseguiram determinar um volume de captação. No entanto, os resultados variaram bastante devido a erros de medições e nos cálculos.

O Grupo Pudim conseguiu obter um volume de captação, menor do que seria esperado devido ao fato de não terem obtido uma área de captação mais exata.

**Figura 38 - Grupo Pudim: volume de captação**

Handwritten calculation on lined paper:

$$V = A_{cap} \cdot IP$$

$$V = 70 \text{ m}^2 \cdot 190 \text{ mm} = 13.300 \text{ L}$$

A blue callout box contains the text: "Volume encontrado inferior ao esperado".

Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

O Grupo TPDMN, por sua vez, teve problemas recorrentes com unidades de medida e a pontuação decimal, resultando em um volume também inferior ao esperado.

**Figura 39 - Grupo TPDMN: volume de captação**

Handwritten calculation on lined paper:

2 - Volume captação

$$V = A_{base} \cdot h \Leftrightarrow V = A_{cap} \cdot IP$$

Área total = 199,8m<sup>2</sup>

$$V = 19,55 \cdot 190$$

$$V = 3736,5$$

Volume = 37,9L

IP novembro - 190 mm

Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

O Grupo Água Mineral obteve um volume próximo ao esperado, embora levemente superestimado devido à imprecisão na área de captação (Figura 40).

**Figura 40 - Grupo Água Mineral: volume de captação**

Handwritten calculations on lined paper:

- Top right: Novembro em Anópolis: 190 mm → IP
- Equation:  $V_c = A_{cap} \cdot IP$  where  $A_{cap}$  is in  $m^2$ .
- Equation:  $V_c = 312,87 m^2 \cdot 190 mm$
- Equation:  $V_c = 59.445,3 Litros$
- Boxed note: 1 mm de chuva  $\Leftrightarrow$  1 l/m<sup>2</sup>

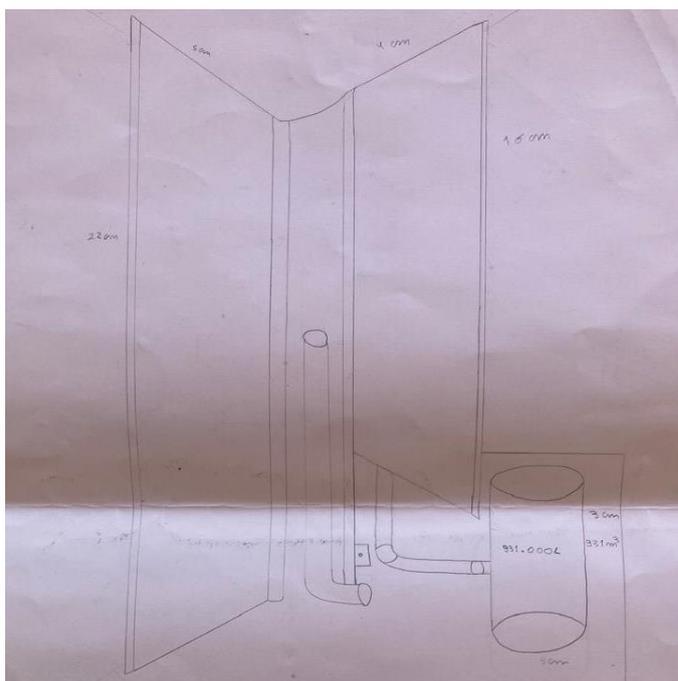
Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

- **Descritor de Análise I: Dimensionamento do reservatório**

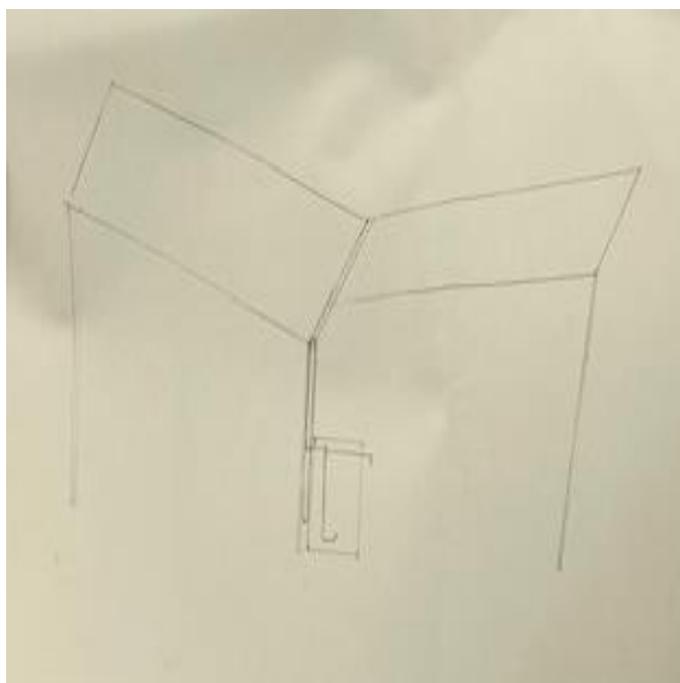
Nenhum dos grupos conseguiu dimensionar o reservatório adequadamente de acordo com o volume obtido. A dificuldade em transformar os cálculos em um projeto concreto demonstra uma barreira na transição entre a modelagem teórica e a aplicação prática dos conceitos geométricos e matemáticos. Esse desafio está intimamente relacionado à habilidade (EM13MAT309) da BNCC, que prevê a resolução de problemas reais envolvendo volumes de sólidos geométricos, como o cálculo de materiais necessários para a construção ou revestimento de objetos.

- **Descritor de Análise J: Desenvolvimento do Projeto do Reservatório**

Embora nenhum grupo tenha utilizado uma escala correta ou determinado as dimensões exatas do reservatório, todos apresentaram um esboço do projeto, evidenciando seu empenho em concluir a atividade (Figuras 41, 42 e 43). O desenvolvimento de projetos e a criação de esboços, ainda que imprecisos, são atividades que incentivam a criatividade e a experimentação, princípios valorizados tanto pela Modelagem Matemática quanto pelo ensino exploratório. As falhas nos esboços também proporcionaram oportunidades para discussões e reflexões sobre os erros cometidos, o que está em consonância com o processo de aprendizagem ativa.

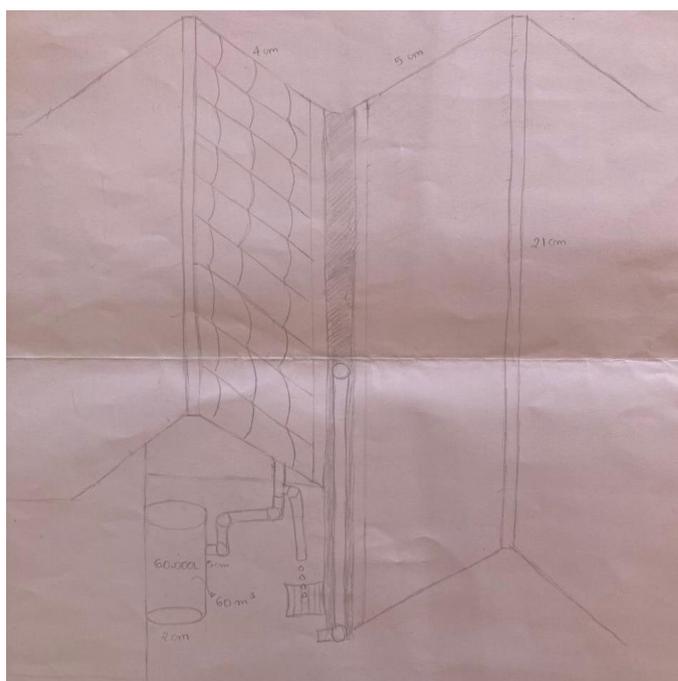
**Figura 41 - Projeto Grupo Pudim**

Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

**Figura 42 - Projeto Grupo TPDMN**

Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

**Figura 43 - Projeto Grupo Água Mineral**



**Fonte:** Relatório de Pesquisa (2024).

- Descritor de Análise K: Discussões sobre possibilidade de economia de água

Após as exposições dos projetos, os pesquisadores realizaram uma síntese com os grupos sobre a viabilidade de suas propostas e a potencial economia de água. As discussões mostraram que os estudantes reconheceram as discrepâncias em seus cálculos e medições, e, com apoio dos pesquisadores, refizeram parte dos cálculos. A partir das novas medições realizadas pelos alunos e os pesquisadores, foi encontrada uma área de captação de aproximadamente  $236,51 \text{ m}^2$  e um volume estimado de  $45 \text{ m}^3$  para o mês de novembro.

A análise conjunta de uma fatura de água da escola serviu para evidenciar o impacto positivo da captação de água da chuva. Os estudantes foram capazes de perceber as implicações econômicas e ambientais do projeto, mostrando interesse nas possibilidades de economia de água potável para a limpeza e manutenção da escola. Essa etapa dialoga diretamente com a habilidade (EM13MAT201), ao possibilitar que os estudantes participem de ações que envolvem medições e cálculos de volumes e áreas, aplicados a demandas da comunidade local, como a economia de água.

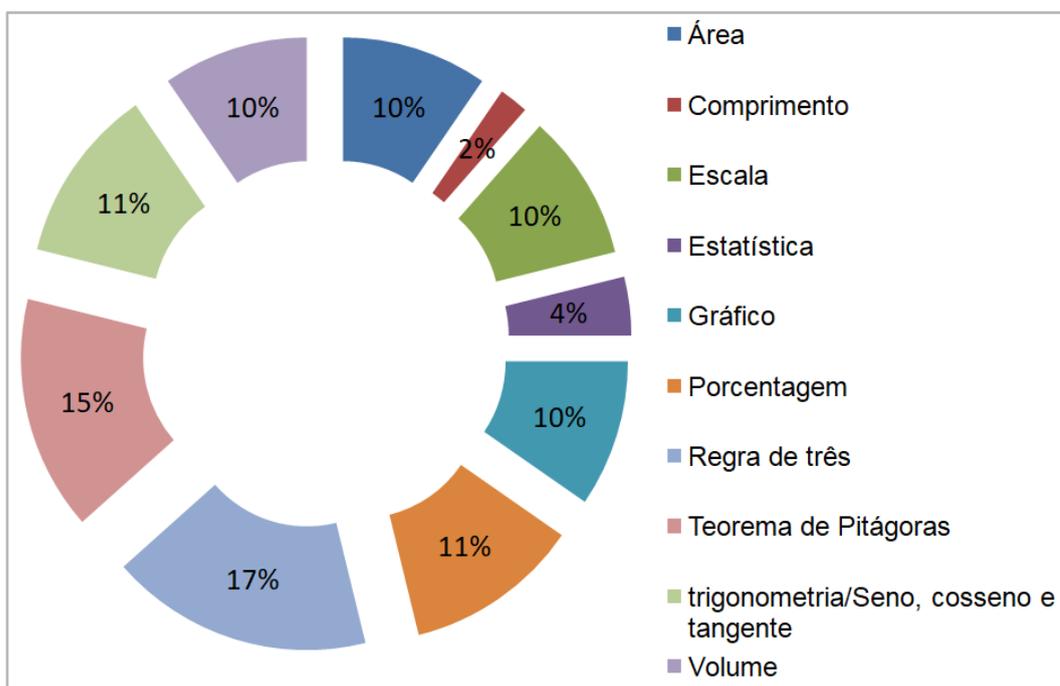
### 5.3 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS APÓS O PROJETO

#### 5.3.1 Questionário final aplicado aos estudantes

Para avaliar os impactos do projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva sobre o aprendizado e engajamento dos estudantes, foi aplicado um questionário ao final do projeto. A primeira pergunta tinha como objetivo medir o impacto da participação no projeto sobre a motivação dos estudantes em relação ao estudo da Matemática. Dos 15 estudantes que responderam, 12 indicaram que o projeto teve um impacto "razoável", enquanto 2 afirmaram que o impacto foi "muito" positivo. Apenas 1 estudante considerou que a motivação foi "pouca". Esses resultados sugerem que, embora o projeto tenha despertado o interesse na maioria dos estudantes, ainda há espaço para estratégias que aumentem a motivação de forma mais significativa.

A segunda pergunta buscou identificar se os estudantes perceberam uma contribuição efetiva do projeto para o seu aprendizado de Matemática. Cinco estudantes afirmaram que o projeto contribuiu de forma significativa, enquanto 9 consideraram que a contribuição foi moderada. Apenas 1 estudante afirmou que o projeto não contribuiu para seu aprendizado, justificando que ainda havia questões que ele gostaria de compreender. As justificativas dadas pelos demais destacam a aplicação prática dos cálculos e a exposição a novos conceitos, o que reforça a relevância de projetos como esse para promover um aprendizado mais concreto e contextualizado.

Na terceira pergunta, foi solicitado que os estudantes identificassem os conceitos matemáticos trabalhados durante o projeto, com o objetivo de verificar quais tópicos foram mais reconhecidos pelos estudantes, representados no Gráfico 4. As respostas indicaram que conceitos como regra de três (9 menções), Teorema de Pitágoras (8 menções) e porcentagem (6 menções) foram os mais destacados. Outros conceitos mencionados foram escala, trigonometria, volume e área. Alguns estudantes, no entanto, demonstraram dificuldade em compreender a pergunta.

**Gráfico 3 - Conceitos matemáticos Identificados pelos Estudantes**

Fonte: Relatório de Pesquisa (2024).

A quarta pergunta investigou se o projeto contribuiu para o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas. Todos os 15 estudantes responderam afirmativamente, destacando aspectos como a aplicação prática dos conteúdos e uma melhor visão para analisar os problemas de maneira mais coerente. Essas respostas evidenciam que o projeto foi eficaz em proporcionar aos estudantes um ambiente para aplicar suas habilidades de resolução de problemas em contextos reais.

Na quinta pergunta, os estudantes foram questionados sobre o impacto do projeto em seu pensamento crítico. A grande maioria (14 estudantes) afirmou que o projeto contribuiu positivamente para o desenvolvimento dessa habilidade. Uma aluna comentou que o projeto a ensinou a buscar soluções em vez de apenas apontar problemas, e outro estudante afirmou que o projeto o ajudou a "pensar melhor". Esses resultados são consistentes com o objetivo da modelagem matemática de fomentar o pensamento crítico através da análise de situações reais.

A sexta pergunta teve como objetivo avaliar se o projeto incentivou o trabalho em equipe. Dos 15 estudantes, 13 relataram que o projeto contribuiu positivamente nesse aspecto. Os estudantes mencionaram o aprendizado em ouvir e colaborar com os colegas, e alguns até relataram mudanças significativas em sua postura em relação

ao trabalho em equipe. Esse dado reflete a importância de projetos colaborativos na educação para o desenvolvimento de habilidades interpessoais.

Por fim, a sétima pergunta procurou avaliar a percepção dos estudantes sobre a modelagem matemática como estratégia de ensino. A maioria dos estudantes (12) acredita que a modelagem matemática pode ser uma estratégia eficaz, justificando que ela torna as aulas mais práticas, interessantes e divertidas. Uma aluna destacou que essa abordagem "nos faz querer aprender e não apenas precisar", demonstrando que a aplicação da modelagem pode aumentar o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem.

Esses resultados confirmam a relevância do uso da modelagem matemática em sala de aula, tanto para o desenvolvimento de habilidades matemáticas quanto para o engajamento e a motivação dos estudantes. Contudo, também evidenciam a necessidade de ajustes e de um planejamento contínuo para atender às diferentes necessidades e ritmos de aprendizagem dos estudantes.

### **5.3.2 Questionário Final aplicado à Professora da Turma**

Após a conclusão do projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva, um questionário foi aplicado à professora regente da turma para avaliar seu ponto de vista sobre o impacto da iniciativa. A professora concordou totalmente que o projeto contribuiu para seu próprio aprendizado em metodologias diferenciadas, sugerindo que o projeto proporcionou a ela uma oportunidade de crescimento profissional. Esse aspecto revela o potencial dos projetos de modelagem matemática como ferramentas de formação continuada, ampliando o conhecimento e a experiência dos professores, além de envolver os estudantes.

Em relação ao interesse dos estudantes, a professora descreveu como "muito baixo", o que está em conformidade com suas observações iniciais. Esse baixo nível de engajamento pode estar ligado a fatores externos, como a desmotivação geral dos estudantes em relação à disciplina, exigindo novas estratégias pedagógicas para estimular a participação ativa. Contudo, ela destacou que o tema da captação da água da chuva influenciou positivamente o engajamento dos estudantes, mostrando que, quando expostos a questões práticas e contextualizadas, os estudantes se envolvem mais com os conteúdos.

Sobre o desenvolvimento de habilidades matemáticas, a professora destacou o fortalecimento do pensamento crítico dos estudantes durante o projeto, o que é um resultado expressivo, já que essa habilidade é essencial para a resolução de problemas matemáticos e de situações do cotidiano. A ênfase no pensamento crítico mostra que o projeto conseguiu ir além da simples transmissão de conceitos matemáticos, estimulando uma abordagem mais reflexiva e investigativa por parte dos estudantes.

Além disso, a professora afirmou que o projeto contribuiu para a conscientização ambiental dos estudantes, ajudando-os a perceber a importância de ações coletivas voltadas para a preservação do meio ambiente. Esse aspecto revela o caráter interdisciplinar da proposta, que conseguiu unir o ensino de matemática com a formação de valores cidadãos, promovendo uma educação integral.

Quanto aos pontos fortes do projeto, a professora destacou a relação entre cidadania e conservação ambiental, evidenciando que o projeto foi capaz de engajar os estudantes não apenas em termos matemáticos, mas também em relação à responsabilidade social e ambiental. No entanto, ela apontou a falta de materiais individualizados para os estudantes como uma limitação significativa, sugerindo que a disponibilidade de recursos adequados, não especificados pela professora, poderia ter facilitado a execução das atividades e aumentado o envolvimento dos estudantes.

Em relação ao desempenho em matemática, a professora observou que, apesar das dificuldades enfrentadas pelos estudantes, o projeto teve um impacto positivo. Os estudantes começaram a perceber a relevância da matemática fora do ambiente escolar, reconhecendo sua aplicabilidade em cálculos e problemas do dia a dia. Esse resultado reforça o potencial da modelagem matemática como uma abordagem pedagógica que conecta o aprendizado com a realidade.

A professora também defendeu a replicação do projeto em outras turmas e escolas, destacando que o caráter concreto e diferenciado das atividades pode beneficiar um número maior de estudantes. Segundo ela, muitos estudantes respondem melhor a esse tipo de aula, que traz conceitos teóricos para situações práticas, tornando o ensino de matemática mais acessível e interessante.

Como sugestão de melhoria, a professora propôs que os estudantes tivessem a oportunidade de visitar ambientes em que a captação da água da chuva é aplicada na prática, como locais de armazenamento e tratamento. Essa expansão poderia

oferecer uma visão mais abrangente e realista do tema, consolidando ainda mais o aprendizado por meio de experiências fora da sala de aula.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo investigar como a implementação de um projeto de Modelagem Matemática sobre a Captação de Água da Chuva pode influenciar o ensino e a aprendizagem de Matemática, bem como fomentar a conscientização ambiental entre estudantes do Ensino Médio. A pesquisa foi desenvolvida por meio de uma sequência didática estruturada a partir dos princípios do Ensino Exploratório, uma abordagem que incentiva os estudantes a construírem ativamente seu conhecimento por meio da resolução de problemas contextualizados. A pesquisa foi guiada pela metodologia qualitativa e as análises dos dados foram realizadas com base na Análise de Conteúdo de Bardin.

A Modelagem Matemática, conforme discutido por autores como Bassanezi (2015) e Biembengut (2016), demonstrou ser uma ferramenta pedagógica poderosa ao conectar os conceitos matemáticos à realidade vivida pelos estudantes. As atividades desenvolvidas promoveram uma aprendizagem significativa, na medida em que exigiam dos estudantes a aplicação de conceitos geométricos e trigonométricos para resolver problemas reais, como a determinação de áreas de captação de água e volumes de reservatórios. Além disso, a Modelagem Matemática permitiu uma conexão direta com as habilidades previstas na BNCC, como a (EM13MAT201), que incentiva os estudantes a participarem de ações que envolvem medições e cálculos voltados para demandas da comunidade, e a (EM13MAT309), que trata da resolução de problemas envolvendo o cálculo de áreas e volumes em situações reais.

Ao longo das atividades, ficou evidente que o Ensino Exploratório trouxe desafios tanto para os estudantes quanto para os pesquisadores. A necessidade de balancear a autonomia dos estudantes com intervenções adequadas foi uma constante. Embora as intervenções dos pesquisadores tenham sido necessárias em alguns momentos para esclarecer conceitos e direcionar os estudantes, houve uma reflexão contínua sobre a importância de respeitar o processo investigativo dos estudantes, conforme orientado por Canavarro (2011). A ideia de resistir à tentação de intervir excessivamente foi uma lição importante ao longo da implementação do projeto, pois o aprendizado mais significativo ocorreu quando os estudantes tiveram a oportunidade de explorar e construir suas próprias soluções.

No que se refere ao impacto ambiental, a conscientização promovida pelo projeto foi um dos pontos altos. Os estudantes não apenas se engajaram com os

conceitos matemáticos, mas também demonstraram um interesse crescente nas questões relacionadas ao uso sustentável da água. Durante as discussões, os estudantes refletiram sobre como a captação de água da chuva pode ser uma solução viável para a economia de água potável em suas comunidades, reconhecendo a relevância das ações que propuseram.

Contudo, as atividades também evidenciaram dificuldades importantes. Muitos estudantes apresentaram dificuldades cognitivas na aplicação de conceitos fundamentais como circunferência, diâmetro e volume. Apesar de esses tópicos fazerem parte do currículo regular da turma e estarem contemplados nas habilidades da BNCC, observou-se que a compreensão dos conceitos não estava suficientemente consolidada, conforme previsto nos objetivos do ensino de Matemática para o Ensino Médio.

O produto educacional gerado a partir deste estudo foi uma sequência didática desenvolvida para apoiar outros professores que desejam implementar um projeto semelhante em suas escolas, disponível no site da EduCapes. A sequência didática serve como uma ferramenta prática que orienta o planejamento e a execução de atividades de Modelagem Matemática em consonância com o Ensino Exploratório, voltadas à captação de água da chuva, facilitando a integração entre teoria e prática no ensino de Matemática, além de incentivar a conscientização ambiental.

Por fim, os resultados deste estudo sugerem que a Modelagem Matemática e o Ensino Exploratório são abordagens complementares e eficazes para promover a autonomia, o raciocínio matemático e a resolução de problemas entre os estudantes, ao mesmo tempo em que fortalecem o desenvolvimento de competências importantes para a cidadania e a sustentabilidade. Espera-se que este projeto sirva como um exemplo da relevância de integrar práticas pedagógicas inovadoras no ensino de Matemática, abrindo caminho para novas pesquisas que explorem o potencial da Modelagem em outros contextos e disciplinas.

## REFERÊNCIAS

- ÁGUA recurso finito. [S. l.: s. n.], 2016. 1 vídeo (5 min). Publicado pelo canal Washington Lemos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=D7XOgvcPuus&list=PL7jXiHIZusCASqJ0tXad5nHr1elmjTx0D&index=1>. Acesso em: 29 abr. 2023.
- ANA, Agência Nacional de Águas. **Declaração Universal dos Direitos da Água ONU**.2021. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/destaques-progestao/semana-da-agua-movimenta-a-agenda-de-recursos-hidricos-nos-estados/onu-declaracao-universal-dos-direitos-da-agua.pdf/view>. Acesso em: 29 abr. 2023.
- ALMEIDA, L. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem matemática na educação básica**. São Paulo: Contexto, 2021.
- ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Vitória, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/items/f9e207bf-dc52-427a-9ac8-93ef1e47f2da>. Acesso em: 15 maio 2023.
- ASSIS, L. M. E.; MALAVAZI, M. C.; PETRY, P. P. C.; ASSIS, R. A.; PAZIM, R. (org.). **Projetos e modelagem matemática no ensino superior**. Belém: RFB editora, 2020.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARBOSA, J. C. Modelagem matemática: O que é? Por quê? Como? **Veritati**, Salvador, n. 4, p. 73-80, 2004.
- BARBOSA, J. C. Modelagem na educação matemática: contribuições para o debate teórico. *In*: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24., 2001, Caxambu. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ANPED, 2001. 1 CD-ROM.
- BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. São Paulo, SP: Contexto, 2002.
- BASSANEZI, R. C. **Modelagem matemática**: teoria e prática. São Paulo: Contexto, 2015.
- BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem matemática no ensino**. 5. ed. São Paulo: Contexto, 2021.
- BIEMBENGUT, M. S. Modelagem na educação matemática e na ciência. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

BOAVONTADE.COM, Infográficos. Disponível em: <https://www.boavontade.com/pt/ecologia/infografico-dados-mostram-panorama-mundial-da-situacao-da-agua-0>. Acesso em: jun. 2023

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Portugal: Porto Editora, 1994.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**: educação é a base. Brasília: MEC, 2018a. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 29 maio. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**: educação é a base. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <https://www.alex.pro.br/BNCC%20Matem%C3%A1tica%20e%20suas%20Tecnologias.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018**. Atualiza as diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio. Brasília: MEC, 2018b. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/novembro-2018-pdf/102481-rceb003-18/file>. Acesso em: 12 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **PISA 2022**: itens públicos de matemática. Brasília, DF: Inep, 2023. Disponível em: [https://download.inep.gov.br/acoes\\_internacionais/pisa/itens/2022/PISA2022\\_Itens\\_publicos\\_de\\_matematica.pdf](https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/itens/2022/PISA2022_Itens_publicos_de_matematica.pdf). Acesso em: 20 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Integração. Agência Nacional de Águas. **Declaração universal dos direitos da água ONU**. Brasília: Ministério da Integração, 2021. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/destaques-progestao/semana-da-agua-movimenta-a-agenda-de-recursos-hidricos-nos-estados/onu-declaracao-universal-dos-direitos-da-agua.pdf/view>. Acesso em: 29 abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Integração. Agência Nacional de Águas. **Relatório conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023** – informe anual. Brasília: Ministério da Integração, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/relatorio-conjuntura-dos-recursos-hidricos-no-brasil-atualiza-informacoes-sobre-aguas-do-pais>. Acesso em: 29 abr. 2023.

BURAK, D. **Modelagem matemática**: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem. 1992. 2v. Tese (doutorado)-Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP, 1992. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1576775>. Acesso em: 25 set. 2023.

BURAK, D. Modelagem matemática sob um olhar de educação matemática e suas implicações para a construção do conhecimento matemático em sala de aula. **Revista de Modelagem na Educação Matemática**, v. 1, p. 10-27, 2010. Disponível

em: <https://mid-educacao.curitiba.pr.gov.br/2017/10/pdf/00156542.pdf>. Acesso em: 25 out. 2023.

BURAK; D.; ARAGÃO, R. M. R. **A modelagem matemática e relações com a aprendizagem significativa**. Curitiba: CRV, 2012.

CANAVARRO, Ana Paula. Ensino exploratório da matemática: práticas e desafios. **Educação e Matemática**, Lisboa, n.115, p.11-17, nov./dez., 2011. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/4265>. Acesso em: 15 jul. 2023.

CANAVARRO, A. P., OLIVEIRA, H.; MENEZES, L. Práticas de ensino exploratório da matemática: ações e intenções de uma professora. *In*: PONTE, J. P. (ed.). **Práticas profissionais dos professores de matemática**. Lisboa: Instituto de Educação, 2014. p. 217-233. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.19/2438>. Acesso em: 12 set. 2023.

CANAVARRO, P., OLIVEIRA, H.; MENEZES, L. Práticas de ensino exploratório da matemática: o caso de Célia. *In*: CANAVARRO, P., SANTOS, L., BOAVIDA, A., OLIVEIRA, H., MENEZES, L.; CARREIRA, S. (org.). **Investigação em educação matemática 2012**: práticas de ensino da matemática. Portalegre, Portugal: SPIEM, 2012. p. 255-266. Disponível em: [https://spiem.pt/DOCS/ATAS\\_ENCONTROS/atas\\_EIEM\\_2012.pdf](https://spiem.pt/DOCS/ATAS_ENCONTROS/atas_EIEM_2012.pdf). Acesso em: 10 ago. 2023.

DELUQUE JÚNIOR, R.; COSTA, M. L. Gadamer's hermeneutics as a method of data analysis in qualitative research. **SciELO Preprints**, 2020. DOI: 10.1590/SciELOPreprints.985. Disponível em: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/985>. Acesso em: 26 set. 2024.

DM Anápolis, O Diário do Município. Temporal de 50 milímetros em meia hora causa transtornos em Anápolis. <https://www.dmanapolis.com.br/noticia/55449/temporal-de-50-milímetros-em-meia-hora-causa-transtornos-em-anapolis>. Acesso em: jun. 2023.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em educação matemática**: percursos teóricos e metodológicos. São Paulo: Autores Associados, 2006.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOIÁS. Secretaria de Estado de Educação. **Documento Curricular para Goiás ampliado**. Goiânia: CONSED : UNDIME Goiás, 2018. Disponível em: <https://goias.gov.br/educacao/wp-content/uploads/sites/40/2020/08/80d3d5d8ac56f920562e29f5ef9785df-2cf.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2023.

KLÜBER, T. E.; BURAK, D. Concepções de modelagem matemática: contribuições teóricas. **Educação Matemática Pesquisa Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática**, São Paulo, v. 10, n. 1, 2008. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/1642>. Acesso em: 25 set. 2023.

KLÜBER, T. E.; BURAK, D. Sobre a pesquisa qualitativa na modelagem matemática em educação matemática. **Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, São Paulo, v. 226, n. 43, p. 883-905, ago. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-636X2012000300007> . Acesso em: 15 jan. 2023.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MEYER, J. F. C. A.; CALDEIRA, A. D.; MALHEIROS, A. P. S. **Modelagem em educação matemática**. 4. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2021.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2014.

OLIVEIRA, H.; MENEZES, L.; CANAVARRO, A. P. Conceptualizando o ensino exploratório da matemática: contributos da prática de uma professora do 3.º ciclo para a elaboração de um quadro de referência. **Quadrante**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 29–54, 2013. Disponível em: <https://quadrante.apm.pt/article/view/22895>. Acesso em: 28 maio 2023.

ONU: mundo enfrenta uma crise de água e precisa reagir. [S. l.]: Produção de ONU Brasil, 2018. 1 vídeo (4 min). Publicado pelo canal ONU Brasil. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=1RLhXg\\_7bKw](https://www.youtube.com/watch?v=1RLhXg_7bKw). Acesso em: 30 maio 2023.

PONTE, J. P. Gestão curricular em matemática. *In*. GTI (ed.). **O professor e o desenvolvimento curricular**. Lisboa: APM, 2005. p. 11-34 Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/3008>. Acesso em: 28 jun. 2023.

PONTE, J. P.; QUARESMA, M. As discussões matemáticas na aula exploratória como vertente da prática profissional do professor. **Revista da Faculdade de Educação**, Cuiabá, v. 23, n. 1, p. 131-150, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/22604>. Acesso em: 12 abr. 2023.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

SOUSA, E. S.; LARA, I. C. M.; RAMOS, M. G. Concepções de modelagem e a pesquisa em sala de aula na educação matemática. **Revista Exitus**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 250–275, 2018. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.ufopa.edu.br/index.php/revistaexitus/article/view/397>. Acesso em: 17 jun. 2023.

STEIN, M. K.; ENGLE, R. A.; SMITH, M. S.; HUGHES, E. K. Orchestrating productive mathematical discussions: five practices for helping teachers move beyond show and tell. **Mathematical Thinking and Learning**, Abingdon, v. 10, n. 4, p. 313-340, 2008. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10986060802229675?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 15 abr. 2023.

STEIN, M. K.; SMITH, M.S. Mathematical tasks as a framework for reflection: from research to practice. **Mathematics Teaching in the Middle School**, Reston, v.3, n. 4, p. 268-275, 1998. Disponível em: [https://pubs.nctm.org/view/journals/mtms/3/4/article-p268.xml?tab\\_body=notes-tab](https://pubs.nctm.org/view/journals/mtms/3/4/article-p268.xml?tab_body=notes-tab). Acesso em: 15 jul. 2023.

WINQUES, K. (org.). **Nos caminhos da iniciação científica: guia para pesquisadores em formação**. Joinville: Faculdade IELUSC, 2022.

## APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO INICIAL - ESTUDANTES



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MATEMÁTICA  
EM REDE NACIONAL-PROFMAT  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA



Instrumento de coleta de dados: Questionário Inicial - Estudantes

Prezado(a) estudante(a),

Este questionário faz parte da pesquisa “Modelagem Matemática na Captação da Chuva: uma proposta para o ensino de matemática” cuja pesquisadora responsável é Alissany Santos Lima Oliveira, mestranda no Programa de Pós-Graduação em Matemática em Rede Nacional – Profmat, pela Universidade Federal de Goiás (UFG).

O objetivo principal deste estudo é “investigar como a implementação de um projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva pode contribuir para o ensino e aprendizagem de Matemática, considerando os aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais dos estudantes”. A pesquisadora é orientada pelo professor Dr. Jhone Caldeira Silva e coorientada pela professora dra. Elisabeth Cristina de Faria.

Sua participação é fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa. Para isso, gostaríamos de pedir sua colaboração para responder ao questionário a seguir. As informações fornecidas serão tratadas de forma confidencial e utilizadas apenas para fins acadêmicos. Não existem respostas certas ou erradas, portanto, responda de acordo com suas percepções e experiências pessoais.

Em caso de dúvidas ou necessidade de esclarecimentos adicionais, você pode entrar em contato com o pesquisador responsável por meio do e-mail [alissany.slo@gmail.com](mailto:alissany.slo@gmail.com) ou pelo telefone: (62) 991\*\*-\*\*09.

Agradecemos desde já a sua colaboração e disponibilidade para participar deste estudo. Seu engajamento é de extrema importância para o avanço do conhecimento no campo da Educação Matemática.

Atenciosamente,

Alissany Santos Lima Oliveira- Pesquisadora Responsável

*IME/UFG - Instituto de Matemática e Estatística da Universidade Federal de Goiás –  
Campus Samambaia – R. Jacarandá - Chácara Califórnia, Goiânia - GO  
CEP: 74001-970 – tel.: (62) 3521- 1208.*

## Questionário inicial - Estudantes

Codinome/apelido: \_\_\_\_\_

1. Sexo:

- Masculino
- Feminino
- Outro

2. Idade: \_\_\_\_\_ anos

3. Série/Ano: \_\_\_\_\_

4. Turma: \_\_\_\_\_

5. Tempo médio de estudo diário (em horas), fora da sala de aula: \_\_\_\_\_

6. Qual das opções abaixo melhor descreve o seu nível de interesse pela Matemática?

- a) Muito interessado
- b) Moderadamente interessado
- c) Pouco interessado
- d) Nada interessado

7. Você considera a Matemática uma disciplina relevante para a sua vida? Justifique.

.  
. .  
. .  
. .

8. Qual é a sua percepção sobre a importância da água e do uso sustentável dos recursos hídricos?

.  
. .  
. .  
. .

9. Você já teve alguma experiência anterior com modelagem matemática? Se sim, descreva brevemente essa experiência.

.  
. .  
. .  
. .

10. Quais são suas expectativas em relação à participação no projeto de Modelagem Matemática da Captação da Água da Chuva?

.  
. .  
. .  
. .

## APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO FINAL - ESTUDANTES



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MATEMÁTICA  
EM REDE NACIONAL-PROFMAT  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA



Instrumento de coleta de dados: Questionário Final - Estudantes

Prezado(a) estudante(a),

Este questionário faz parte da pesquisa “Modelagem Matemática na Captação da Chuva: uma proposta para o ensino de matemática” cuja pesquisadora responsável é Alissany Santos Lima Oliveira, mestranda no Programa de Pós-Graduação em Matemática em Rede Nacional – Profmat, pela Universidade Federal de Goiás (UFG).

O objetivo principal deste estudo é “investigar como a implementação de um projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva pode contribuir para o ensino e aprendizagem de Matemática, considerando os aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais dos estudantes”. A pesquisadora é orientada pelo professor Dr. Jhone Caldeira Silva e coorientada pela professora dra. Elisabeth Cristina de Faria.

Sua participação é fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa. Para isso, gostaríamos de pedir sua colaboração para responder ao questionário a seguir. As informações fornecidas serão tratadas de forma confidencial e utilizadas apenas para fins acadêmicos. Não existem respostas certas ou erradas, portanto, responda de acordo com suas percepções e experiências pessoais.

Em caso de dúvidas ou necessidade de esclarecimentos adicionais, você pode entrar em contato com o pesquisador responsável por meio do e-mail [alissany.slo@gmail.com](mailto:alissany.slo@gmail.com) ou pelo telefone: (62) 991\*\*-\*\*09.

Agradecemos desde já a sua colaboração e disponibilidade para participar deste estudo. Seu engajamento é de extrema importância para o avanço do conhecimento no campo da Educação Matemática.

Atenciosamente,

Alissany Santos Lima Oliveira- Pesquisadora Responsável

*IME/UFV - Instituto de Matemática e Estatística da Universidade Federal de Goiás –  
Campus Samambaia – R. Jacarandá - Chácaras Califórnia, Goiânia - GO –  
CEP: 74001-970 – (62) 3521- 1208.*

## Questionário Final - Estudantes

Codinome/Apelido: \_\_\_\_\_

1. Em relação à sua motivação em estudar Matemática, qual opção abaixo melhor representa o impacto da sua participação no projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva?"

- a) Nada
- b) Pouco
- c) Razoavelmente
- d) Muito

2. Em sua opinião, o projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva contribuiu para o seu aprendizado de Matemática?

- a) Sim, de forma significativa
- b) Sim, de forma moderada
- c) Não, não contribuiu
- d) Não sei dizer

Justifique a alternativa escolhida.

.  
. .

3. Quais conceitos matemáticos você identificou na modelagem matemática da captação da água da chuva durante o projeto?

.  
. .

4. Você acredita que a Modelagem Matemática da Captação da Água da Chuva contribuiu para o seu desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas? Explique

.  
. .

5. Você acredita que a Modelagem Matemática da Captação da Água da Chuva contribuiu para o desenvolvimento do seu pensamento crítico? Explique

.  
. .

6. Você acredita que a Modelagem Matemática da Captação da Água da Chuva contribuiu para o desenvolvimento de sua capacidade de trabalho em equipe? Explique

.  
. .

7. Você acredita que a modelagem matemática pode ser uma estratégia efetiva para o ensino e aprendizagem de Matemática? Explique sua resposta

.  
. .

Agradecemos sua colaboração. Suas respostas serão tratadas de forma confidencial e contribuirão para a análise dos resultados da pesquisa.

## APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO INICIAL - PROFESSORA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MATEMÁTICA  
EM REDE NACIONAL-PROFMAT  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA



Instrumento de coleta de dados: Questionário Inicial - Professora

Prezada Professora,

Este questionário faz parte da pesquisa "Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva: uma proposta para o ensino de Matemática", conduzida pela mestrandia Alissany Santos Lima Oliveira, do Programa de Pós-Graduação em Matemática em Rede Nacional - Profmat, da Universidade Federal de Goiás (UFG).

O objetivo desta pesquisa é investigar como a implementação de um projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva pode contribuir para o ensino e aprendizagem de Matemática, considerando os aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais dos estudantes.

Sua participação como professora é de extrema importância para o desenvolvimento desta pesquisa. Por meio deste questionário, gostaríamos de obter informações relevantes sobre suas percepções, experiências e expectativas em relação ao projeto. Todas as informações fornecidas serão tratadas de forma confidencial e utilizadas apenas para fins acadêmicos.

Agradecemos antecipadamente pela sua colaboração. Em caso de dúvidas ou necessidade de esclarecimentos, por favor, entre em contato com a pesquisadora responsável, Alissany Santos Lima Oliveira, por meio do e-mail [alissany.slo@gmail.com](mailto:alissany.slo@gmail.com) ou pelo telefone (62) 991\*\*-\*\*09.

Atenciosamente,

Alissany Santos Lima Oliveira Mestranda em Matemática em Rede Nacional - Profmat -  
Universidade Federal de Goiás (UFG)

*IME/UFG - Instituto de Matemática e Estatística da Universidade Federal de Goiás –  
Campus Samambaia – R. Jacarandá - Chácaras Califórnia, Goiânia - GO – CEP: 74001-970  
– (62) 3521- 1208.*

## Questionário Inicial - Professora

1. Nome completo: \_\_\_\_\_
2. Idade: \_\_\_\_\_
3. Nível de formação escolar:
  - Ensino Médio
  - Graduação
  - Pós-Graduação
  - Mestrado
  - Doutorado
4. Há quanto tempo você trabalha como docente na educação básica?
  - 0 – 1 ano
  - 2 - 5 anos
  - 5 – 10 anos
  - Mais de 10 anos
5. Você já teve alguma experiência anterior com projetos de modelagem matemática? Se sim, em sua opinião, qual é a importância da modelagem matemática para o ensino e aprendizagem de Matemática?  
.
6. Como você avalia o interesse e a participação dos estudantes na disciplina de Matemática atualmente?  
.
7. Você acredita que a implementação de um projeto de Modelagem Matemática da Captação da Água da Chuva pode influenciar o interesse e a motivação dos estudantes na disciplina? Por quê?  
.
8. Quais são as suas expectativas em relação à participação no projeto? Quais são os principais desafios que você imagina enfrentar durante a implementação?  
.
9. Como você sugere integrar o projeto de modelagem matemática com a disciplina de Matemática e o currículo escolar?  
.
10. Quais habilidades ou competências você espera que os estudantes desenvolvam por meio da participação nesse projeto?  
.
11. Na sua opinião, quais são os benefícios potenciais desse projeto para os estudantes e para o ensino de Matemática?  
.
12. Existe alguma informação adicional que você gostaria de compartilhar ou algum aspecto relevante que não tenha sido abordado nas perguntas anteriores?  
.

## APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO FINAL - PROFESSORA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MATEMÁTICA  
EM REDE NACIONAL-PROFMAT  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA



Instrumento de coleta de dados: Questionário Final – Professora

Prezada Professora,

Agradecemos imensamente pela sua participação no projeto "Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva". Como parte final da pesquisa, solicitamos sua colaboração para responder a este questionário, que tem como objetivo avaliar a efetividade do projeto como estratégia de ensino e aprendizagem de Matemática, considerando as percepções dos estudantes e dos professores envolvidos.

Suas respostas serão de grande importância para compreendermos os impactos do projeto no ensino de Matemática, bem como para identificar os pontos positivos e possíveis áreas de melhoria. Garantimos a confidencialidade das informações fornecidas, que serão utilizadas apenas para fins acadêmicos.

Agradecemos antecipadamente por sua dedicação e contribuição ao projeto. Caso haja qualquer dúvida ou necessidade de esclarecimentos adicionais, por favor, não hesite em entrar em contato conosco. Sua colaboração. Em caso de dúvidas ou necessidade de esclarecimentos, por favor, entre em contato com a pesquisadora responsável, Alissany Santos Lima Oliveira, por meio do e-mail [alissany.slo@gmail.com](mailto:alissany.slo@gmail.com) ou pelo telefone (62) 991\*\*-\*\*09.

Atenciosamente,

Alissany Santos Lima Oliveira Mestranda em Matemática em Rede Nacional – Profmat -  
Universidade Federal de Goiás (UFG)

*IME/UFG - Instituto de Matemática e Estatística da Universidade Federal de Goiás –  
Campus Samambaia – R. Jacarandá - Chácara Califórnia, Goiânia - GO – CEP: 74001-970  
– (62) 3521- 1208.*

## Questionário Final – Professora

1. Qual é o seu nível de concordância com a afirmação: "O projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva contribuiu para o meu aprendizado em Matemática"?

- Discordo totalmente
- Discordo
- Neutro
- Concordo
- Concordo totalmente

2. Em relação à abordagem do projeto, como você descreveria o nível de interesse despertado nos estudantes?

- Muito baixo
- Baixo
- Moderado
- Alto
- Muito alto

3. Na sua opinião, como a captação da água da chuva como tema de estudo influenciou o engajamento dos estudantes nas atividades propostas?

- Não influenciou
- Influenciou negativamente
- Não teve impacto significativo
- Influenciou positivamente
- Influenciou muito positivamente

4. Em relação ao desenvolvimento de habilidades matemáticas, quais aspectos você acredita que foram mais fortalecidos durante o projeto? (Marque todas as opções que se aplicam)

- Raciocínio lógico
- Resolução de problemas
- Pensamento crítico
- Trabalho em equipe
- Aplicação de conceitos matemáticos

5. O projeto contribuiu para a conscientização dos estudantes em relação à importância da preservação ambiental e sustentabilidade? Explique sua resposta.

---

---

---

6. Em sua opinião, quais foram os principais pontos fortes do projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva?

---

---

---

7. Em sua opinião, quais aspectos poderiam ser aprimorados no projeto?

---

---

---

8. Você percebeu algum impacto positivo no desempenho dos estudantes em Matemática após a participação no projeto? Explique sua resposta.

---

---

---

9. Você acredita que o projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva deve ser replicado em outras turmas ou escolas? Por quê?

---

---

---

10. Se você tivesse a oportunidade de sugerir uma melhoria ou expansão para o projeto, qual seria?

---

---

---

## APÊNDICE E - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE -

#### Pais/Responsáveis

Você na qualidade de responsável por ....., está sendo convidado (a) a consentir que o(a) menor participe, como voluntário (a), da pesquisa intitulada “MODELAGEM MATEMÁTICA NA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA”. Meu nome é Alissany Santos Lima Oliveira sou o(a) pesquisador (a) responsável pelo projeto, e minha área de atuação é Matemática. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você consentir na participação do(a) menor sob sua responsabilidade neste estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra ficará comigo. Esclareço que em caso de recusa na participação, não haverá penalização para nenhuma das partes. Mas se houver o aceite, as dúvidas sobre a pesquisa poderão ser esclarecidas pela pesquisadora responsável, via e-mail [alissany.slo@gmail.com](mailto:alissany.slo@gmail.com) ou através de contato telefônico para o número (62) 991\*\*-\*\*09, inclusive com possibilidade de ligação a cobrar. Ao persistirem as dúvidas sobre os direitos como participante desta pesquisa, você também poderá fazer contato com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Goiás (CEP/UFG) pelo telefone (62)3521-1215, de segunda a sexta-feira, no período matutino. O CEP-UFG é uma entidade independente, de caráter consultivo, educativo e deliberativo, no âmbito de suas atribuições, criado para proteger o bem-estar dos/das participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, visando contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos vigentes.

A presente pesquisa tem como objetivo investigar como a implementação de um projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva pode contribuir para o ensino e aprendizagem de Matemática, considerando os aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais dos estudantes. O menor sob sua responsabilidade será convidado a participar de aulas voltadas para a investigação matemática, onde irá realizar pesquisas, debates, relatórios, levantar questionamentos e propor soluções para os problemas sugeridos pelos grupos de pesquisa com foco na temática do uso sustentável da água. Em seguida, será orientado (a) a elaborar modelos matemáticos, que podem ser desde uma planta baixa, uma maquete e/ou uma equação matemática, e a exposição oral das conclusões em seminários ao final de cada etapa do processo. Será necessário um período aproximado de dois meses para o desenvolvimento do projeto.

A participação do(a) menor sob a sua responsabilidade é muito importante para a realização desta pesquisa. Caso o(a) menor se sinta constrangido(a), é garantida a total liberdade de recusar a participar ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem penalidade alguma.

A participação do(a) menor na pesquisa será voluntária, o que significa que não haverá despesas pessoais ou gratificação financeira como consequência da participação. No entanto, caso haja despesas decorrentes da colaboração com a pesquisa, como transporte e alimentação, elas serão devidamente ressarcidas. É importante ressaltar que, caso ocorra algum dano, o direito de pleitear indenização para reparação imediata ou futura, decorrentes da cooperação com a pesquisa, está garantido por lei.

Embora este projeto não apresente riscos diretos à saúde ou bem-estar do(a) menor sob sua responsabilidade, é importante ressaltar que é possível que ele(a) possa se sentir constrangido(a) ou desconfortável ao compartilhar suas opiniões e experiências nos debates e seminários. No entanto, será garantido o direito dele(a) interromper ou se retirar do projeto a qualquer momento, sem sofrer penalidades ou consequências. Por outro lado, a participação dele(a) trará benefícios significativos, como o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, aprimoramento da capacidade de realizar pesquisas, melhoria na habilidade de trabalho em grupo, oportunidade de expressar suas ideias e estimular a criatividade, além de aprofundar a compreensão de conteúdos matemáticos.

Durante todo o período da pesquisa e na divulgação dos resultados, o sigilo e anonimato da sua autorização e da participação do(a) adolescente será respeitada, ou seja, seu nome e o do(a) adolescente sob sua responsabilidade ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de alguma forma, identificá-los, será mantido em sigilo. As informações desta pesquisa serão confidenciais e divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas. Todo o material será mantido sob minha guarda pelo período mínimo de cinco anos e, após esse prazo, será devidamente destruído e encaminhado para reciclagem.

Para condução da coleta é necessário o seu consentimento, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão.

A divulgação do nome dele(a) somente acontecerá se for permitida por você. Solicito que rubrique no parêntese abaixo a opção de sua preferência:

(            ) Permito a identificação do(a) menor sob minha responsabilidade nos resultados publicados da pesquisa.

(            ) Não permito a identificação do(a) menor sob minha responsabilidade nos resultados publicados da pesquisa.

Pode haver necessidade da utilização de um gravador de áudio e vídeo durante as discussões em grupo e apresentações dos seminários. Faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

(            ) Permito a utilização de gravador de áudio e vídeo durante as discussões em grupo e apresentação dos seminários.

(            ) Não permito a utilização de gravador de áudio e vídeo durante as discussões em grupo e apresentação dos seminários.

As gravações serão utilizadas na transcrição e análise dos dados, sendo resguardado o seu direito de ler e aprovar as transcrições.

Pode haver necessidade de utilizarmos a voz do(a) menor sob sua responsabilidade em publicações. Faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

(            ) Autorizo o uso da voz do(a) menor sob minha responsabilidade em publicações.

(            ) Não autorizo o uso da voz do(a) menor sob minha responsabilidade em publicações.

Pode haver a necessidade de utilizarmos a opinião do(a) menor sob sua responsabilidade em publicações, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

(            ) Permito a divulgação da opinião do(a) menor sob minha responsabilidade nos resultados publicados da pesquisa.

(            ) Não Permito a divulgação da opinião do(a) menor sob minha responsabilidade nos resultados publicados da pesquisa.

Pode haver também a necessidade de utilizarmos a imagem do(a) menor sob sua responsabilidade em publicações, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

(            ) Permito a divulgação da imagem do(a) menor sob minha responsabilidade nos resultados publicados da pesquisa.

(            ) Não Permito a divulgação da imagem do(a) menor sob minha responsabilidade nos resultados publicados da pesquisa.

Pode haver necessidade do uso dos dados coletados em pesquisas futuras, desde que seja feita nova avaliação pelo CEP/UFG. Assim, solicito a sua autorização, validando a sua decisão com uma rubrica entre os parênteses abaixo:

(            ) Permito utilizar os dados para pesquisas futuras.

(            ) Não permito utilizar os dados para pesquisas futuras.

## 1.2 Consentimento da Participação na Pesquisa:

Eu ....., abaixo assinado, autorizo....., a participar do projeto intitulado “MODELAGEM MATEMÁTICA NA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA”. Informo ter mais de 18 anos de idade e destaco que a participação dele(a) nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pela pesquisadora responsável Alissany Santos Lima Oliveira sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação no estudo. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a participação do(a) menor sob minha responsabilidade no projeto de pesquisa acima descrito.

Goiânia, ..... de ..... de .....

---

Assinatura por extenso do(a) responsável pelo(a) menor

---

Assinatura por extenso do(a) pesquisador(a) responsável

## APÊNDICE F- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA



## Participantes Maiores De Idade

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário (a), da pesquisa intitulada “MODELAGEM MATEMÁTICA NA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA”. Meu nome é Alissany Santos Lima Oliveira, sou a pesquisadora responsável e minha área de atuação é o ensino de matemática. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra ficará comigo. Esclareço que em caso de recusa na participação, em qualquer etapa da pesquisa, você não será penalizado (a) de forma alguma. Mas se aceitar participar, as dúvidas sobre a pesquisa poderão ser esclarecidas pelo (a) pesquisador (a) responsável, via e-mail [alissany.slo@gmail.com](mailto:alissany.slo@gmail.com) e, através do(s) seguinte(s) contato(s) telefônico(s): (62) 991\*\*-\*\*09, inclusive com possibilidade de ligação a cobrar. Ao persistirem as dúvidas sobre os seus direitos como participante desta pesquisa, você também poderá fazer contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás, pelo telefone (62)3521-1215, que é a instância responsável por dirimir as dúvidas relacionadas ao caráter ético da pesquisa. O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (CEP-UFG) é independente, com função pública, de caráter consultivo, educativo e deliberativo, criado para proteger o bem-estar dos/das participantes da pesquisa, em sua integridade e dignidade, visando contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos vigentes.

A presente pesquisa tem como objetivo investigar como a implementação de um projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva pode contribuir para o ensino e aprendizagem de Matemática, considerando os aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais dos estudantes. Você será convidado a participar de aulas voltadas para a investigação matemática, onde irá realizar pesquisas, debates, relatórios, levantar questionamentos e propor soluções para os problemas sugeridos pelos grupos de pesquisa com foco na temática do uso sustentável da água. Em seguida, será orientado (a) a elaborar modelos matemáticos, que podem ser desde uma planta baixa, uma maquete e/ou uma equação matemática, e a exposição oral das conclusões em seminários ao final de cada etapa do processo. Será necessário um período aproximado de dois meses para o desenvolvimento do projeto.

Sua participação é voluntária e livre de qualquer remuneração e benefício. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento. A recusa em participar não acarretará penalidade ou perda de benefícios. Você tem direito ao ressarcimento das despesas decorrentes da cooperação com a pesquisa, inclusive transporte e alimentação, se for o caso. Em caso de danos, você tem o direito de pleitear indenização, conforme previsto em Lei.

Embora este projeto não apresente riscos diretos à sua saúde ou bem-estar, é importante ressaltar que é possível que você possa se sentir constrangido ou desconfortável ao compartilhar suas opiniões e experiências nos debates e seminários. No entanto, é seu direito interromper ou se retirar do projeto a qualquer momento, sem sofrer penalidades ou consequências. Por outro lado, sua participação trará benefícios significativos, como o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, aprimoramento da capacidade de realizar pesquisas, melhoria na habilidade de trabalho em grupo, oportunidade de

expressar suas ideias e estimular a criatividade, além de aprofundar a compreensão de conteúdos matemáticos.

Caso você não deseje que seu nome seja divulgado durante todo o período da pesquisa, incluindo na divulgação dos resultados, saiba que sua privacidade será rigorosamente respeitada. Seu nome e qualquer outra informação que possa identificá-lo(a) de alguma forma serão mantidos em sigilo. Todas as informações coletadas nesta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas. Todo o material será mantido sob minha guarda pelo período mínimo de cinco anos e, após esse prazo, será devidamente destruído e encaminhado para reciclagem.

Para condução da coleta é necessário o seu consentimento, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão.

Pode haver necessidade da sua identificação nos resultados publicados da pesquisa. Solicito que rubrique no parêntese abaixo a opção de sua preferência:

(            ) Permito a minha identificação nos resultados publicados da pesquisa.

(            ) Não permito a minha identificação nos resultados publicados da pesquisa.

Pode haver necessidade da utilização de um gravador de áudio e vídeo durante as discussões em grupo e apresentações dos seminários.

(            ) Permito a utilização de gravador de áudio e vídeo durante as discussões em grupo e apresentação dos seminários.

(            ) Não permito a utilização de gravador de áudio e vídeo durante as discussões em grupo e apresentação dos seminários.

As gravações serão utilizadas na transcrição e análise dos dados, sendo resguardado o seu direito de ler e aprovar as transcrições.

Pode haver necessidade de utilizarmos sua voz em publicações. Faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

(            ) Autorizo o uso de minha voz em publicações.

(            ) Não autorizo o uso de minha voz em publicações.

Pode haver também a necessidade de utilizarmos sua opinião em publicações, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

(            ) Permito a divulgação da minha opinião nos resultados publicados da pesquisa.

(            ) Não permito a divulgação da minha opinião nos resultados publicados da pesquisa.

Pode haver também, a necessidade de utilizarmos sua imagem em publicações, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

(            ) Permito a divulgação da minha imagem nos resultados publicados da pesquisa.

(            ) Não Permito a divulgação da minha imagem nos resultados publicados da pesquisa.

Pode haver necessidade do uso dos dados coletados em pesquisas futuras, desde que seja feita nova avaliação pelo CEP/UFG. Assim, solicito a sua autorização, validando a sua decisão com uma rubrica entre os parênteses abaixo:

(            ) Permito utilizar os dados para pesquisas futuras.

(            ) Não permito utilizar os dados para pesquisas futuras.

## 1.2 Consentimento da Participação da Pessoa como Sujeito da Pesquisa:

Eu, ....., abaixo assinado, concordo em participar do estudo intitulado "MODELAGEM MATEMÁTICA NA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA". Informo ter \_\_\_\_ anos de idade e destaco que minha participação nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui devidamente esclarecido(a) pelo(a) pesquisador (a) responsável Alissany Santos Lima Oliveira sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação no estudo. Foi-me garantido que posso

retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a minha participação no projeto de pesquisa acima descrito.

Goiânia, ..... de ..... de .....

---

Assinatura por extenso do(a) participante

---

Assinatura por extenso do(a) pesquisador(a) responsável

## APÊNDICE G - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA



## TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TALE

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário (a), da pesquisa intitulada “MODELAGEM MATEMÁTICA NA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA”. Meu nome é Alissany Santos Lima Oliveira, sou a pesquisadora responsável e minha área de atuação é matemática. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra ficará comigo. Esclareço que em caso de recusa na participação, em qualquer etapa da pesquisa, você não será penalizado (a) de forma alguma. Mas se aceitar participar, as dúvidas sobre a pesquisa poderão ser esclarecidas pelo (a) pesquisador (a) responsável, via e-mail [alissany.slo@gmail.com](mailto:alissany.slo@gmail.com) e, através do(s) seguinte(s) contato(s) telefônico(s): (62) 991\*\*.\*09, inclusive com possibilidade de ligação a cobrar. Ao persistirem as dúvidas sobre os seus direitos como participante desta pesquisa, você também poderá fazer contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás, pelo telefone (62)3521-1215, que é a instância responsável por dirimir as dúvidas relacionadas ao caráter ético da pesquisa. O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (CEP-UFG) é independente, com função pública, de caráter consultivo, educativo e deliberativo, criado para proteger o bem-estar dos/das participantes da pesquisa, em sua integridade e dignidade, visando contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos vigentes.

A presente pesquisa tem como objetivo investigar como a implementação de um projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva pode contribuir para o ensino e aprendizagem de Matemática, considerando os aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais dos estudantes. Será necessário um período aproximado de dois meses para o desenvolvimento do projeto. Você será convidado a participar de aulas voltadas para a investigação matemática, onde irá realizar pesquisas, debates, relatórios, levantar questionamentos e propor soluções para os problemas sugeridos pelos grupos de pesquisa com foco na temática do uso sustentável da água. Em seguida, será orientado (a) a elaborar modelos matemáticos, que podem ser desde uma planta baixa, uma maquete e/ou uma equação matemática, e a exposição oral das conclusões em seminários ao final de cada etapa do processo.

Sua participação é voluntária e livre de qualquer remuneração e benefício. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento. A recusa em participar não acarretará penalidade ou perda de benefícios. Você tem direito ao ressarcimento das despesas decorrentes da cooperação com a pesquisa, inclusive transporte e alimentação, se for o caso. Em caso de danos, você tem o direito de pleitear indenização, conforme previsto em Lei.

Embora este projeto não apresente riscos diretos à sua saúde ou bem-estar, é importante ressaltar que é possível que você possa se sentir constrangido ou desconfortável ao compartilhar suas opiniões e experiências nos debates e seminários. No entanto, é seu direito interromper ou se retirar do projeto a qualquer momento, sem sofrer penalidades ou consequências. Por outro lado, sua participação trará benefícios significativos, como o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, aprimoramento da capacidade de realizar pesquisas, melhoria na habilidade de trabalho em grupo, oportunidade de expressar suas ideias e estimular a criatividade, além de aprofundar a compreensão de conteúdos matemáticos.

Caso você não deseje que seu nome seja divulgado durante todo o período da pesquisa, incluindo na divulgação dos resultados, saiba que sua privacidade será rigorosamente respeitada. Seu nome e qualquer outra informação que possa identificá-lo(a) de alguma forma serão mantidos em sigilo. Todas as informações coletadas nesta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas. Todo o material será mantido sob minha guarda pelo período mínimo de cinco anos e, após esse prazo, será devidamente destruído e encaminhado para reciclagem.

Para condução da coleta é necessário o seu consentimento, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão.

Pode haver necessidade da sua identificação nos resultados publicados da pesquisa. Solicito que rubrique no parêntese abaixo a opção de sua preferência:

- (     ) Permito a minha identificação nos resultados publicados da pesquisa.  
 (     ) Não permito a minha identificação nos resultados publicados da pesquisa.

Pode haver necessidade da utilização de um gravador de áudio e vídeo durante as discussões em grupo e apresentações dos seminários.

- (     ) Permito a utilização de gravador de áudio e vídeo durante as discussões em grupo e apresentação dos seminários.  
 (     ) Não permito a utilização de gravador de áudio e vídeo durante as discussões em grupo e apresentação dos seminários.

As gravações serão utilizadas na transcrição e análise dos dados, sendo resguardado o seu direito de ler e aprovar as transcrições.

Pode haver necessidade de utilizarmos sua voz em publicações. Faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

- (     ) Autorizo o uso de minha voz em publicações.  
 (     ) Não autorizo o uso de minha voz em publicações.

Pode haver também a necessidade de utilizarmos sua opinião em publicações, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

- (     ) Permito a divulgação da minha opinião nos resultados publicados da pesquisa.  
 (     ) Não permito a divulgação da minha opinião nos resultados publicados da pesquisa.

Pode haver também, a necessidade de utilizarmos sua imagem em publicações, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

- (     ) Permito a divulgação da minha imagem nos resultados publicados da pesquisa.  
 (     ) Não Permito a divulgação da minha imagem nos resultados publicados da pesquisa.

Pode haver necessidade do uso dos dados coletados em pesquisas futuras, desde que seja feita nova avaliação pelo CEP/UFG. Assim, solicito a sua autorização, validando a sua decisão com uma rubrica entre os parênteses abaixo:

- (     ) Permito utilizar os dados para pesquisas futuras.  
 (     ) Não permito utilizar os dados para pesquisas futuras.

## 1.2 Consentimento da Participação da Pessoa como Sujeito da Pesquisa:

Eu, ....., abaixo assinado, concordo em participar do estudo intitulado "MODELAGEM MATEMÁTICA NA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA". Informo ter \_\_\_\_ anos de idade e destaco que minha participação nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui devidamente esclarecido(a) pelo(a) pesquisador (a) responsável Alissany Santos Lima Oliveira sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação no estudo. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Declaro, portanto, que concordo com a minha participação no projeto de pesquisa acima descrito.

Goiânia, ..... de ..... de .....

---

Assinatura por extenso do(a) participante

---

Assinatura por extenso do(a) pesquisador(a) responsável

## APÊNDICE H - PLANEJAMENTO DAS AULAS

1ª Etapa: Modelagem Matemática da Precipitação

### PLANEJAMENTO I

Etapa da Modelagem: Diagnóstico e Definição do tema ou modelo

a. Exposição sobre o tema/assunto

- Número de aulas: 2
- Objetivos:
  - Compreender os conceitos básicos envolvendo Modelagem Matemática na Educação;
  - Compreender sobre a real situação da água no Brasil e no mundo e estimular a compreensão e a motivação para as atividades de modelagem matemática;
  - Familiarizar com o assunto a ser modelado: uso sustentável da água.
- Recursos:
  - Datashow, notebook, xérox dos questionários e textos.

<b>ANTECIPAÇÕES</b>		
<b>Ações esperadas dos estudantes</b>	<b>Dificuldades e/ou questionamentos</b>	<b>Mediação do professor pesquisador a partir das dúvidas dos estudantes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assistam com atenção ao vídeo apresentado;</li> <li>• Leiam e discutam sobre a água, levantando questionamentos relevantes;</li> <li>• Percebam a relevância de discutirem sobre essa temática.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade em se concentrarem no vídeo e compreenderem os conceitos abordados;</li> <li>• Dificuldades em expressarem suas ideias e opiniões nas rodas de conversa;</li> <li>• Dificuldades em registrarem de forma organizada e coesa suas ideias e considerações no diário de campo do grupo;</li> <li>• Dificuldades com análise de dados básicos apresentados em porcentagem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sanar as dúvidas quanto ao questionário pré-projeto;</li> <li>• Incentivar os estudantes a assistirem ao vídeo e realizarem a leitura dos textos com atenção, de forma crítica;</li> <li>• Propor questões que possam auxiliar os estudantes a refletirem sobre a temática abordada;</li> <li>• Monitorar as discussões em grupo, orientando-os quando necessário;</li> <li>• Registrar em seu diário de campo observações relevantes para levar para o momento de discussão;</li> <li>• Selecionar e sequenciar as contribuições dos grupos para organizar o momento de debate.</li> </ul>

Desenvolvimento:

Aula 1 e 2:

1. Antes de iniciar as atividades do dia, pedir aos estudantes e à professora da turma que respondam aos seus respectivos questionários pré-projeto. Deixar claro que os mesmos serão utilizados para analisar os conhecimentos e percepções prévias sobre o projeto.
2. Após todos terem terminado de responder os questionários, com o uso de slides, explicar de maneira simples o que é modelagem matemática e quais passos são necessários para realizar uma atividade de modelagem como a que está sendo proposta a eles.
3. Após essa introdução dar continuidade à aula comentando que a água é, entre os recursos naturais, um dos mais importantes para a vida. Perguntar aos estudantes: Vocês acham que precisamos nos preocupar que a água acabe? Ouvir suas respostas com atenção.
4. Em seguida, exibir o vídeo "Água Recurso Finito"(5min16seg) do Canal do Youtube Washington Lemos. Pedir aos estudantes que anotem pontos importantes ou dúvidas que surgirem durante a exibição.
5. Após o vídeo, dividir a turma em grupos de 3 a 5 estudantes e distribuir cópias da "Declaração Universal dos Direitos da Água" e do texto "Mundo sem Água" para os estudantes (explicar que esse grupo será o mesmo no desenvolvimento de todas as atividades).
6. Pedir para que eles discutam e destaquem o que consideram mais relevantes e registrem no diário de bordo do grupo. (Orientar os grupos a colocarem a data, o nome dos estudantes presentes no dia, o título dos textos e vídeos utilizados em aula e depois as observações e discussões do grupo).
7. Estipular um tempo de vinte minutos para que eles leiam os textos e discutam sobre os mesmos. (Monitorar -selecionar: enquanto os grupos discutem entre si, acompanhar as discussões, orientando-os sempre que for necessário e, ao mesmo tempo, realizar uma seleção prévia dos grupos e/ou dúvidas para serem levados à discussão geral, com toda a sala )
8. Promover uma discussão em sala, onde cada grupo compartilha suas descobertas e opiniões sobre o uso sustentável da água, seguindo uma sequência estabelecida pelo professor enquanto acompanhava as discussões dos grupos (sequenciar- estabelecer conexões).
9. Estimulá-los a defender suas perspectivas e respeitar as opiniões divergentes.
10. Registrar no quadro branco o que os estudantes consideraram importante, os problemas levantados, as hipóteses, sugestões ou soluções mais relevantes elencadas pelos grupos.
11. Procurar relacionar as perguntas e sugestões dos estudantes com a questão do reaproveitamento da água da chuva e uso consciente da água.
12. Se houver tempo disponível no final da aula, propor que os estudantes escolham um nome para sua equipe/grupo e façam uma contracapa para seu diário de campo.

#### PERGUNTAS PARA NORTEAR AS DISCUSSÕES:

Em sua opinião, por que devemos nos preocupar com o uso consciente da água?

- b. A água é um recurso infinito?
- c. Será que utilizamos a água de forma adequada?
- d. Por que devemos nos preocupar com o uso responsável e consciente da água?
- e. Como eu posso evitar o desperdício de água?
- f. Você sabe de onde vem a água que consumimos?
- g. Por que as enchentes acontecem?
- h. Vocês já viram situações de desperdício ou mau uso de água na escola?

## Mundo sem água

A água é essencial para a manutenção da vida, no entanto, a água potável é um recurso natural finito, ou seja, terá um fim. A água potável existente nos dias atuais não ultrapassa 2,5% do total de água presente no planeta.

A água é um elemento natural **essencial para a sobrevivência animal e vegetal no planeta Terra**. Sabemos que a cada ano que passa ela está se tornando cada vez mais escassa, tanto pelo aquecimento global provocado pela emissão de gases poluentes emitidos pelos seres humanos, quanto pela poluição das águas potáveis com esgotos urbanos.

Na história da humanidade, os rios desempenharam função elementar no surgimento das primeiras civilizações: **eram utilizados para o transporte de pessoas e mercadorias**; e tiveram importante papel para a sobrevivência de vários povos, primeiramente **abastecendo civilizações com peixes e água potável** e, posteriormente, com o **desenvolvimento da agricultura**.

As civilizações da chamada **Antiguidade Oriental**, principalmente a **Mesopotâmia** e o **Egito Antigo**, souberam utilizar as inundações ou cheias dos **rios Tigres e Eufrates** (Mesopotâmia) e do **rio Nilo** (Egito) para fertilizar as terras. Dessa maneira, as terras ficavam férteis para a prática da agricultura. Além disso, desenvolveram a **construção de barragens** (para acumular as águas dos rios no período das secas, com a finalidade de irrigar as plantações) e **diques** (para evitar que as inundações dos rios destruíssem essas plantações).

É importante ressaltar que os territórios nos quais se encontravam a Mesopotâmia e o Egito Antigo **eram regiões áridas com poucas condições de sobrevivência**, portanto **as águas dos rios foram fundamentais para o desenvolvimento dessas civilizações**.

Atualmente, decorridos vários séculos, a água continua essencial para a manutenção da vida no mundo. No entanto, **a água potável é um recurso natural finito**, ou seja, que terá um fim. Nos dias de hoje, **2,5% de toda água presente no mundo é potável** e 97,5% é de água salgada (que não utilizamos para o consumo).

Desse percentual de água doce citado acima (2,5%), **apenas 0,3% representa águas de rios e lagos**, o restante (2,2%) de água potável se encontra em **lençóis freáticos e geleiras**. Dessa maneira, de toda água existente no mundo, somente uma pequena parte está disponível para o consumo humano.

Portanto, quais são os fatores que estão contribuindo para tornar a pequena parte de água potável que existe no mundo ainda mais escassa para o consumo? Respondendo a questão, diversos são os fatores que contribuem para esse estado alarmante, como a **poluição**, a **urbanização** e a **industrialização**. Ou seja, esgotos e dejetos jogados nos rios em virtude da urbanização e da industrialização e o **desperdício de água** pelas populações das cidades estão contribuindo consideravelmente para a escassez de água potável no mundo.

Atualmente, reverter esse processo de poluição e escassez da água potável é um dos maiores desafios da sociedade. Precisamos evitar uma crise mundial de abastecimento de água tanto para as gerações do presente quanto para as gerações do futuro. Para isso, o poder público deve iniciar um programa de conscientização e educação para manutenção da água potável no mundo.

Por Leandro Carvalho

Disponível em:

<https://www.historiadomundo.com.br/curiosidades/mundo-sem-agua.htm>

## **Declaração Universal dos Direitos da Água** (\*)

1. A água faz parte do patrimônio do planeta. Cada continente, cada povo, cada nação, cada região, cada cidade, cada cidadão, é plenamente responsável aos olhos de todos.
2. A água é a seiva de nosso planeta. Ela é condição essencial de vida de todo vegetal, animal ou ser humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura.
3. Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, a água deve ser manipulada com racionalidade, precaução e parcimônia.
4. O equilíbrio e o futuro de nosso planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos. Estes devem permanecer intactos e funcionando normalmente para garantir a continuidade da vida sobre a Terra. Este equilíbrio depende em particular, da preservação dos mares e oceanos, por onde os ciclos começam.
5. A água não é somente herança de nossos predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como a obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras.
6. A água não é uma doação gratuita da natureza; ela tem um valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo.
7. A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis.
8. A utilização da água implica respeito à lei. Sua proteção constitui uma obrigação jurídica para todo homem ou grupo social que a utiliza. Esta questão não deve ser ignorada nem pelo homem nem pelo Estado.
9. A gestão da água impõe um equilíbrio entre os imperativos de sua proteção e as necessidades de ordem econômica, sanitária e social.
10. O planejamento da gestão da água deve levar em conta a solidariedade e o consenso em razão de sua distribuição desigual sobre a Terra.

---

(\*) *Aprovada pela Organização das Nações Unidas em 22/3/1992, dia instituído pela ONU como o "Dia Mundial da Água".*

## PLANEJAMENTO II

Etapa da Modelagem: Interação

a. Exposição sobre o tema

- Número de aulas: 2
- Objetivos:
  - Estimular a pesquisa e a discussão em grupos sobre o tema "Uso Sustentável da Água", aprofundando o conhecimento dos estudantes;
  - (EM13MAT314) Resolver e elaborar problemas que envolvem grandezas determinadas pela razão ou pelo produto de outras (velocidade, densidade demográfica, energia elétrica etc.);
  - (EM13MAT104) Interpretar taxas e índices de natureza socioeconômica (índice de desenvolvimento humano, taxas de inflação, entre outros), investigando os processos de cálculo desses números, para analisar criticamente a realidade e produzir argumentos.
- Recursos:
  - Datashow, notebook, xérox dos textos e imagens de gráficos e infográficos.

ANTECIPAÇÕES		
Ações esperadas dos estudantes	Dificuldades e/ou questionamentos	Mediação do professor pesquisador a partir das dúvidas dos estudantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assistam com atenção ao vídeo “ONU: Mundo enfrenta uma crise de água e precisa reagir”;</li> <li>• Compreendam os gráficos sobre a distribuição de água no Brasil e no mundo, percebendo a desigualdade na distribuição desse recurso;</li> <li>• Consigam realizar cálculos básicos de porcentagem referentes à análise da disponibilidade de água no Brasil e no mundo fornecidas nos gráficos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade para acompanharem o vídeo e compreenderem os conceitos abordados pelo fato do mesmo ser legendado;</li> <li>• Dificuldades em expressarem suas ideias e opiniões;</li> <li>• Dificuldades em compreenderem os conceitos de porcentagem apresentados nos gráficos;</li> <li>• Dificuldades com cálculos matemáticos básicos;</li> <li>• Dificuldade de leitura e interpretação dos gráficos sobre a distribuição de água potável no Brasil e no mundo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentivar os estudantes a assistirem ao vídeo e realizarem a análise dos gráficos com atenção;</li> <li>• Propor questionamentos com base nos dados apresentados nos gráficos, levando os estudantes a refletirem sobre as informações contidas;</li> <li>• Monitorar as discussões em grupo, orientando-os quando necessário;</li> <li>• Registrar em seu diário de campo observações relevantes para levar para o momento de discussão;</li> <li>• Selecionar e sequenciar as respostas dos grupos consideradas importantes para serem compartilhadas com todo o grupo para assim organizar o momento de discussão.</li> </ul>

Desenvolvimento

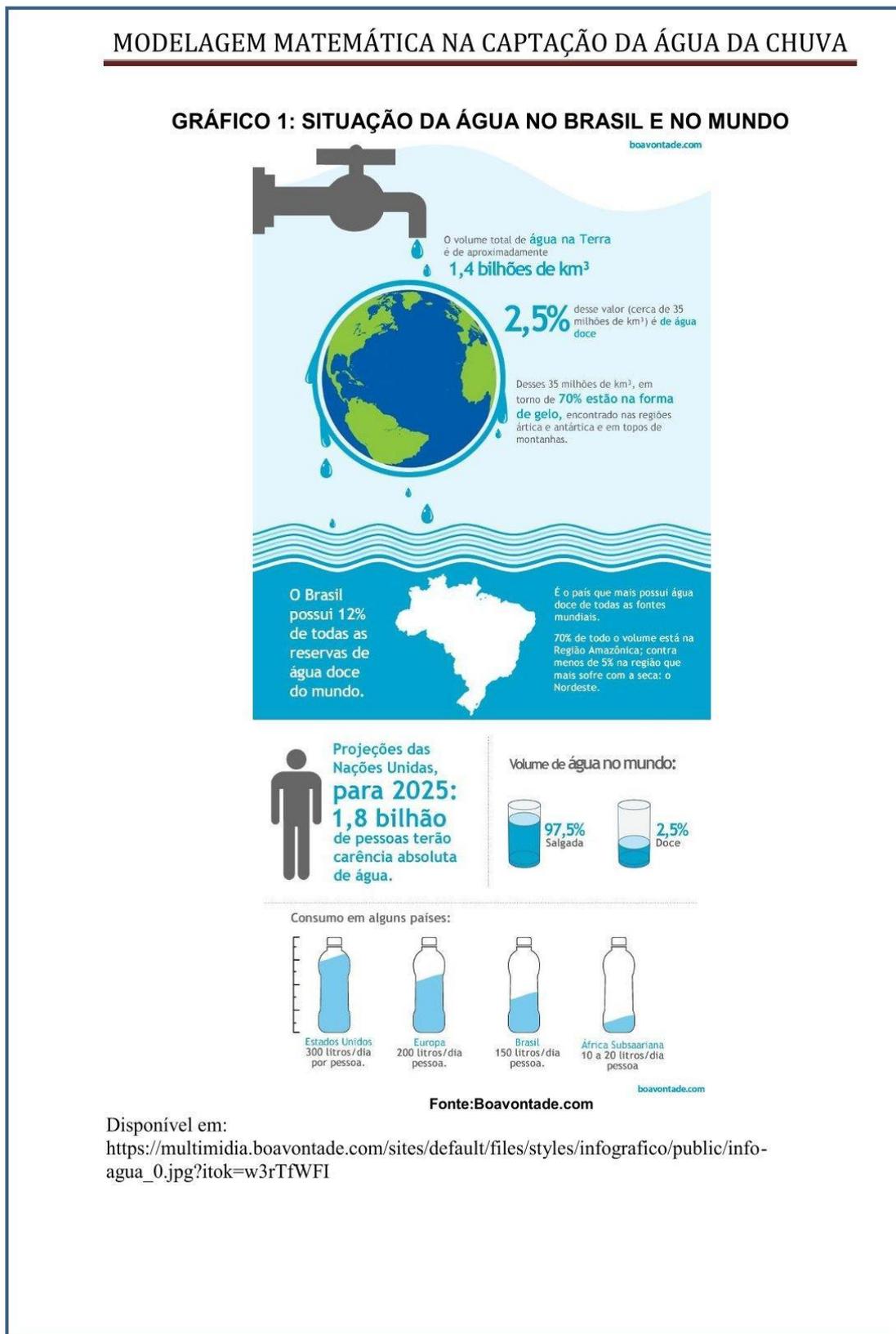
## Aula 3 e 4:

1. Iniciar a aula exibindo o vídeo: “ONU: mundo enfrenta crise de água e precisa reagir”(legendado)3m56s disponível em [https://www.youtube.com/watch?v=1RLhXg\\_7bKw](https://www.youtube.com/watch?v=1RLhXg_7bKw) .
2. Após apresentação do vídeo, pedir aos estudantes que se organizem em grupos para registrarem o que consideraram mais relevante no vídeo em seus diários de bordo;
3. Entregar aos estudantes gráficos impressos sobre a distribuição de água no Brasil e no mundo para leitura e análise, com questões norteadoras envolvendo porcentagem, razão e proporção (conteúdos estes que fazem parte do conteúdo do DC-GOEM), para que possam discutir e resolver conjuntamente, aproveitando o momento de familiarização para revisar o conteúdo;
4. Acompanhar as discussões dos grupos fazendo observações e fornecendo orientações, sem fornecer as respostas (monitorar selecionar);
5. Organizar a sala em semicírculo, estabelecendo qual será a ordem em que os grupos exporão suas respostas e conclusões (sequenciar);
6. Promover a discussão e exposição das respostas fornecidas pelos grupos, buscando relacionar as apresentações visando ao desenvolvimento coletivo das ideias matemáticas e de Educação Ambiental;
7. Conduzir as exposições de forma a levar os estudantes refletirem sobre os problemas envolvendo a questão hídrica ao mesmo tempo em que desenvolvem conhecimentos matemáticos envolvendo porcentagem, razão e proporção.

#### PERGUNTAS PARA ORIENTAR AS DISCUSSÕES EM GRUPO:

1. Se 70% da Terra está coberta por água, quantos por cento da superfície é coberta por terra?
2. Se 2,5% da água do planeta é doce, e desse montante, apenas 1% está disponível para consumo:
  - a) Então qual a porcentagem da água doce está disponível para consumo humano em relação ao total de água no planeta?
  - b) Quanto isso representa em  $\text{km}^3$ ?
  - c) Você acha que essa quantidade de água disponível para consumo é muito ou pouco?
3. O Brasil possui 12% do total de água doce disponível no planeta, então quanto em  $\text{km}^3$  de água temos disponível para consumo?
4. Qual região do Brasil possui a maior porcentagem de água doce disponível? Compare com a população dessa região.
5. Qual região tem a menor porcentagem de água doce? Compare com a população dessa região.

Gráficos e infográficos utilizados na aula:



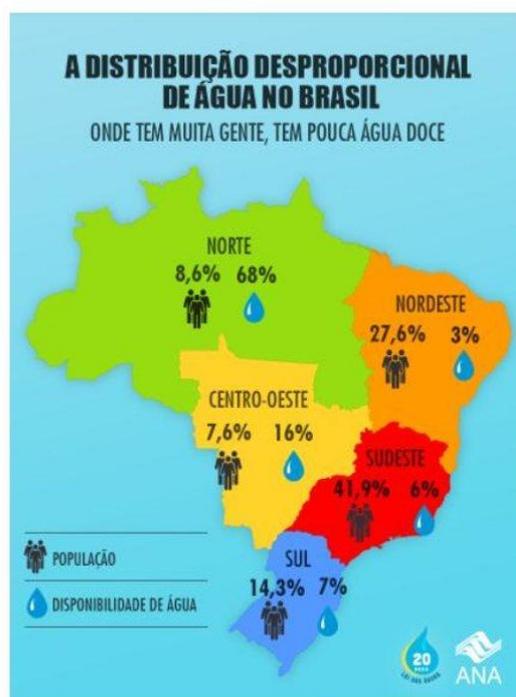
## MODELAGEM MATEMÁTICA NA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

GRÁFICO 2:



Disponível em: <https://s3.static.brasilescuela.uol.com.br/img/2015/02/distribuicao-da-agua.jpg>

GRÁFICO 3:



Disponível em: <https://autossustentavel.com/wp-content/uploads/2020/10/Distribuicao-de-Agua-no-Brasil.png>

## MODELAGEM MATEMÁTICA NA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

GRÁFICO 4: ÁGUA VIRTUAL OU PEGADA HÍDRICA



[https://envolverde.com.br/wp-content/uploads/infografico\\_agua.jpg](https://envolverde.com.br/wp-content/uploads/infografico_agua.jpg)

## PLANEJAMENTO III

Etapa da Modelagem: Interação

b) Familiarização com o tema e levantamento de questões

- Número de aulas: 2
- Objetivos:
  - Estimular a pesquisa e a discussão em grupos sobre o tema "Uso Sustentável da Água", aprofundando o conhecimento dos estudantes;
  - Entender e explicar a realidade, colaborar com a sociedade e continuar a aprender (Competência Geral 1 - BNCC);
  - Investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (Competência Geral 2 - BNCC).
  - Formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns com base em direitos humanos, consciência socioambiental, consumo responsável e ética (Competência Geral 7 - BNCC).
- Recursos:
  - Laboratório móvel, xérox dos roteiros de pesquisa.

ANTECIPAÇÕES		
Ações esperadas dos estudantes	Dificuldades e/ou questionamentos	Mediação do professor pesquisador a partir das dúvidas dos estudantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participem ativamente da aula, sabendo manusear os recursos digitais para a realização das pesquisas, buscando sempre sites confiáveis;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade em encontrar dados específicos sobre recursos hídricos e eventos climáticos passados;</li> <li>• Complexidade na compreensão do conceito de pegada hídrica e sua aplicação prática.</li> <li>• Incerteza sobre a viabilidade e eficácia de alternativas para reutilização da água.</li> <li>• Dúvidas sobre como comparar o consumo de água em diferentes setores e sua relevância para a sustentabilidade.</li> <li>• Falta de clareza sobre as fontes de poluição da água e seus impactos na comunidade.</li> <li>• Dificuldade em selecionar e organizar os dados relevantes para a pesquisa;</li> <li>• Dificuldades em expressarem suas ideias e opiniões;</li> <li>• Dificuldades em compreenderem os</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propor questionamentos com base nos dados apresentados pelos estudantes, levando-os a refletir sobre as informações contidas;</li> <li>• Monitorar as pesquisas, orientando-os quando necessário;</li> <li>• Registrar em seu diário de campo observações relevantes para levar para o momento de discussão;</li> <li>• Orientar na busca por dados e compreensão de conceitos complexos;</li> <li>• Estimular o debate e reflexão sobre as questões levantadas;</li> <li>• Oferecer feedback construtivo durante o processo de aprendizagem;</li> <li>• Estimular a ação e engajamento dos estudantes na busca por informações sobre uso da água, sua disponibilidade, sua oferta e saneamento.</li> </ul>

	<b>conceitos de porcentagem apresentados em gráficos;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Dificuldades com cálculos matemáticos básicos;</b></li> <li>● <b>Dificuldade de leitura e interpretação de textos e dados matemáticos.</b></li> </ul>	
--	---	--

### Desenvolvimento

#### Aulas 5 e 6: Pesquisa em laboratório

1. Com o uso do laboratório móvel, incentivar os grupos a conduzirem pesquisas na internet sobre:
  - Recursos hídricos de Anápolis: que rios abastecem a cidade de Anápolis? (Ribeirão Piancó e do Córrego Capivari); Qual a porcentagem de pessoas com acesso à água potável e saneamento básico em Anápolis? Sala de Situação Hídrica: site da Saneago que mostra a situação da vazão do Ribeirão Piancó e rio Capivari, mapas e gráficos que mostram os níveis dos reservatórios. <https://qliksense-gap.saneago.com.br/extensions/saladesituacao/saladesituacao.html>;
  - Histórico de secas e enchentes entre 10 e 20 anos ou períodos de racionamento de água (os estudantes poderão ter dificuldades em obter esses dados);
  - Consumo de água no município de Anápolis: indicar o site aos estudantes <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/go/anapolis>.
  - Quanta água um anapolino consome em média por dia?
  - Pegada hídrica: propor que eles pesquisem o seu significado e procurem dados sobre pegada hídrica de alguns itens que eles considerem essenciais para sua subsistência, tais como: arroz, feijão, etc. Com esses dados, deverão construir uma tabela e efetuar cálculo com base na pegada hídrica do consumo médio dos integrantes do grupo durante uma semana;
  - Outras formas de reutilizar a água, além das levantadas pelos grupos na aula anterior (caso os estudantes não tenham sugerido o aproveitamento da água da chuva, o professor pode levantar essa possibilidade e questionar os estudantes sobre sua viabilidade).
  - Consumo de água em diferentes setores: Pedir para os estudantes pesquisarem e compararem o consumo de água em setores como residencial (uso doméstico), industrial (indústrias e fábricas) e agrícola (irrigação de cultivos). Eles podem buscar dados estatísticos, gráficos e exemplos práticos.
  - Fontes de poluição da água: Investigar as principais fontes de poluição da água, como esgoto doméstico, resíduos industriais e agroquímicos. Eles podem buscar informações sobre os impactos dessas fontes de poluição na qualidade da água e possíveis soluções.
  
2. Entregar o roteiro impresso com orientações para a realização da pesquisa (anexo)

3. Auxiliar os estudantes a coletarem os dados de fontes confiáveis, como órgãos governamentais;
4. Orientar os estudantes a organizarem os dados coletados em tabelas e/ou gráficos quando for conveniente e relatarem suas discussões e conclusões no diário de campo; (monitorar selecionar)
5. Promover momento de exposição e discussão dos dados coletados em sala de aula. (sequenciar estabelecer conexões)

### Sugestão de roteiro para pesquisa (aulas 5 e 6)

#### Tópico 1: Consumo de água em diferentes setores (residencial, industrial e agrícola)

1. Pesquise, compare e colete dados sobre o consumo de água em cada setor no Brasil e em outras regiões do mundo
2. Crie tabelas ou gráficos para representar esses dados.
3. Destaque os setores que consomem mais água e discuta por que isso acontece.

#### Tópico 2: Fontes de poluição da água

1. Identifique as principais fontes de poluição da água, como esgoto, resíduos industriais, produtos químicos, etc.
2. Pesquise casos de poluição da água em sua região ou em locais conhecidos.
3. Descreva os impactos da poluição da água na saúde humana e no meio ambiente.
4. Pesquise medidas de prevenção e controle da poluição da água.

#### Tópico 3: Pegada hídrica

1. Explique o conceito de pegada hídrica.
2. Pesquise e selecione produtos de consumo comuns, como alimentos, roupas e eletrônicos. Em seguida, descubra como calcular a pegada hídrica desses produtos.
3. Pesquise e liste exemplos de alimentos com alta e baixa pegada hídrica. Explique por que alguns alimentos têm uma pegada hídrica significativamente maior do que outros.
4. Investigue como a escolha de alimentos e hábitos alimentares podem afetar a pegada hídrica de uma pessoa. Compare, por exemplo, o consumo de carne com o consumo de vegetais em termos de pegada hídrica.
5. Pesquise estratégias e práticas que podem ajudar a reduzir a pegada hídrica pessoal e global.
6. Apresente as descobertas da pesquisa em formato de tabelas, gráficos ou relatórios. Destaque produtos com alta e baixa pegada hídrica e forneça recomendações para reduzir a pegada hídrica pessoal.

#### Tópico 4: Maneiras de reutilização da água

1. Pesquise exemplos de reuso de água em diferentes contextos, como em residências, escolas, empresas e espaços públicos. Identifique como a água é coletada, tratada e reutilizada.
2. Descreva os benefícios do reuso da água, como economia de recursos hídricos.
3. Destaque casos de sucesso de reuso de água ao redor do mundo.

#### Tópico 5: Como evitar o desperdício de água

1. Pesquise práticas cotidianas que podem levar ao desperdício de água.

2. Liste medidas para evitar o desperdício de água em casa, na escola e na comunidade.
3. Destaque a importância da conscientização sobre o uso responsável da água.

#### Tópico 6: Recursos hídricos de Anápolis

1. Pesquise informações sobre os recursos hídricos da cidade de Anápolis, como rios , reservatórios e aquíferos (quais abastecem a cidade?). Qual a porcentagem de pessoas com acesso à água potável e saneamento básico em Anápolis?
2. Colete dados históricos sobre secas e enchentes na região nos últimos 10 a 20 anos.
3. Pesquise o consumo médio de água por habitante em Anápolis.
4. Apresente os dados em tabelas, gráficos ou mapas para melhor visualização.

## PLANEJAMENTO IV

Etapa da Modelagem: Interação

c) Levantamento de dados e questões

- Número de aulas: 3
- Objetivos:
  - Refletir sobre os pontos importantes levantados nas aulas anteriores, relacionando os problemas elencados, as hipóteses e as sugestões de soluções propostas;
  - Realizar uma análise da situação da escola em relação ao uso da água, identificando práticas sustentáveis e áreas de melhoria;
  - Levar os estudantes a refletirem sobre os problemas da escola e da comunidade em que vivem, propondo soluções para problemas relacionados às questões de escassez de água.
  - Capacitar os estudantes a desenvolverem habilidades de resolução de problemas, propondo soluções práticas e viáveis para os desafios relacionados à água.
- Recursos:
  - *Datashow*, xerox do roteiro para exploração das dependências da escola.

ANTECIPAÇÕES		
Ações esperadas dos estudantes	Dificuldades e/ou questionamentos dos estudantes	Mediação do professor pesquisador a partir das dúvidas dos estudantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participem ativamente da aula, dando contribuições com relação aos pontos mais importantes, aos problemas e soluções elencados;</li> <li>• Tenham espírito colaborativo e auxiliem os colegas que tiverem dificuldades em realizar a investigação dos espaços físicos da escola;</li> <li>• Consigam organizar os dados coletados;</li> <li>• Tenham habilidade para expressar suas conclusões a partir da exploração realizada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os estudantes podem não estar inicialmente cientes da importância do uso sustentável da água, o que pode afetar sua motivação para identificar problemas e soluções.</li> <li>• Os estudantes podem ter dificuldades em identificar problemas relacionados ao uso da água, pois nem todos os problemas são óbvios;</li> <li>• Os estudantes podem ter dificuldade em entender como o sistema de água da escola funciona, incluindo o abastecimento e a distribuição;</li> <li>• estudantes podem não saber como procurar por caixas d'água, medidores ou outras partes do sistema.</li> <li>• Os estudantes podem ter dificuldades em propor soluções práticas que sejam viáveis dentro das limitações da escola;</li> <li>• Os estudantes podem ter ideias criativas, mas nem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientar os estudantes para perceber áreas onde a água é desperdiçada ou mal utilizada;</li> <li>• Acompanhar os estudantes na exploração das dependências da escola, de forma a auxiliá-los e orientá-los quanto às dúvidas que possam ter com relação ao abastecimento, distribuição e uso da água na escola;</li> <li>• Acompanhar os grupos para que se organizem quanto ao tempo e divisão de tarefas, de forma que todos possam contribuir para a pesquisa no tempo estipulado.</li> </ul>

	<p>todas serão realistas de implementar;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os estudantes podem ter dificuldade em trabalhar efetivamente em grupo para compartilhar observações, discutir problemas e propor soluções</li> <li>• Os estudantes podem não imediatamente relacionar os problemas que identificam com a possibilidade de captação de água da chuva como uma solução;</li> <li>• Os estudantes podem ter dificuldades em organizar as informações coletadas de maneira eficaz para posterior análise e apresentação.</li> <li>• Os estudantes podem ter dificuldade em gerenciar seu tempo com eficiência.</li> </ul>	
--	--	--

## Desenvolvimento

Aula 7 a 9:

### Investigação das Dependências da Escola

1. Introdução à Investigação: Explicar aos estudantes que agora eles terão a oportunidade de investigar as dependências da escola para identificar problemas reais relacionados ao uso da água e possíveis soluções. Destacar a importância de observar atentamente e fazer anotações detalhadas.
2. Entregar aos estudantes o roteiro para investigação (ao final desse planejamento): (monitorar)
  - Mostrar no *datashow* a imagem da escola disponível no endereço: <https://www.google.com/maps/@-16.3125449,-48.9594513,245m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>, procurando explicar como o roteiro foi dividido de acordo com os pavilhões e espaços de investigação;
  - Pavilhões e Áreas: Explicar que todos os grupos deverão investigar todas as dependências da escola, mas que eles poderão se dividir para agilizar o processo;
  - Observações: Durante a investigação, deverão observar o uso da água. Prestar atenção em torneiras, pias, vasos sanitários, bebedouros, sistemas de irrigação, chuva e escoamento da água da chuva, entre outros.
  - Coleta de Dados: Façam anotações sobre o que observarem, tirando fotos, se possível. Registrem o número de torneiras, pias, vasos sanitários, etc., e observem se há vazamentos visíveis.
  - Entrevistas: Se possível, conversem com funcionários da escola, sobre o sistema de água e possíveis problemas ou soluções que eles tenham notado. Assim como sobre a limpeza e demais usos da água para manutenção da escola. Procurem informações sobre número de estudantes e funcionários da

escola, pois todos fazem uso dos banheiros, bebedouros, etc. da escola. (sugestão de roteiro de entrevista no apêndice 6).

3. Discussão dos Resultados: Após a investigação, reunir a turma e pedir que cada grupo organize os dados coletados em tabelas e depois compartilhem com os outros grupos. Destaque os problemas identificados e as possíveis áreas para melhorias. (Selecionar ⇒ Sequenciar)

4. Relação com Soluções Sugeridas: Voltar às soluções propostas anteriormente. Os problemas identificados na escola se relacionam com as soluções discutidas nas aulas anteriores? Discutir como as soluções podem ser aplicadas à escola. (Estabelecer conexões).

5. Encerrar esse momento com a pergunta: A captação da água da chuva pode ser uma solução para reduzir o consumo de água potável na escola? O que devemos analisar para determinar a viabilidade da instalação de um sistema de captação da água da chuva? Levá-los a perceber que a viabilidade do sistema de captação de água da chuva depende basicamente da “precipitação, área de coleta e demanda”. Registrar as sugestões no quadro, orientando-os durante esse processo.

6. Se houver tempo disponível, apresentar a reportagem exibida no jornal Anhanguera sobre a reutilização das águas cinzas e captação da água da chuva, disponível no endereço <https://g1.globo.com/go/goias/edicao/2023/09/27/videos-jornal-anhanguera-1-edicao-de-quarta-feira-27-de-setembro-de-2023.ghtml>.

## Roteiro de Exploração das Dependências da Escola - Uso Sustentável da Água

*Objetivo: Identificar problemas relacionados ao uso da água na escola e levantar possíveis soluções.*

### Passo 1: Observação Inicial

- Comece observando o ambiente ao seu redor.
- Pergunte a si mesmo: Onde podemos encontrar problemas relacionados ao uso da água?

### Passo 2: Levantamento de Dados

- Verifique e anote a quantidade de banheiros na escola e anote quantos deles possuem vasos sanitários, pias, chuveiros e torneiras.
- Verifique e anote a quantidade de bebedouros, lavatórios e/ou escovódromos.
- Pergunte-se: Como podemos tomar o uso desses recursos mais eficiente?

### Passo 3: Sistema de Abastecimento

- Descubra se a escola possui um único sistema de abastecimento de água ou se cada pavilhão tem seu próprio sistema.
- Observe se existem caixas d'água em cada pavilhão.

### Passo 4: Pavilhão 1

- Dirija-se ao primeiro pavilhão. Verifique quais salas/dependências estão instaladas em cada um dos blocos desse pavilhão e anote no diário de campo.
- Observe o uso da água nesses espaços.
- Pergunte a si mesmo: Há desperdício de água aqui? Como poderíamos melhorar o uso da água nesse pavilhão?

### Passo 5: Espaço Aberto

- Dirija-se aos espaços abertos: jardins, as quadras sem cobertura e a horta escolar.
- Observe se há água sendo desperdiçada nessa área ou como está sendo utilizada.
- De onde vem a água que rega os jardins e a horta?
- Pergunte a si mesmo: Como poderíamos usar a água de forma mais eficiente nesses espaços?

### Passo 6: Pavilhão 2

- Prossiga para o segundo pavilhão.
- Observe o uso da água nas áreas comuns, na cozinha, banheiros e nas salas de aula.
- Pergunte a si mesmo: Existem oportunidades para economizar água aqui? Como? Há maneiras de reduzir o consumo de água potável na cozinha e banheiros?

### Passo 7: Entrevista (sugestão)

- Procurem conversar com a direção ou coordenação para obter informações quanto ao número de funcionários por turno e de alunos do colégio;
- Se possível, conversem com as zeladoras ou cozinheiras, etc. sobre o sistema de água e possíveis problemas ou soluções que elas tenham notado. Assim como sobre a limpeza e demais usos da água para manutenção da escola.

**Voltando para a sala...**

### Passo 8: Identificação de Problemas e Soluções (10 minutos)

- Reúna-se com seu grupo e compartilhe as observações feitas em todas as dependências da escola.
- Discuta os problemas identificados e sugira possíveis soluções.

### Passo 9: Registro (05 minutos)

- Registre todas as observações, problemas e sugestões de melhoria nos diários de campo.

### Passo 10: Discussão em Grupo (15 minutos)

- Reúna-se com toda a turma para compartilhar as descobertas, discutir as soluções propostas e considerar como as informações adicionais afetam a compreensão dos problemas.



## PLANEJAMENTO V

### Etapa da Modelagem: Matematização

- Número de Aulas: 2
- Objetivos:
  - Compreender conceitos matemáticos relacionados à precipitação e ao cálculo da quantidade de chuva (índice pluviométrico), estimulando a compreensão e a aplicação pelos estudantes;
  - (EM13MAT201) Propor ou participar de ações adequadas às demandas da região, preferencialmente para sua comunidade, envolvendo medições e cálculos de perímetro, de área, de volume, de capacidade ou de massa.
  - (EM13MAT309) Resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo de áreas totais e de volumes de prismas, pirâmides e corpos redondos em situações reais (como o cálculo do gasto de material para revestimento ou pinturas de objetos cujos formatos sejam composições dos sólidos estudados), com ou sem apoio de tecnologias digitais.
- Recursos:
  - *Datashow, notebook.*

ANTECIPAÇÕES		
Ações esperadas dos estudantes	Dificuldades e/ou questionamentos	Mediação do professor pesquisador a partir das dúvidas dos estudantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreendam os conceitos de precipitação, índice pluviométrico e pluviosidade;</li> <li>• Saibam relacionar os conceitos de medidas de volume, áreas e comprimento no cálculo do índice pluviométrico da escola;</li> <li>• Consigam realizar cálculos envolvendo conversão de medidas de capacidade, volume, área e comprimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouco interesse pelo tema abordado;</li> <li>• Dificuldades em expressarem suas ideias e opiniões;</li> <li>• Dificuldades em compreenderem e aplicarem os conceitos geométricos de volume, área e conversão de medidas no cálculo do índice pluviométrico;</li> <li>• Dificuldades com cálculos matemáticos básicos;</li> <li>• Dificuldade de leitura e interpretação;</li> <li>• <u>(EM13MAT201) Propor ou participar de ações adequadas às demandas da região, preferencialmente para sua comunidade, envolvendo medições e cálculos de perímetro, de área, de volume, de capacidade ou de massa.</u></li> <li>• <u>(EM13MAT309) Resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo de áreas totais e de volumes de prismas, pirâmides e corpos redondos em situações reais (como o cálculo do gasto de material para revestimento ou pinturas de objetos cujos formatos sejam composições dos sólidos estudados), com ou sem apoio de tecnologias digitais.</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorar as discussões em grupo, orientando-os quando necessário;</li> <li>• Registrar em seu diário de campo observações relevantes para levar para o momento de discussão;</li> <li>• Selecionar e sequenciar as respostas dos grupos consideradas importantes para serem partilhadas com todo o grupo para assim organizar o momento de discussão.</li> </ul>

## Desenvolvimento

### Aula 10 e 11:

1. Iniciar a aula lembrando os estudantes sobre a exploração realizada nas aulas anteriores, expondo no datashow as três tabelas construídas pelos grupos, comentando sobre as duas já apresentadas pelos grupos na semana anterior. Solicitar que o grupo Pudim exponha os dados da sua exploração e sua tabela;
2. Comentar sobre os problemas detectados na construção das tabelas e pedir sugestões de melhorias para que elas sejam aperfeiçoadas. Ao final apresentar uma sugestão de estrutura de tabela para a turma.
3. Usando o datashow, realizar uma explanação geral sobre os problemas elencados nas aulas anteriores, conectando-os com os problemas identificados pelos estudantes durante a exploração. Perguntas norteadoras: Quais dos problemas citados anteriormente vocês identificaram na nossa escola? Quais das soluções propostas podem ser implementadas em nossa escola? A captação da água da chuva pode ser uma solução para reduzir o consumo de água potável na escola?
4. Caso os estudantes sugeriram que a captação da água da chuva é viável para a escola, apresentar a reportagem exibida no jornal Anhanguera sobre a reutilização da água da chuva e construção de uma minicisterna, disponível no endereço <https://globoplay.globo.com/v/9740526/>.
5. Em seguida, questionar quais as variáveis que deverão ser analisadas para implantação desse sistema de captação. Espera-se que eles entendam que é necessário analisar a área de captação, o volume captado e para isso precisamos analisar a precipitação, além da demanda.
6. Utilizando slides preparados antecipadamente, dar sequência à aula com as perguntas:
  - . Vocês sabem o que é precipitação? Índice Pluviométrico? Pluviosidade?
  - a. Se considerarmos que a captação da água da chuva é uma alternativa para diminuir o uso de água potável na escola, precisamos descobrir quanta chuva cai na escola. Mas... "Como medir a chuva?"
  - b. "Vocês sabem o que é um pluviômetro?"
7. Levar manchetes de reportagens que mostram índices pluviométricos da cidade de Anápolis, de Goiás e do Brasil;
8. Explicar os conceitos de precipitação e índice pluviométrico, destacando a importância dos cálculos para determinar a quantidade de chuva;
9. Retornar à manchete de jornal e explicar o seu significado, assim como os cálculos necessários para a determinação do índice pluviométrico e volume de água, mostrando a relação entre volume de água em litros e a precipitação em mm de chuva;
10. Em seguida, incentivá-los a pesquisar sobre como construir um pluviômetro com materiais recicláveis - um "pluviopet" e solicitar que tragam recipientes recicláveis em formato cilíndrico para a próxima aula;

Manchete utilizada na aula:



## PLANEJAMENTO VI

Etapa da Modelagem: Matematização, Modelo e Validação

- Número de Aulas: 5
- Objetivos:
  - Compreender conceitos matemáticos relacionados à Geometria Espacial, precipitação e ao cálculo da quantidade de chuva (índice pluviométrico), através da construção de um pluviômetro com materiais recicláveis, um “pluviopet”.
  - (EM13MAT201) Propor ou participar de ações adequadas às demandas da região, preferencialmente para sua comunidade, envolvendo medições e cálculos de perímetro, de área, de volume, de capacidade ou de massa.
  - (EM13MAT309) Resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo de áreas totais e de volumes de prismas, pirâmides e corpos redondos em situações reais (como o cálculo do gasto de material para revestimento ou pinturas de objetos cujos formatos sejam composições dos sólidos estudados), com ou sem apoio de tecnologias digitais.
- Recursos:
  - Laboratório móvel, recipientes recicláveis para construção do pluviômetro, caneta permanente, réguas, tesouras, fita adesiva, massa de cimento ou pedras.

ANTECIPAÇÕES		
Ações esperadas dos estudantes	Dificuldades e/ou questionamentos	Mediação do professor pesquisador a partir das dúvidas dos estudantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sigam as orientações para construção de um pluviômetro com garrafa pet;</li> <li>• Saibam relacionar os conceitos de medidas de volume, áreas e comprimento no cálculo do índice pluviométrico da escola;</li> <li>• Consigam realizar cálculos envolvendo conversão de medidas de capacidade, volume, área e comprimento;</li> <li>• Saibam a unidade de medida padrão da régua e saibam converter de centímetros para milímetros;</li> <li>• Compreendam como medir a circunferência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não levem as garrafas pet em formato cilíndrico para a construção dos pluviômetros;</li> <li>• Pouco interesse pela construção do pluviômetro;</li> <li>• Dificuldades em compreenderem e aplicarem conceitos geométricos de volume, área e conversão de medidas no cálculo do índice pluviométrico;</li> <li>• Não conheçam a unidade de medida padrão da régua e não saibam converter de centímetros para milímetros;</li> <li>• Dificuldade em medir a circunferência e o diâmetro da garrafa PET;</li> <li>• Dificuldades com cálculos matemáticos básicos;</li> <li>• <u>Dificuldade em “propor ou participar de ações adequadas às demandas da região, preferencialmente para sua comunidade, envolvendo medições e</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levar garrafas extras e os demais materiais necessários à construção dos pluviômetros;</li> <li>• Monitorar as construções dos grupos, orientando-os quando necessário;</li> <li>• Se necessário, exemplificar as conversões de unidades de medidas de comprimento, volume e capacidade;</li> <li>• Relembrar conceitos de comprimento de circunferência e diâmetro;</li> <li>• Registrar em seu diário de campo observações relevantes para levar para o momento de discussão;</li> <li>• Selecionar e sequenciar as respostas dos grupos</li> </ul>

e o diâmetro da garrafa PET.	<p><u>cálculos de perímetro, de área, de volume, de capacidade ou de massa” (EM13MAT201).</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade em “<u>resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo de áreas totais e de volumes de prismas, pirâmides e corpos redondos em situações reais (como o cálculo do gasto de material para revestimento ou pinturas de objetos cujos formatos sejam composições dos sólidos estudados), com ou sem apoio de tecnologias digitais (EM13MAT309).</u>”.</li> </ul>	consideradas importantes para serem compartilhadas com todo o grupo para assim organizar o momento de discussão.
------------------------------	---	--

### Desenvolvimento

Aulas: 12 a 16

1. Explicar aos estudantes que hoje eles irão construir um pluviômetro, ou “pluviopet”, com as garrafas que eles levaram;
2. Pedir que eles se organizem em grupos e entregar um roteiro (sugestão no final desse plano) para orientar a construção do pluviômetro;
3. Acompanhar, orientar e monitorar a construção dos pluviômetros; (monitoria)
4. Caso não esteja no período de chuvas, após o término da construção do pluviômetro, levar os grupos ao pátio e simular uma “chuva” pedindo que os grupos verifiquem qual a quantidade de chuva que caiu, isto é, qual o índice pluviométrico;
5. Incentivar os estudantes a estimarem a quantidade de chuva na região da escola por meio da análise dos pluviômetros diariamente, por pelo menos duas semanas e realizarem a construção de tabelas ou gráficos para representar os dados;
6. Pedir que os estudantes verifiquem alguns dados relacionados ao pluviômetro construído pelo grupo a fim de desenvolvermos e/ou verificarmos a aplicação de alguns conceitos geométricos.  
Perguntas sugeridas:
  - a. Qual a altura em centímetros do “pluviopet” construído pelo grupo a partir do marco zero da régua desenhada? E em milímetros?
  - b. Qual o índice pluviométrico máximo que seu pluviopet pode medir?
  - c. Qual a medida da circunferência e diâmetro do pluviopet em centímetros? E em milímetros?
  - d. Qual o volume máximo de água que o pluviopet pode captar em litros?
  - e. Qual a área de captação do seu pluviopet (área da seção transversal)? Aproveitar essa pergunta para questionar sobre a importância do “tamanho” da área de captação para determinar o volume de captação de água em um sistema de captação de água da chuva e comentar que como o cilindro é um prisma reto, a área de captação é a mesma da base.
7. Após essas análises preliminares, propor o seguinte problema para incentivar os estudantes a considerarem as variáveis importantes e a pensarem de forma

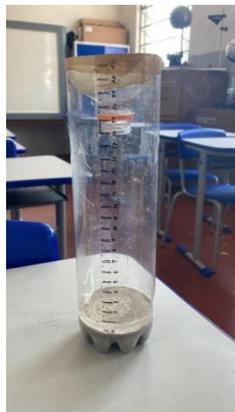
lógica sobre como essas variáveis se relacionam para calcular o volume de captação por meio do IP:

Problema: Suponha que o pluviopet construído pelo seu grupo está instalado em campo aberto, a uma altura média acima da superfície do solo, entre 1,0m e 1,5m. O aparelho está longe de qualquer obstáculo que possa prejudicar a medição, tais como árvores, prédios, relevo, etc. Após uma chuva, o índice pluviométrico marcado foi de 30 mm. Qual o volume de água captada em seu pluviopet?

8. Acompanhar as discussões dos grupos fazendo observações e fornecendo orientações (monitorar selecionar);
9. Tirar fotos das respostas dos grupos e projetar no datashow para o momento de discussão;
10. Organizar a sala em semicírculo, estabelecendo qual será a ordem em que os grupos exporão suas respostas e conclusões (sequenciar);
11. Promover a discussão e exposição das respostas fornecidas pelos grupos, buscando relacionar as apresentações visando ao desenvolvimento coletivo das ideias matemáticas; (Estabelecer conexões)
12. Conduzir as exposições de forma a desenvolver conceitos de volumes, áreas, unidades de medidas associados ao cálculo do índice pluviométrico e pluviosidade.
13. Após a exposição dos pluviopets e discussão das questões propostas, realizar a sua instalação nas dependências da escola, orientando os grupos para a realização da coleta diária do índice pluviométrico e registro dessas informações para futuras análises.

## Conhecendo as chuvas que caem em sua região

O pluviômetro é um equipamento muito simples que serve para medir a quantidade de água que caiu durante uma chuva. Para construir um pluviômetro caseiro, um “pluviopet”, iremos precisar de:



- . Uma garrafa pet cilíndrica (lisa);
- a. Uma régua plástica;
- b. Fita adesiva larga;
- c. Areia e cimento;
- d. Canetinha permanente;
- e. Ripa ou outro suporte para instalar o pluviopet;
- f. Pregos e martelo.

Passos:

- 1° - Corte a parte de cima da garrafa logo abaixo onde termina a curva, fazendo assim um funil.
- 2° - Misture a areia com cimento e coloque um pouco de água, formando uma massa, sem deixar ficar muito aguado.
- 3° - Coloque no fundo da garrafa até ficar levemente acima da linha entre a parte lisa e a curvatura da base.
- 4° - Dê várias batidinhas nas laterais da garrafa para assentar bem a massa. Ao chegar à linha, jogue um pouquinho de cimento sobre a água que deve ter empoçado, dê mais algumas batidinhas e deixe secar por 12 horas.
- 5° - Verifique se a superfície do cimento ficou bem plana. Caso não tenha ficado, jogue um pouquinho de cimento com água para deixá-la assim.
- 6° - Deixe secar por uns dois ou três dias.
- 7° - Usando a régua, faça marcações dos centímetros e milímetros por toda a altura da garrafa, a partir da base de cimento, de forma que o zero da régua fique exatamente rente a superfície do cimento.
- 8° - Coloque o funil na boca da garrafa e prenda com fita adesiva.  
 Para a maior eficiência do pluviômetro, é ideal instalá-lo em campo aberto a pelo menos a 1,5m de altura e distante de paredes, árvores ou qualquer outra coisa que atrapalhe a captação da água da chuva  
 Agora é só realizar a atividade, acompanhando as precipitações pluviométricas e anotando os dados obtidos. No final de um período (uma ou duas semanas), já se pode realizar a média da quantidade de chuva.

## 2ª Etapa: Modelagem Matemática da Captação da Água das Chuvas

**PLANEJAMENTO VII**

## Etapa da Modelagem: Interação e Matematização

- Número de aulas: 2
- Objetivos:
  - Investigar a viabilidade da instalação de um sistema de captação de água das chuvas no colégio;
  - (EM13MAT201) Propor ou participar de ações adequadas às demandas da região, preferencialmente para sua comunidade, envolvendo medições e cálculos de perímetro, de área, de volume, de capacidade ou de massa;
  - (EM13MAT309) Resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo de áreas totais e de volumes de prismas, pirâmides e corpos redondos em situações reais (como o cálculo do gasto de material para revestimento ou pinturas de objetos cujos formatos sejam composições dos sólidos estudados), com ou sem apoio de tecnologias digitais.
- Recursos:
  - *Datashow, notebook*, pedaços de papelão retangular e triangular, fita métrica, régua, trenas, transferidores, barbantes e fita adesiva.

<b>ANTECIPAÇÕES</b>		
<b>Ações esperadas dos estudantes</b>	<b>Dificuldades e/ou questionamentos</b>	<b>Mediação do professor pesquisador a partir das dúvidas dos estudantes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os estudantes devem resolver o problema do pluviômetro cilíndrico apresentado, aplicando os conceitos aprendidos anteriormente;</li> <li>• Os estudantes devem participar ativamente da comparação entre o volume de água captada por um pluviômetro e o volume de um reservatório, levantando hipóteses sobre como a área de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade em compreender como a área de captação influencia o volume de água captada;</li> <li>• Dificuldade em aplicar os conceitos de áreas e volumes em um contexto prático;</li> <li>• Dificuldade em determinar as dimensões de um telhado para calcular sua área de captação usando instrumentos de medidas;</li> <li>• dificuldade em aplicar conceitos trigonométricos para determinar medidas inacessíveis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentivar os estudantes a discutirem suas dúvidas e hipóteses, fornecendo apoio conforme necessário;</li> <li>• Guiar os estudantes na aplicação de fórmulas relevantes e na interpretação dos resultados;</li> <li>• Promover discussões em grupo e atividades práticas para reforçar o aprendizado.</li> </ul>

<p>captação afeta o volume captado;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estejam engajados na tarefa, demonstrando espírito colaborativo durante todo o processo de medições e os possíveis cálculos posteriores.</li> </ul>		
--	--	--

### Desenvolvimento

Aulas: 17 e 18

1. Iniciar a aula resolvendo o exemplo no quadro, similar ao problema proposto na aula anterior:
  - Exemplo: Considere um pluviômetro cilíndrico com diâmetro igual a 10cm. Após uma chuva, o índice pluviométrico marcado foi de 50 mm. Qual o volume de água captado pelo pluviômetro?
2. Orientar os estudantes a refazerem o problema em seus diários de campo.
3. Fazer uma comparação entre o volume de água captada por um pluviômetro e o volume de um reservatório.
 

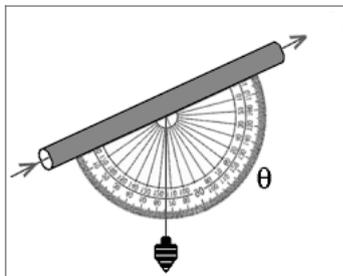
Perguntas:

  - . Se aumentarmos a área de captação, aumenta ou diminui o volume captado?
  - a. Como aumentar essa área de captação?
  - b. Se usarmos outra superfície como área de captação, como um telhado, como calcular o volume de água captado?
4. Levar materiais concretos para ilustrar em um sistema de captação, qual seria a área de captação (papelão, papel cartaz, etc.).
 

Perguntas:

  - Quais formas geométricas formam o telhado? Qual sólido geométrico?
  - Como calcular a área do telhado? Quais medidas precisamos encontrar? (Instigar os estudantes com questionamentos para que possam analisar quais dimensões precisam determinar).
5. Pedir aos estudantes que escolham o melhor local para a instalação do sistema de captação de água da chuva e realizem as medições necessárias para determinar as dimensões do telhado e calcular a área de captação.
6. Verificar a possibilidade de abordar o conteúdo de razões trigonométricas, além de áreas e volumes, durante o processo de determinar as dimensões do telhado.
7. Investigar se os estudantes já ouviram falar no teodolito e se sabem da sua utilidade. Caso ninguém tenha ouvido falar, mostrar o que é e propor sua

construção para determinar a altura da cumeeira e outros aspectos necessários.



## PLANEJAMENTO VIII

### Etapa da Modelagem: Interação e Matemática

- Número de aulas: 3
- Objetivos:
  - Investigar a viabilidade da instalação de um sistema de captação de água das chuvas no colégio;
  - (EM13MAT201) Propor ou participar de ações adequadas às demandas da região, preferencialmente para sua comunidade, envolvendo medições e cálculos de perímetro, de área, de volume, de capacidade ou de massa;
  - (EM13MAT309) Resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo de áreas totais e de volumes de prismas, pirâmides e corpos redondos em situações reais (como o cálculo do gasto de material para revestimento ou pinturas de objetos cujos formatos sejam composições dos sólidos estudados), com ou sem apoio de tecnologias digitais.
- Recursos:
  - *Datashow, notebook*, teodolitos construídos pelos grupos, instrumentos de medição.

ANTECIPAÇÕES		
Ações esperadas dos estudantes	Dificuldades e/ou questionamentos	Mediação do professor pesquisador a partir das dúvidas dos estudantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os estudantes devem verificar se os teodolitos construídos por eles estão prontos para uso, garantindo que todos os materiais estejam em ordem;</li> <li>• Eles devem prestar atenção e participar ativamente enquanto a professora orienta sobre a utilização correta do teodolito, tomando nota das medidas que precisam ser feitas;</li> <li>• Os estudantes devem demonstrar interesse em entender conceitos como ângulo de visão, distância e altura em relação ao uso do teodolito;</li> <li>• Durante a medição da altura do telhado e das colunas de sustentação, os estudantes devem colaborar na obtenção de medidas precisas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alguns estudantes podem enfrentar dificuldades na manipulação do teodolito e na compreensão dos conceitos de ângulos e distâncias;</li> <li>• Pode surgir a dúvida sobre como determinar corretamente a altura do telhado e das colunas de sustentação usando o teodolito.</li> <li>• estudantes podem questionar sobre como aplicar as medidas obtidas para calcular a área de captação e o volume de água da chuva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estar disponível para auxiliar os estudantes na montagem e verificação dos teodolitos, fornecendo orientações conforme necessário;</li> <li>• Estar atento às dúvidas dos estudantes e fornecer explicações claras e exemplos práticos para esclarecimento;</li> <li>• Orientar os estudantes na técnica correta de uso do teodolito e na interpretação dos resultados.</li> <li>• Guiar os estudantes na aplicação dos conceitos matemáticos necessários ao cálculo da área de captação e do volume de água da chuva, incentivando a colaboração e o pensamento crítico.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eles devem trabalhar em equipe para usar as medidas obtidas e determinar as dimensões restantes do telhado;</li> <li>• Os estudantes devem demonstrar interesse em aplicar as dimensões do telhado na determinação da área de captação e do volume potencial de água da chuva;</li> <li>• Devem iniciar a construção do projeto de captação da água da chuva de forma organizada e colaborativa.</li> </ul>		
--	--	--

### Desenvolvimento

Aulas: 19 a 21

1. Verificar se todos os teodolitos construídos pelos grupos estão prontos para uso;
2. Orientar os estudantes quanto a forma correta de utilizar o teodolito, explicando que os estudantes precisam medir:
  - O ângulo de visão da cumeeira;
  - A distância em que a pessoa com o teodolito se encontra da base da cumeeira;
  - Altura da linha dos olhos dessa pessoa em relação ao chão.
3. Comentar sobre o olho dominante e ângulo complementar durante o processo de mostrar como usar o teodolito;
4. Realizar com os estudantes a medição da altura do telhado a partir da cumeeira e das colunas de sustentação;
5. Orientá-los na utilização dessas medidas para determinar a largura do telhado;
6. Usar as dimensões do telhado encontradas para determinar a área de captação da água da chuva.

## PLANEJAMENTO IX

### Etapa da Modelagem: Matematização e Modelo

- Número de aulas: 3
- Objetivos:
  - Investigar a viabilidade da instalação de um sistema de captação de água das chuvas no colégio;
  - (EM13MAT201) Propor ou participar de ações adequadas às demandas da região, preferencialmente para sua comunidade, envolvendo medições e cálculos de perímetro, de área, de volume, de capacidade ou de massa;
  - (EM13MAT309) Resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo de áreas totais e de volumes de prismas, pirâmides e corpos redondos em situações reais (como o cálculo do gasto de material para revestimento ou pinturas de objetos cujos formatos sejam composições dos sólidos estudados), com ou sem apoio de tecnologias digitais.
- Recursos:
  - *Datashow, notebook*, laboratório móvel, régua, folhas de desenho, calculadoras.

ANTECIPAÇÕES		
Ações esperadas dos estudantes	Dificuldades e/ou questionamentos	Mediação do professor pesquisador a partir das dúvidas dos estudantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os estudantes devem finalizar quaisquer cálculos pendentes da área e do volume de captação, assegurando que todos os grupos estejam atualizados;</li> <li>• Devem demonstrar interesse ao observar os sites de previsão do tempo, especialmente aqueles que fornecem índices pluviométricos mensais, e entender como isso influencia o projeto;</li> <li>• Ao ser apresentado o modelo de calendário de chuvas, os estudantes devem fazer conexões com as informações coletadas durante o projeto e discutir possíveis impactos na captação de água da chuva;</li> <li>• Durante a pesquisa sobre tipos de cisternas ou reservatórios, os estudantes devem compartilhar suas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alguns estudantes podem ter dificuldade em entender como as previsões do tempo e os calendários de chuvas influenciam o projeto de captação da água da chuva;</li> <li>• estudantes podem questionar sobre as diferenças entre os tipos de cisternas e reservatórios e suas aplicações específicas;</li> <li>• Alguns estudantes podem encontrar dificuldades na compreensão e aplicação de escalas em desenhos técnicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O professor deve fornecer explicações claras sobre como as previsões do tempo e os calendários de chuvas impactam o projeto, relacionando essas informações com os dados coletados anteriormente;</li> <li>• Durante a pesquisa sobre tipos de cisternas e reservatórios, o professor deve esclarecer dúvidas e ajudar os estudantes a entenderem as vantagens e desvantagens de cada opção;</li> <li>• Em relação às escalas em desenhos técnicos, o professor deve demonstrar exemplos práticos e oferecer apoio individualizado para garantir o entendimento dos estudantes.</li> </ul>

<p>descobertas e participar ativamente das discussões sobre as opções disponíveis;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eles devem aplicar os conceitos aprendidos para determinar as dimensões do reservatório com base nos dados do telhado e da área de captação;</li> <li>• Os estudantes devem demonstrar compreensão sobre escalas em desenhos técnicos e realizar as conversões necessárias de forma precisa;</li> <li>• Devem trabalhar em equipe na construção do projeto de reservatório, seguindo as orientações do professor e aplicando os conceitos aprendidos.</li> </ul>		
--	--	--

### Desenvolvimento

Aulas: 22 a 24

1. Finalizar os cálculos da área de captação caso algum grupo não tenha concluído;
2. Mostrar no *Datashow* sites que fornecem previsão do tempo e, em especial, calendários de chuvas anuais, como o Agritempo, que fornecem os índices pluviométricos mensais para a cidade de Anápolis;
3. Apresentar um modelo de calendário de chuvas aos estudantes, já que não foi possível construir com os dados dos pluviopets;
4. Realizar os cálculos do volume de captação utilizando a média de chuvas para o mês de novembro ou dezembro disponibilizado pelo Agritempo;
5. Com o laboratório móvel, propor que os estudantes realizem uma pesquisa sobre os tipos de cisternas ou reservatórios para captação da água da chuva, levando sugestões caso a internet esteja lenta (manual de aluna da UFG para construção de um modelo de cisterna no endereço: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/243/o/oficina\\_mini\\_cisterna\\_2019.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/243/o/oficina_mini_cisterna_2019.pdf));
6. Com base no que foi trabalhado no decorrer do projeto, pedir que os estudantes determinem as dimensões do reservatório com base nos valores obtidos pelo grupo para as dimensões do telhado, sua área e volume;
7. Explicar sobre escalas em desenhos técnicos e plantas de projetos, ilustrando com exemplos as conversões necessárias;
8. Entregar o material de desenho e orientar os estudantes na construção do projeto de reservatório de captação da água da chuva com base nos valores determinados pelo grupo.

## PLANEJAMENTO X

### Etapa da Modelagem: Modelo e Validação

- Número de aulas: 2
- Objetivos:
  - Investigar a viabilidade da instalação de um sistema de captação de água das chuvas no colégio;
  - (EM13MAT201) Propor ou participar de ações adequadas às demandas da região, preferencialmente para sua comunidade, envolvendo medições e cálculos de perímetro, de área, de volume, de capacidade ou de massa;
  - (EM13MAT309) Resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo de áreas totais e de volumes de prismas, pirâmides e corpos redondos em situações reais (como o cálculo do gasto de material para revestimento ou pinturas de objetos cujos formatos sejam composições dos sólidos estudados), com ou sem apoio de tecnologias digitais.
- Recursos:
  - *Datashow, notebook*, projetos dos estudantes, questionários pós-projeto.

ANTECIPAÇÕES		
Ações esperadas dos estudantes	Dificuldades e/ou questionamentos	Mediação do professor pesquisador a partir das dúvidas dos estudantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os estudantes devem revisar seus projetos e preparar uma apresentação concisa e clara para compartilhar com a turma, destacando as soluções propostas e os cálculos realizados;</li> <li>• Ao analisar a economia de água com base na conta do colégio, os estudantes devem calcular e comparar os potenciais benefícios econômicos e ambientais da implementação dos projetos de captação;</li> <li>• Durante a discussão sobre a viabilidade do sistema, os estudantes devem participar ativamente, compartilhando suas reflexões sobre a importância da sustentabilidade e propondo ideias para promover práticas mais sustentáveis na escola e na comunidade;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alguns estudantes podem encontrar dificuldades em revisar seus projetos e identificar possíveis erros nos cálculos realizados anteriormente;</li> <li>• Os estudantes podem ter dificuldades em expor seus dados e explicar sobre o projeto de forma clara e concisa;</li> <li>• Pode surgir a dúvida sobre como calcular a economia de água com base na conta do colégio e como interpretar os resultados obtidos;</li> <li>• Podem questionar sobre a eficácia e viabilidade prática dos projetos de captação de água da chuva, especialmente em relação aos custos de implementação e manutenção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O professor deve oferecer suporte individualizado aos estudantes que enfrentam dificuldades na revisão de seus projetos, orientando-os na identificação e correção de erros;</li> <li>• Durante a análise da economia de água, o professor deve esclarecer dúvidas e guiar os estudantes na interpretação dos dados, incentivando-os a considerar não apenas os aspectos econômicos, mas também os ambientais e sociais;</li> <li>• Em relação às dúvidas sobre a viabilidade dos projetos, o professor deve promover uma discussão aberta e crítica, estimulando os estudantes a analisarem os desafios e possíveis soluções para a implementação prática dos sistemas de</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ao responder ao questionário pós-projeto, os estudantes devem fornecer feedbacks construtivos sobre sua experiência, destacando os aspectos positivos e sugerindo melhorias para futuros projetos.</li> </ul>		<p>captação de água da chuva.</p>
--	--	-----------------------------------

## Desenvolvimento

Aulas: 25 e 26

1. Finalização dos projetos de captação de água da chuva;
2. Orientar os grupos a exporem seus projetos de captação de água da chuva, destacando as soluções propostas e as medidas calculadas;
3. Realizar novas medições para determinar um valor mais preciso da área e volume de captação de água da chuva, confrontando esses valores com aqueles obtidos pelos estudantes;
4. Durante o processo, identificar e discutir os pontos de atenção e possíveis erros cometidos pelos grupos;
5. Utilizar uma conta de água do colégio como referência para fazer uma estimativa da economia de água que poderia ser alcançada com a implementação dos projetos de captação. Comparar essa economia com os dados obtidos pelos grupos;
6. Enfatizar a viabilidade dos sistemas de captação de água da chuva, destacando os benefícios ambientais, econômicos e sociais. Incentivar os estudantes a refletirem sobre a importância da sustentabilidade e do uso racional dos recursos hídricos;
7. Aplicar o questionário pós-projeto aos estudantes e à professora da turma, com o objetivo de coletar feedbacks sobre a experiência, os aprendizados adquiridos e sugestões para melhorias futuras;
8. Encerrar a aula fazendo uma reflexão sobre o processo de desenvolvimento do projeto, os desafios enfrentados e os resultados alcançados. Destacar a importância do trabalho em equipe, da investigação científica e da aplicação dos conhecimentos na solução de problemas reais.

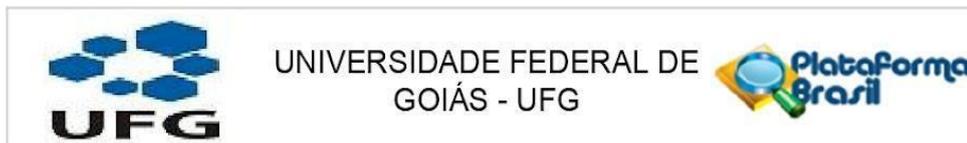
## Tarifas de água e esgoto para 2023 disponibilizada no site da Saneago

CATEGORIAS	Faixas de consumo / economia	TARIFAS		
		ÁGUA (RS/m³)	ESGOTO (RS/m³)	
	(m³/mês)		Coleta e afastamento	Tratamento
<b>Residencial Normal</b>	1 - 10	5,18	4,14	1,04
	11 - 15	5,85	4,68	1,17
	16 - 20	6,69	5,35	1,34
	21 - 25	7,59	6,07	1,52
	26 - 30	8,57	6,86	1,71
	31 - 40	9,78	7,83	1,96
	41 - 50	11,07	8,85	2,21
	+ 50	12,62	10,09	2,52
<b>Pública</b>	1 - 10	9,78	7,83	1,96
	+ 10	11,07	8,85	2,21
<b>Comercial I (Médio e Grande Porte)</b>	1 - 10	11,07	8,85	2,21
	+ 10	12,62	10,09	2,52
<b>Comercial II (Pequeno Porte)</b>	1 - 10	5,53	4,43	1,11
<b>Industrial</b>	1 - 10	11,07	8,85	2,21
	+ 10	12,62	10,09	2,52

## Conta de água do Colégio

CONTABILIZAÇÃO ESGOTO PÚBLICA	1.586,51	Faturas não pagas até o vencimento serão acrescidas de multa e atualização monetária diária (INPC + juros), conforme regulação da AGR (Resoluções nº 09/2014 e 080/2016-CR).					
CONTABILIZAÇÃO ESGOTO PÚBLICA	397,11						
O tipo de consumo faturado foi:							
Volume de água registrado no hidrômetro.							
Hidrômetro (s)		Leitura (s)			Consumo (s)		
Tipo	Número	Atual	Anterior	Próxima	Faturado	Médio	Estimado
	404709	3238	3045		193	166	180
Histórico de consumo:							
Tipo/Mês	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	
	00102	00085	00089	00111	00388	00217	
Aviso							

## ANEXO A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** MODELAGEM MATEMÁTICA NA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA

**Pesquisador:** ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 71283923.6.0000.5083

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Goiás - UFG

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 6.255.772

**Apresentação do Projeto:**

**Título da Pesquisa:** MODELAGEM MATEMÁTICA NA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA

**Pesquisador Responsável:** ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA

**Participantes :** Elisabeth Cristina de Faria; Jhone Caldeira Silva; Isabella Bella

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Goiás - UFG

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

Segundo a pesquisadora responsável, a matemática, como disciplina escolar, muitas vezes é percebida pelos estudantes como abstrata, distante de sua realidade e desprovida de significado prático. Diante desse cenário, surgem desafios para os professores, que buscam estratégias inovadoras para tornar o ensino e a aprendizagem da matemática mais atrativos e relevantes. Nesse contexto, a Modelagem Matemática desponta como uma abordagem pedagógica que visa superar tais desafios, permitindo aos estudantes relacionar conceitos matemáticos com situações do mundo real. Considerando a relevância da Educação Ambiental associada à Educação Matemática, o presente estudo, intitulado "Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva: Uma Proposta para o Ensino de Matemática", tem como objetivo investigar os efeitos da implementação de um projeto de modelagem matemática na captação da água da chuva sobre o ensino e aprendizagem de Matemática. A população-alvo deste estudo são os estudantes

**Endereço:** Rodovia R2, n. 3.061, Parque Tecnológico Samambaia, Edifício K2, sala 110, piso 1  
**Bairro:** Campus Samambaia **CEP:** 74.690-970  
**UF:** GO **Município:** GOIANIA  
**Telefone:** (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-2045 **E-mail:** cep.prpi@ufg.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
GOIÁS - UFG



Continuação do Parecer: 6.255.772

matriculados na 2ª série do ensino médio do Centro de Ensino em Tempo Integral Virgílio Santillo localizado em Anápolis-GO. A amostra selecionada para participar deste estudo será composta por 20 alunos pertencentes à 2ª série "A" do colégio mencionado. A escolha dessa amostra visa concentrar os esforços em um grupo homogêneo, facilitando a organização das atividades do projeto e mantendo a coesão do grupo de participantes. A unidade de análise deste estudo será o aluno individualmente e o grupo como um todo. Será adotada uma abordagem qualitativa, por meio da observação participante. Os alunos irão desenvolver atividades de modelagem em grupos, sob a orientação da professora pesquisadora, sob a temática da captação da água da chuva. As observações participantes serão realizadas por meio de diário de campo, seminários e relatórios produzidos pelos estudantes para acompanhar de perto as atividades e interações dos estudantes durante a implementação do projeto. A pesquisadora também manterá um diário para registro de suas observações. Além disso, serão aplicados questionários antes e após a pesquisa, tanto aos estudantes como à professora da turma, a fim de coletar dados sobre conhecimento prévio, percepções, aprendizagens e sugestões de melhoria. Ao final do estudo, espera-se obter insights sobre a contribuição da modelagem matemática na captação da água da chuva para o ensino de Matemática, identificar mudanças nas percepções e entendimentos dos alunos, bem como receber sugestões de melhoria por parte da professora. Os resultados obtidos poderão embasar futuras aplicações do projeto e auxiliar no aprimoramento da metodologia e abordagem pedagógica utilizada. Diante desse contexto, a presente pesquisa busca contribuir para a superação dos desafios enfrentados pelos professores de Matemática, oferecendo subsídios teórico-metodológicos para a implementação da Modelagem Matemática na captação da Água da chuva como tema gerador de estudo. Pretende-se, assim, explorar as potencialidades dessa abordagem pedagógica, estimulando a participação ativa dos alunos, o desenvolvimento de habilidades matemáticas e a conscientização ambiental.

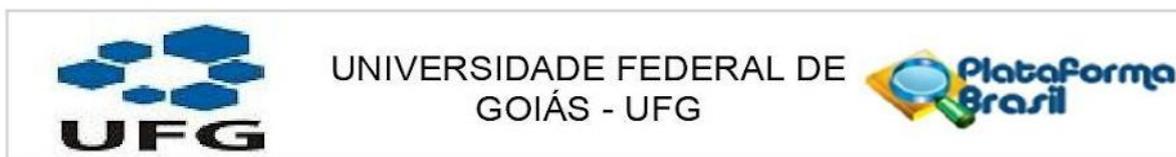
A atividade de coleta de dados está prevista para ocorrer entre 01/10/2023 a 15/12/2023. O estudo prevê a participação de 20 indivíduos - estudantes da 2ª Série "A" do Centro de Ensino em Tempo Integral Virgílio Santillo como grupo amostral na pesquisa. Por fim, o estudo será desenvolvido com o uso de verba própria, considerando o valor previsto de R\$ 174,90 para custeio de materiais como: cola, tinta de impressora, papel, tinta PVA e xerox.

#### Objetivo da Pesquisa:

##### OBJETIVO PRIMÁRIO

Investigar como a implementação de um projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água

**Endereço:** Rodovia R2, n. 3.061, Parque Tecnológico Samambaia, Edifício K2, sala 110, piso 1  
**Bairro:** Campus Samambaia **CEP:** 74.690-970  
**UF:** GO **Município:** GOIANIA  
**Telefone:** (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-2045 **E-mail:** cep.prpi@ufg.br



Continuação do Parecer: 6.255.772

da Chuva pode contribuir para o ensino e aprendizagem de Matemática, considerando os aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais dos estudantes.

#### OBJETIVO SECUNDÁRIO

- Identificar os principais conceitos matemáticos envolvidos na captação da Água da chuva e sua aplicação no contexto da modelagem matemática
- Verificar o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico e trabalho em equipe dos alunos por meio da implementação do projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva;
- Analisar como a utilização da atividade de modelagem matemática na captação da água da chuva impacta no interesse, motivação e participação dos estudantes na disciplina de Matemática;
- Observar as percepções dos estudantes e professores em relação às atividades desenvolvidas sob a temática da modelagem matemática na captação da água da chuva.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

##### RISCOS

Segundo o pesquisador responsável, a pesquisa oferece risco mínimo aos participantes, tais como: Durante a participação na pesquisa, os estudantes podem se sentir constrangidos e desconfortáveis ao compartilhar suas opiniões, experiências ou dificuldades relacionadas ao estudo da Matemática. Esse constrangimento emocional pode surgir durante os seminários, questionários ou discussões em grupo. Serão adotadas medidas para garantir um ambiente seguro e acolhedor, permitindo que os participantes se sintam à vontade para expressar seus pensamentos e sentimentos.

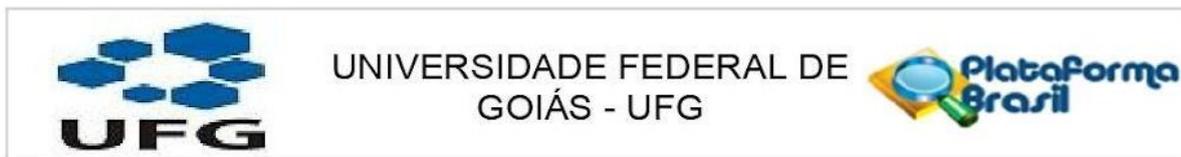
##### BENEFÍCIOS

A participação na pesquisa poderá proporcionar aos estudantes a oportunidade de aprender conceitos matemáticos de forma prática e contextualizada, por meio da modelagem matemática na captação da água da chuva, oportunizando o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico, trabalho em equipe e comunicação, o que pode contribuir para seu crescimento acadêmico e pessoal.

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa proposta é de natureza descritiva e possui caráter qualitativo, embasado em investigações em campo por meio da observação dos alunos participantes, aplicação de ações de

**Endereço:** Rodovia R2, n. 3.061, Parque Tecnológico Samambaia, Edifício K2, sala 110, piso 1  
**Bairro:** Campus Samambaia **CEP:** 74.690-970  
**UF:** GO **Município:** GOIANIA  
**Telefone:** (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-2045 **E-mail:** cep.prpi@ufg.br



Continuação do Parecer: 6.255.772

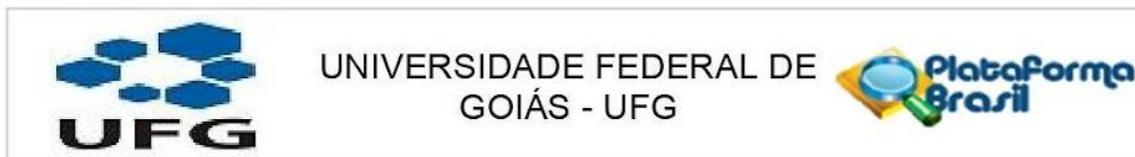
intervenções educativas e aplicação de questionários avaliativos. A pesquisa contribui para retratar um cenário de aplicação de metodologias de educação ativas, que visam proporcionar aos estudantes participantes a oportunidade de aprender conceitos matemáticos de forma prática e contextualizada, por meio da modelagem matemática na captação da água da chuva. Os participantes terão a oportunidade de desenvolver habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico, trabalho em equipe e comunicação, o que pode contribuir para seu crescimento acadêmico e pessoal. A pesquisa também pode contribuir para o aprimoramento e a proposição de formas mais criteriosas e eficientes de aplicação de técnicas de ensino ativo. Assim a pesquisa possui importância e relevância científica e social.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Foram anexados os seguintes documentos de apresentação obrigatória:

1. Folha de Rosto devidamente datada e assinada pela pesquisadora responsável e pelo Diretor do Instituto de Matemática e Estatística (IME) da UFG;
2. Termo de Compromisso de cumprimento da Resolução CNS nº 466/12 e CNS nº 516/16, datado e assinado por 4 participantes da pesquisa: Alissany Santos Lima Oliveira (pesquisadora responsável) Elisabeth Cristina de Faria; Jhone Caldeira Silva e Isabella Mundim Ferreira;
3. Documento Projeto Básico nos moldes do CEP;
4. Documento Projeto de Pesquisa detalhado;
5. Documento com roteiro estruturado dos questionários a serem aplicados para os alunos e professores;
6. Cronograma (com data de início de coleta de dados prevista para 01/10/2023 a 15/12/2023 anterior a aprovação do protocolo de pesquisa no CEP/UFG);
7. Foi apresentado TALE, TCLE responsáveis por menores e TCLE para consentimento da realização da pesquisa e aplicação dos questionários, informando o objetivo da pesquisa, os direitos dos participantes, riscos e benefícios, direito ao sigilo e anonimato, forma de coleta e preservação dos dados, além da autorização para a divulgação dos dados coletados;

**Endereço:** Rodovia R2, n. 3.061, Parque Tecnológico Samambaia, Edifício K2, sala 110, piso 1  
**Bairro:** Campus Samambaia **CEP:** 74.690-970  
**UF:** GO **Município:** GOIANIA  
**Telefone:** (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-2045 **E-mail:** cep.prpi@ufg.br



Continuação do Parecer: 6.255.772

8. Foi apresentado Termo de Anuência das seguintes instituições:

- Secretaria de Educação do Estado de Goiás assinado digitalmente pela Superintendente de Apoio ao Desenvolvimento Curricular – NAYRA CLAUDINNE GUEDES MENEZES COLOMBO e pela Secretária de Estado da Educação – APARECIDA DE FÁTIMA GAVIOLI SOARES PEREIRA;
- Centro de Ensino em Período Integral Virgílio Santillo – Assinado pela diretora do colégio – Profa. Ana Cláudia de Araújo Pina

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Após análise do protocolo de pesquisa submetido, verificou-se que todos os itens estão em conformidade com a documentação exigida pelo CEP/UFG. Assim, considero o protocolo de pesquisa APROVADO, salvo melhor juízo.

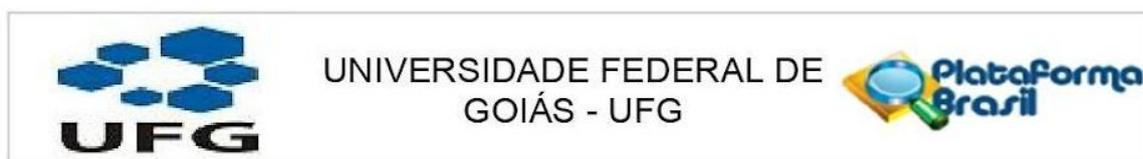
**Considerações Finais a critério do CEP:**

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa/CEP-UFG considera o presente protocolo APROVADO. O mesmo foi considerado em acordo com os princípios éticos vigentes. Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que o(a) pesquisador(a) responsável deverá encaminhar ao CEP-UFG os relatórios parciais e o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Resolução CNS n. 466/12 e Resolução CNS n. 510/16. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa, previsto para abril de 2024.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2164508.pdf	10/07/2023 08:37:25		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_MODELAGEM_CHUVA.pdf	10/07/2023 08:36:27	ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_ROSTO.pdf	07/07/2023 10:35:49	ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA	Aceito
Outros	INSTRUMENTO_COLETA_ALUNOS.pdf	07/07/2023 06:52:53	ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA	Aceito
Outros	INSTRUMENTO_COLETA_PROFESSORA.pdf	07/07/2023 06:52:20	ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA	Aceito
Outros	ANUENCIA_SEDUC.pdf	07/07/2023 06:50:28	ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA	Aceito

**Endereço:** Rodovia R2, n. 3.061, Parque Tecnológico Samambaia, Edifício K2, sala 110, piso 1  
**Bairro:** Campus Samambaia **CEP:** 74.690-970  
**UF:** GO **Município:** GOIANIA  
**Telefone:** (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-2045 **E-mail:** cep.prpi@ufg.br



Continuação do Parecer: 6.255.772

Outros	ANUENCIA_ESCOLA.pdf	07/07/2023 06:49:53	ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	TERMO_DE_COMPROMISSO.pdf	07/07/2023 06:47:39	ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA	Aceito
Outros	TALE_humanidades.pdf	07/07/2023 06:47:05	ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Humanidades.pdf	07/07/2023 06:46:43	ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_responsaveis.pdf	07/07/2023 06:46:08	ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

GOIANIA, 23 de Agosto de 2023

---

**Assinado por:**  
**Rosana de Moraes Borges Marques**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Rodovia R2, n. 3.061, Parque Tecnológico Samambaia, Edifício K2,sala 110, piso 1  
**Bairro:** Campus Samambaia **CEP:** 74.690-970  
**UF:** GO **Município:** GOIANIA  
**Telefone:** (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-2045 **E-mail:** cep.prpi@ufg.br

## ANEXO B – CARTA DE ANUÊNCIA DA SECRETARIA DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DE GOIÁS

04/07/23, 13:15

SEI/GOVERNADORIA - 49332493 - Carta



ESTADO DE GOIÁS  
SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO

Carta nº 311/2023 - SEDUC

Goiânia, 03 de julho de 2023.

### Carta de Anuência

#### Assunto: Carta de Anuência

Secretaria de Estado da Educação (Seduc), por meio da Superintendência de Apoio ao Desenvolvimento Curricular (SUPADEC), declara ter realizado análise dos documentos constantes nos presentes autos, referentes à solicitação de autorização de pesquisa intitulada "Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva: uma proposta para o ensino de Matemática", da estudante de mestrado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT, Alissany Santos Lima Oliveira, da Universidade Federal de Goiás - UFG, sob orientação do professor Dr. Jhone Caldeira Silva e Coorientadora Dra. Elisabeth Cristina de Faria.

A referida pesquisa tem por objetivo geral investigar como a implementação de um projeto de Modelagem Matemática na Captação da Água da Chuva pode contribuir para o ensino e aprendizagem de Matemática, considerando os aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais dos estudantes.

A pesquisa será realizada com estudantes e o professor(a) de Matemática da 2.<sup>a</sup> série do ensino médio, do Centro de Ensino em Período Integral Virgínio Santillo, situado no município de Anápolis-GO. Assim, a pesquisadora fará uso de várias estratégias para coleta de dados como diário de campo, em que os estudantes registrarão suas experiências, desafios e aprendizados no decorrer do projeto. Será aplicado questionário (diagnóstico e de investigação) aos participantes (professor e estudantes) com objetivo de identificar o conhecimento prévio deles sobre o tema e, ainda, aplicação de atividades utilizando a metodologia de Modelagem Matemática.

Isso posto, a Secretaria de Estado da Educação (Seduc), por meio da Superintendência de Apoio ao Desenvolvimento Curricular (SUPADEC), no uso de suas atribuições legais se manifesta favorável à supracitada solicitação de pesquisa considerando que, conforme mencionado no projeto, a pesquisa visa à construção de modelos matemáticos associados com a Educação Ambiental, tendo como abordagem uma proposta pedagógica inovadora, capaz de promover a aprendizagem significativa da Matemática, o desenvolvimento de habilidades dos estudantes e a conscientização ambiental.

Assim, esta Superintendência se coloca à disposição para quaisquer iniciativas que preconizem a construção do conhecimento científico como responsabilidade social da ciência da informação.

04/07/23, 13:15

SEI/GOVERNADORIA - 49332493 - Carta

NAYRA CLAUDINNE GUEDES MENEZES COLOMBO  
Superintendente de Apoio ao Desenvolvimento Curricular

APARECIDA DE FÁTIMA GAVIOLI SOARES PEREIRA  
Secretária de Estado da Educação



Documento assinado eletronicamente por **NAYRA CLAUDINNE GUEDES MENEZES COLOMBO, Superintendente**, em 04/07/2023, às 09:10, conforme art. 2º, § 2º, III, "b", da Lei 17.039/2010 e art. 3ºB, I, do Decreto nº 8.808/2016.



Documento assinado eletronicamente por **APARECIDA DE FATIMA GAVIOLI SOARES PEREIRA, Secretário (a) de Estado**, em 04/07/2023, às 12:14, conforme art. 2º, § 2º, III, "b", da Lei 17.039/2010 e art. 3ºB, I, do Decreto nº 8.808/2016.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site  
[http://sei.go.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=1](http://sei.go.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=1) informando o código verificador 49332493 e o código CRC 23D4FDD9.

SUPERINTENDÊNCIA DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CURRICULAR  
AVENIDA QUINTA AVENIDA 212 Qd.71 Lt.S/L, S/C - Bairro SETOR LESTE VILA NOVA -  
GOIANIA - GO - CEP 74643-030 -

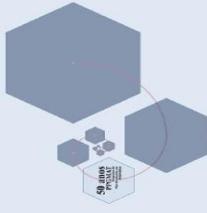


Referência: Processo nº 202300006063810



SEI 49332493

ANEXO C – CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO NA XXX SEMANA DO IME - UFG



**XXX Semana do IME e VII Seminário de Pesquisa e Pós-Graduação do IME/UFG**  
de 18 a 20 de outubro de 2023

**CERTIFICADO**

Certificamos que:

**ALISSANY SANTOS LIMA OLIVEIRA**

participou da **XXX Semana do IME e VII Seminário de Pesquisa e Pós-Graduação do IME/UFG**, com 30 horas de atividades, no período de 18/10/2023 a 20/10/2023, organizado pelo Instituto de Matemática e Estatística da UFG em Goiânia, Goiás.

  
Alacyr José Gomes  
Comitê organizador

  
João Carlos da Rocha Medrado  
Diretor do IME/UFG



A autenticidade deste documento pode ser verificada por meio da URL: [eventos.ufg.br/certificado/6FEF839A286E84D683F97E423CF8AB3E](https://eventos.ufg.br/certificado/6FEF839A286E84D683F97E423CF8AB3E)