



Pós-Graduação em **Astronomia**
MESTRADO PROFISSIONAL
UEFS



VALÉRIA SANTOS CORBACHO

**LIXO ESPACIAL E OS POSSÍVEIS RISCOS A EXPLORAÇÃO DO
ESPAÇO E AO AMBIENTE TERRESTRE: UM ENFOQUE NA
EDUCAÇÃO BÁSICA**

FEIRA DE SANTANA - BA

2023

VALÉRIA SANTOS CORBACHO

**LIXO ESPACIAL E OS POSSÍVEIS RISCOS A EXPLORAÇÃO DO ESPAÇO E
AO AMBIENTE TERRESTRE: UM ENFOQUE NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

**Dissertação apresentada ao Curso de
Pós-Graduação em Astronomia –
Mestrado Profissional, Departamento
de Física, Universidade Estadual de
Feira de Santana, como requisito
parcial para a obtenção do título de
Mestre em Ensino de Astronomia**

**Orientador: Prof. Dr. Jean Paulo dos
Santos Carvalho**

FEIRA DE SANTANA - BA

2023

Ficha Catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado

Corbacho, Valéria Santos
C585l Lixo espacial e os possíveis riscos a exploração do espaço e ao ambiente terrestre: um enfoque na educação básica./ Valéria Santos Corbacho. Feira de Santana, 2023.
152f.: il.

Orientador: Jean Paulo dos Santos Carvalho

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa de Pós-Graduação em Astronomia, 2023.

1.Astronomia – Ensino – Educação básica. 2.Sustentabilidade orbital
3.Lixo espacial. 4.Direito Espacial Internacional. I.Carvalho, Jean Paulo dos Santos, orient. II.Universidade Estadual de Feira de Santana.
III..Título.

CDU : 52(07)



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CANDIDATO (A): VALÉRIA SANTOS CORBACHO

DATA DA DEFESA: 04 de agosto de 2023 LOCAL: Sala 03 do LABOFIS

HORÁRIO DE INÍCIO: 14:09

| MEMBROS DA BANCA | | FUNÇÃO | TÍTULO | INSTITUIÇÃO DE ORIGEM |
|---|----------------|----------------|--------|-----------------------|
| NOME COMPLETO | CPF | | | |
| JEAN PAULO DOS SANTOS CARVALHO | 685.355.035-87 | Presidente | DR | UFRB |
| PAULO CÉSAR DA ROCHA POPPE | 926.229.257-00 | Membro Interno | DR | DFIS - UEFS |
| CLÁUDIA CELESTE CELESTINO DE PAULA SANTOS | 988.221.527-00 | Membro Externo | DR | UFABC |
| | | | | |

TÍTULO DEFINITIVO DA DISSERTAÇÃO*:

LIXO ESPACIAL E OS POSSÍVEIS RISCOS A EXPLORAÇÃO DO ESPAÇO E AO AMBIENTE TERRESTRE: UM ENFOQUE NA EDUCAÇÃO BÁSICA.

*Anexo: produto(s) educacional(is) gerado(s) neste trabalho.

Em sessão pública, após exposição de 45 min, o(a) candidato(a) foi argüido(a) oralmente pelos membros da banca, durante o período de 01h. A banca chegou ao seguinte resultado**:

- APROVADO(A)
 INSUFICIENTE
 REPROVADO(A)

** Recomendações¹: _____

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima relacionada, pelo candidato e pelo coordenador do Programa de Pós-Graduação em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Feira de Santana, 04 de AGOSTO de 2023

Presidente: Jean Paulo dos Santos Carvalho
Membro 1: Paulo César da Rocha Poppe
Membro 2: Flávia Celeste Celestino de Paula Santos
Membro 3: _____
Candidato (a): Valéria Santos Corbacho
Coordenador do PGAstro: Carlos Alberto de Almeida

¹ O aluno deverá encaminhar à Coordenação do PGAstro, no prazo máximo de 60 dias a contar da data da defesa, os exemplares definitivos da Dissertação, após realizadas as correções sugeridas pela banca.



ANEXO DA ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO:
PRODUTO(S) EDUCACIONAL(IS) GERADO(S) NO TRABALHO FINAL DE CURSO

CANDIDATO (A): VALÉRIA SANTOS CORBACHO

DATA DA DEFESA: 04 de agosto de 2023 LOCAL: Sala 03 do LABOFIS

HORÁRIO DE INÍCIO: 14:09

1- CADERNO DE ATIVIDADES:
LIXO ESPACIAL: UMA ABORDAGEM NA EDUCAÇÃO
BÁSICA.

2- E-BOOK
UMA ABORDAGEM SOBRE O LIXO ESPACIAL NA
EDUCAÇÃO BÁSICA: SUPORTE PARA FORMAÇÃO DE
PROFESSORES

Feira de Santana, 04 de AGOSTO de 2023.

Presidente: Ignacio Farias dos Santos Corbacho

Membro 1: Paulo César de Azevedo

Membro 2: Carlos Alberto de Almeida Ribeiro

Membro 3: _____

Candidato (a): Valéria Santos Corbacho

Coordenador do PGAstro: Carlos Alberto de Almeida Ribeiro

AGRADECIMENTOS

Gratidão a Deus pela proteção, sabedoria e por todas as bênçãos alcançadas, que me ajudaram a transformar sonhos em realidade.

Aos meus pais, Osmar e Ediranildes, em eterna retribuição ao amor e afeto, e por sempre acreditarem no poder da educação.

A meu filho Davi, por ser a razão da minha essência, e me fazer acreditar num futuro mais esperançoso.

Ao meu orientador, professor Dr. Jean Paulo dos Santos Carvalho, por ter acreditado em mim. Reafirmo a minha fala: Você é minha estrela Polar, norteando o meu caminhar neste processo. Gratidão pelo apoio, atenção, disponibilidade, comprometimento e parceria.

Aos meus professores Vera Martin, Paulo Cesar Poppe, Marildo Geraldête, Ana Verena Paim e Carlos Alberto Ribeiro, exemplos de profissionais que se empenham constantemente na formação de seus mestrandos, com exímia dedicação e compromisso.

Gratidão à UEFS, que sempre me acolheu, me permitiu abrir portas e caminhos para traçar meu futuro, contribuindo de forma significativa para minha formação pessoal e profissional.

A minha turma do mestrado, onde compartilhamos muitos momentos de amizade e conhecimento. Em especial ao meu grupo Alpha, com vocês a carga foi mais suave, mais divertida e muito melhor. Um carinho especial por cada um.

Ao colégio Assis Chateaubriand pelo apoio e incentivo a este projeto, e por não medir esforços para auxiliar seus docentes na busca da capacitação profissional.

Aos familiares e amigos que sempre me motivaram e concederam apoio. Em especial, a minha sobrinha-filha, Lara, por estar presente em todos os principais momentos da minha vida, e ser minha grande incentivadora.

Aos meus alunos, parafraseando Saint-Exupéry: “Tu te tornas eternamente responsável por aquilo que cativas.” Por eles, meu esforço diário em prol da educação.

“Não há transição que não implique um ponto de partida, um processo e um ponto de chegada. Todo amanhã se cria num ontem, através de um hoje.

De modo que o nosso futuro baseia-se no passado e se corporifica no presente. Temos de saber o que fomos e o que somos, para sabermos o que seremos.”

Paulo Freire

RESUMO

Desde o lançamento do primeiro satélite artificial ao redor da Terra até a presente data, vários objetos não funcionais estão orbitando o planeta, denominados de detritos espaciais, ou simplesmente, lixo espacial. Neste trabalho, foi analisada a evolução do lixo espacial que se encontra presente principalmente nas três órbitas da Terra mais exploradas pela humanidade, bem como as consequências geradas pelo acúmulo desses detritos. Investigamos o que os Estados envolvidos direta ou indiretamente com a geração desses detritos têm feito a respeito dessa problemática, utilizando como base as diretrizes do direito espacial internacional e os relatórios anuais da Agência Espacial Europeia (ESA). Também foram analisadas as possíveis formas de amenizar a situação do acúmulo de lixo espacial levando em conta a sustentabilidade da exploração do ambiente espacial. O presente trabalho, além de fomentar essas questões sobre os detritos espaciais, também apresenta uma proposta de intervenção educacional que foi utilizada na Educação Básica com o objetivo de aproximar a Astronomia, Astronáutica e Geografia, a este nível de ensino, engajando-as numa proposta interdisciplinar de aprendizado. Os produtos educacionais vinculados a este trabalho são um caderno de atividades, intitulado: Lixo Espacial – uma Abordagem na Educação Básica, e um Guia para aplicação das oficinas temáticas no formato de e-book; ambos voltados para analisar, ao nível da Educação Básica, quais são os impactos imediatos e mediatos dos detritos espaciais para a manutenção das atividades no espaço num verdadeiro sistema de causa e efeito.

Palavras-chave: Ensino de Astronomia, Lixo Espacial, Sustentabilidade Orbital, Detritos Espaciais, Direito Espacial Internacional, Educação Básica.

ABSTRACT

Since the launch of the first artificial satellite around the Earth until the present date, several non-functional objects are orbiting the planet, called space debris, or simply, space garbage. In this work, we will analyze the evolution of space debris that is present mainly in the three Earth orbits most explored by humanity, as well as the consequences generated by the accumulation of this debris. We will investigate what the States involved directly or indirectly with the generation of this debris have done about this problem, using as a basis the guidelines of international space law and the annual reports of the European Space Agency (ESA). Possible ways to alleviate the situation of space debris accumulation will be investigated taking into account the sustainability of space environment exploration. The present work, in addition to promoting these questions about space debris, also presents a proposal for educational intervention that was used in basic education with the objective of bringing Astronomy, Astronautics and Geography closer to this level of education, engaging them in a proposal interdisciplinary learning. The educational products linked to this work are an activity notebook, entitled: Space Waste – an Approach to Basic Education, and a Guide for the application of thematic workshops in e-book format; both aimed at analyzing at the level of basic education, what are the immediate and mediate impacts of space debris for the maintenance of activities in space in a true system of cause and effect.

Keywords: Astronomy Teaching, Space Junk, Orbital Sustainability, Space Debris International Space Law, Basic Education.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Capa e leitura do livro didático de Ciências | 32 |
| Figura 2 - Capa e leitura do livro didático de Geografia: Território e Sociedade | 34 |
| Figura 3 - Capa e leitura do livro didático de Geografia: Homem e Espaço | 35 |
| Figura 4 - Evolução do número de objetos em órbita da Terra | 38 |
| Figura 5 - Número de colisões cumulativas na órbita LEO nos cenários simulados de evolução a longo prazo do ambiente espacial | 40 |
| Figura 6 - Imagem simulando a evolução do lixo espacial em órbita terrestre ao longo das décadas | 41 |
| Figura 7 - Lixo Espacial em números | 41 |
| Figura 8 - Crescimento de detritos orbitais ao longo do tempo por tipo de objeto | 42 |
| Figura 9 - Impacto na janela do ônibus espacial Challenger causado por um chip de 0,2 mm | 44 |
| Figura 10 - Imagem simulando a colisão entre o satélite Cosmos 2251 e o Iridium 33 | 45 |
| Figura 11 - Parte do foguete Falcon 9 encontrado como lixo espacial no Paraná | 46 |
| Figura 12 - Tipos de órbitas da Terra | 48 |
| Figura 13 - Elementos orbitais clássicos | 49 |
| Figura 14 - Ação da força gravitacional sobre veículos espaciais em órbita terrestre | 51 |
| Figura 15 - Representação da forma da Terra como não homogênea e assimétrica | 59 |
| Figura 16 - Distribuição da quantidade de satélites operacionais por tipo de órbita terrestre | 60 |
| Figura 17 - Simulação do e. Deorbit recolhendo o lixo espacial | 61 |
| Figura 18 - Imagem do Raio Trator (Tractor Beam) | 62 |
| Figura 19 - Imagem do ClearSpace da ESA | 62 |
| Figura 20 - Decaimento orbital devido ao arrasto atmosférico | 63 |
| Figura 21 - Vela Solar movida pela energia fotovoltaica | 65 |
| Figura 22 - Imagem de balão de hélio | 65 |
| Figura 23 - Gráfico do processo de intervenção educacional | 70 |
| Figura 24 - Gráfico referente ao percentual das respostas sobre o desenho do Sistema Solar | 74 |
| Figura 25 - Desenho do aluno L2 sobre o Sistema Solar e a localização da Terra | 75 |
| Figura 26 - Desenho do aluno C3 sobre o Sistema Solar e a localização da Terra | 75 |

| | |
|--|-----|
| Figura 27 - Desenho do aluno M1 sobre o Sistema Solar e a localização da Terra | 76 |
| Figura 28 - Gráfico referente ao percentual das respostas sobre noções básicas da Astronomia | 77 |
| Figura 29 - Gráficos dos dados da atividade de pré-teste 2 | 79 |
| Figura 30 - Fotos da exibição do filme Gravidade | 81 |
| Figura 31 - Visita ao espaço externo do Observatório Astronômico Antares | 82 |
| Figura 32 - Visita ao Observatório Astronômico Antares | 83 |
| Figura 33 - Planetário e palestra durante as visitas ao Observatório Antares | 83 |
| Figura 34 - Trabalho de campo no Observatório Astronômico Antares | 84 |
| Figura 35 - Temática das Oficinas | 85 |
| Figura 36 - Etapas do desenvolvimento das oficinas temáticas | 85 |
| Figura 37 - Construção da maquete e montagem do satélite em papercraft | 86 |
| Figura 38 - Uso do aplicativo Merge Object Viewer | 87 |
| Figura 39 - Apresentações dos grupos de trabalho | 87 |
| Figura 40 - Aplicação e uso do caderno de atividades | 88 |
| Figura 41 - Colagem de sucatas nas maquetes simulando o lixo espacial | 90 |
| Figura 42 - Jogo de perguntas e respostas entre as equipes | 90 |
| Figura 43 - Confeção dos gráficos com os dados da ESA 2022 | 93 |
| Figura 44 - Montagem dos cubos com imagens sobre o lixo espacial | 93 |
| Figura 45 - Exposição participada sobre sustentabilidade | 95 |
| Figura 46 - Produção de texto em dupla sobre a importância dos satélites artificiais | 95 |
| Figura 47 - Rodízio de painéis informativos e ilustrativos | 97 |
| Figura 48 - Produção de história em quadrinho sobre alguns estudos de casos | 98 |
| Figura 49 - Montagem dos quebra-cabeças sobre as tecnologias de mitigação espacial | 100 |
| Figura 50 - Confeção da cartilha sobre mitigação do lixo espacial | 100 |
| Figura 51 - Conclusão do caderno de atividades | 101 |
| Figura 52 - Construção dos lapbooks pelos grupos | 103 |
| Figura 53 - Apresentação dos lapbooks pelas equipes | 103 |
| Figura 54 - Produto educacional: caderno de atividades | 104 |
| Figura 55 - Aplicação do caderno de atividades | 104 |
| Figura 56 - Atividades realizadas no Observatório Antares | 106 |
| Figura 57 - Gráfico sobre os dados das atividades de pré e pós testes | 108 |
| Figura 58 - Folha de avaliação do projeto | 112 |

| | |
|---|-----|
| Figura 59 - Maquete construída pelos discentes em grupo | 114 |
| Figura 60 - Produção textual em dupla sobre satélites artificiais | 120 |
| Figura 61 - Produção textual em dupla sobre a importância dos satélites artificiais | 121 |
| Figura 62 - Produção das histórias em quadrinho | 125 |
| Figura 63 - Cartilha sobre as tecnologias para mitigação do lixo espacial | 126 |
| Figura 64 - Montagem e construção dos lapbooks | 129 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 - Dados obtidos pela atividade de pré-teste 2..... | 78 |
| Tabela 2 - Dados obtidos pelas atividades de pré e pós teste..... | 108 |
| Tabela 3 - Resultado da avaliação do projeto..... | 113 |

LISTAS DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1 - Conteúdo da Unidade temática: Terra e Universo, Ensino Fundamental II | 26 |
| Quadro 2 - Algumas habilidades da Unidade temática: Terra e Universo, ensino fundamental II | 27 |
| Quadro 3 - Objetos de conhecimento: Geografia - 6 ano do Ensino Fundamental | 29 |
| Quadro 4 - Algumas habilidades do componente curricular de Geografia para o 6 ano | 29 |
| Quadro 5 - Revisão bibliográfica: livros didáticos de ciências do 6 ano | 31 |
| Quadro 6 - Revisão bibliográfica: livros didáticos de Geografia do 6 ano | 33 |
| Quadro 7 - Análise da atividade de pré-teste | 73 |
| Quadro 8 - Planejamento da primeira oficina temática | 88 |
| Quadro 9 - Planejamento da 1ª etapa da segunda oficina temática | 91 |
| Quadro 10 - Dados para a construção dos gráficos | 92 |
| Quadro 11 - Planejamento da 2ª etapa da segunda oficina temática | 93 |
| Quadro 12 - Planejamento da terceira oficina temática | 96 |
| Quadro 13 - Planejamento da quarta oficina temática | 98 |
| Quadro 14 - Planejamento da quinta oficina temática | 101 |
| Quadro 15 - Descrição do planejamento do pré e pós testes | 107 |
| Quadro 16 - Conceito dos discentes sobre o lixo espacial antes da realização da intervenção educacional | 109 |
| Quadro 17 - Conceito dos discentes sobre o lixo espacial após finalização da intervenção educacional | 110 |
| Quadro 18 - Comentários sobre a realização da oficina temática 1 | 115 |
| Quadro 19 - Comentários referentes a oficina 2 | 117 |
| Quadro 20 - Registro sobre a interpretação dos gráficos | 118 |
| Quadro 21 - Registro sobre o conteúdo da oficina 3 | 119 |
| Quadro 22 - Reflexões de estudos de casos | 122 |
| Quadro 23 - Texto dos painéis informativos sobre os estudos de casos | 123 |
| Quadro 24 - Respostas dos discentes sobre o conteúdo da oficina 5 | 125 |
| Quadro 25 - Registros sobre o caderno de atividades | 131 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|--|
| AEB | Agência Espacial Brasileira |
| ASAT | Adaptive Satellite Access Technology |
| BNCC | Base Nacional Comum Curricular |
| CIEAC | Centro Integrado de Educação Assis Chateaubriand |
| COUPOS | Comitê das Nações Unidas para o Uso Pacífico do Espaço Exterior |
| DEI | Direito Internacional Espacial |
| ESA | European Space Agency |
| FCC | Comissão Federal de Comunicações dos EUA |
| GEO | Geosynchronous Earth Orbit |
| HEO | High Earth Orbit |
| IADC | Inter-Agency Space Debris Coordination Committee |
| ISS | International Space Station |
| LEO | Low Earth Orbit |
| LDB | Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional |
| MEO | Medium Earth Orbit |
| NASA | National Aeronautics and Space Administration |
| NODRDP | National Orbital Debris Research and Development Plan |
| OAA/MACT | Observatório Astronômico Antares/Museu Antares de Ciência e Tecnologia |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| PCN | Parâmetros Curriculares Nacionais |
| SWF | Secure World Foundation |
| UEFS | Universidade Estadual de Feira de Santana |
| UFMG | Universidade Federal de Minas Gerais |
| UNOOSA | Organização das Nações Unidas para Assuntos do Espaço Sideral |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO | 18 |
| CAPÍTULO 2. ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA | 24 |
| 2.1 Conteúdos de Astronomia nos Documentos Oficiais da Educação Básica: PCN e BNCC | 24 |
| 2.2 Abordagem sobre o Lixo Espacial em Livros Didáticos de Geografia e Ciências | 30 |
| CAPÍTULO 3. CONSIDERAÇÕES ACERCA DO LIXO ESPACIAL | 37 |
| 3.1 Lixo Espacial (detrito espacial): Definição, Características e Dados | 39 |
| 3.1.1 Consequências para a Exploração Espacial, para a Sociedade e para o Meio Ambiente | 42 |
| 3.2 Tipos de Órbitas Terrestre | 47 |
| 3.3 - A Ação da Gravidade da Terra | 50 |
| 3.4 Sustentabilidade Espacial | 51 |
| 3.5 Direito Espacial Internacional | 53 |
| 3.6 Mitigação e Perturbações Orbitais | 57 |
| 3.6.1 Tecnologias para Mitigação | 59 |
| 3.6.2 Arrasto Atmosférico | 63 |
| 3.6.3 Pressão da Radiação Solar: O Uso da Vela Solar e do Balão de Gás Hélio | 64 |
| CAPÍTULO 4. METODOLOGIA | 67 |
| 4.1 Abordagem e Metodologia da Pesquisa | 67 |
| 4.2 Organização da Pesquisa | 69 |
| 4.3 Público-Alvo e Local de Desenvolvimento da Pesquisa | 72 |
| CAPÍTULO 5. ETAPAS DE EXECUÇÃO: AÇÕES REALIZADAS | 73 |
| 5.1 Atividades de Pré-testes | 73 |
| 5.2 Efeitos Motivadores da Pesquisa: Seção de Cinema e Visita ao Observatório Astronômico Antares/ Museu Antares de Ciência e Tecnologia (OAA/MACT) | 80 |
| 5.3 Oficinas Temáticas | 84 |
| 5.3.1 Oficina 1 – Gravidade, Órbitas da Terra e Satélites Artificiais | 86 |
| 5.3.2 Oficina 2 – Lixo Espacial: Classificação e Consequências | 89 |
| 5.3.3 Oficina 3 – Sustentabilidade do Ambiente Espacial | 94 |
| 5.3.4 Oficina 4 – Direito Espacial Internacional – Estudo de Caso | 97 |
| 5.3.5 Oficina 5 – Mitigação do Lixo Espacial | 99 |
| 5.4 Produção dos Lapbooks | 102 |
| 5.5 Produtos Educacionais | 103 |

| | |
|--|-----|
| 5.5.1 Caderno de Atividades | 104 |
| 5.5.2 Ebook: Guia das Oficinas Temáticas | 105 |
| 5.6 Oficinas realizadas no OAA/MACT | 105 |
| CAPÍTULO 6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS | 107 |
| 6.1 Pré e pós – testes | 107 |
| 6.2 Oficinas Temáticas | 111 |
| 6.3 Lapbooks | 127 |
| 6.4 Caderno de Atividades | 129 |
| CAPÍTULO 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS | 132 |
| REFERÊNCIAS | 135 |
| APÊNDICE 1: ATIVIDADE DE PRÉ-TESTE 1 | 141 |
| APÊNDICE 2: ATIVIDADE DE PRÉ-TESTE 2 | 142 |
| APÊNDICE 3: IMAGEM DO CUBO DO APLICATIVO MERGE OBJECT VIEWER | 148 |
| APÊNDICE 4: FOLHA DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE INTERVENÇÃO EDUCACIONAL | 149 |
| ANEXO 1: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO | 152 |

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

A questão ambiental é motivo de preocupação pelos diversos agentes da sociedade, o homem vem ao longo de séculos explorando e modificando os recursos naturais do nosso planeta, por esta razão faz-se necessário um despertar para a consciência ambiental, utilizando medidas que podem minimizar os efeitos e impactos ao ambiente. A importância de uma nova forma de perceber e interagir com a natureza é vital, e numa perspectiva mais abrangente, deve-se também incluir o espaço orbital da Terra, buscando formas mais sustentáveis na sua utilização.

A humanidade não tinha como prever as dimensões reais que o problema dos detritos espaciais alcançaria, especialmente na década de 1960. Ao longo das décadas seguintes, os lançamentos de satélites se multiplicaram e o acúmulo deles no espaço orbital terrestre cresceu de forma ascendente à necessidade que se fazia do seu uso pela sociedade moderna. Nesse sentido, torna-se pertinente algumas indagações acerca dessa problemática que deram suporte ao desenvolvimento desta pesquisa.

Para onde vão todos os objetos utilizados na exploração espacial quando perdem sua funcionalidade? Como se encontra a órbita terrestre após décadas de exploração espacial? Os estudantes da Educação Básica possuem conhecimento sobre a temática do lixo espacial? Quais implicações e riscos que o acúmulo do lixo espacial pode provocar nas novas descobertas científicas sobre o espaço? Quais ações a indústria aeroespacial tem realizado para reduzir a quantidade e os efeitos do lixo espacial? O tema lixo espacial é abordado pelos livros didáticos da Educação Básica? Em caso positivo, qual o nível de informação e/ou argumentação desta abordagem? Quais as consequências econômicas, sociais e ambientais geradas pelo acúmulo desse lixo espacial na órbita e no ambiente terrestre? E na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) a temática sobre o lixo espacial encontra-se presente?

Estas e outras tantas perguntas inerentes à problemática do lixo espacial são motivos de reflexões que abordam uma preocupação com a intensidade pela qual o homem vem explorando e se apropriando do espaço orbital do nosso planeta de forma predatória. Uma consciência ambiental ampla faz-se necessária aos diversos setores da sociedade, inclusive a nível da Educação Básica, para reflexão sobre os impactos ambientais provocados pelo homem, buscando atitudes de sustentabilidade. Portanto, a pergunta norteadora desta pesquisa é: Como o lixo espacial pode representar um possível risco à exploração do espaço e ao ambiente terrestre?

Esta pesquisa possui como objetivo geral analisar como a problemática do lixo espacial em órbita da Terra pode interferir na exploração do espaço e gerar consequências sociais, econômicas e ambientais na superfície terrestre; visando despertar o interesse dos estudantes da Educação Básica pelos saberes científicos relacionados a Astronomia, a fim de possibilitar uma ação educativa que articule a teoria à prática, com o propósito de diminuir a carência de informações sobre essa temática a este nível de ensino.

É necessário realizar uma breve discussão a respeito das características da órbita e da gravidade terrestre, o contexto histórico pelo qual essa forma de lixo surgiu, as características, particularidades, legislação pertinente sobre o direito espacial internacional e a extensão do problema que esse tipo de lixo pode gerar para a sociedade e o meio ambiente, e especialmente realizar uma revisão bibliográfica em livros didáticos de Geografia e Ciências, da Educação Básica, para averiguar se o tema é abordado e como é descrita as informações sobre o lixo espacial.

Lixo Espacial – também chamado de detritos espaciais - são objetos que não desempenham mais nenhuma função, porém congestionam e poluem o espaço em torno do nosso planeta e podem gerar acidentes e colisões, tanto em órbita quanto na reentrada da atmosfera terrestre (GRECCO, 1996). Vale destacar que os detritos espaciais naturais, como por exemplo, meteoroides, não são o foco deste trabalho. Então quando nos referimos a detritos espaciais (ou detritos espaciais orbitais) estamos nos referindo a objetos artificiais, que foram enviados ao espaço pelo homem, tais como: diversas partes e detritos de naves espaciais deixados para trás no seu lançamento, pequenas peças de satélites desativados e mesmo grandes estágios de foguetes, detritos criados como resultado de explosões ou colisões de espaçonaves, resíduos sólidos de motores de foguetes, partículas minúsculas de tinta liberadas por tensão térmica ou por impacto de pequenas partículas, são exemplos de lixo espacial. Estes objetos e equipamentos congestionam o espaço em torno do planeta Terra e, por tal motivo, causam risco de acidentes graves, tanto em órbita (devido à possibilidade de eventuais colisões), quanto numa possível reentrada de tais detritos na atmosfera terrestre (GRECCO, 1996). Segundo dados da ONU (SUPERABRIL, 2021), somente 1.400 de um total de 19.000 objetos espaciais rastreados são funcionais. Esta diferença é considerada como lixo espacial na órbita terrestre.

Alternativas relacionadas à sustentabilidade devem ser estudadas e colocadas em prática o quanto antes. A NASA (National Aeronautics and Space Administration) estimou 500.000 detritos espaciais de tamanho considerável em 2013, afirmando ainda que a maioria

do lixo esteja entre 800 e 850 km de altitude da superfície da Terra. Só em 2014 foram 600 quedas conforme relatou os Estados Unidos na reunião do COUPOS (Comitê das Nações Unidas para o Uso Pacífico do Espaço Exterior), estimando que existam 10.800 toneladas de lixo no espaço orbital do nosso planeta. Portanto, a necessidade para buscar soluções sustentáveis na tentativa de amenizar os impactos gerados pelo lixo espacial, tais como: comprometimento futuro na exploração espacial e também no ambiente terrestre, uma vez que os detritos advindos do espaço podem causar alterações significativas no ar, na terra e no mar.

Para que a nossa sociedade continue a usufruir e se beneficiar com os avanços das tecnologias presentes no espaço é necessária a utilização de práticas sustentáveis, investindo em pesquisas que busquem alternativas para a mitigação do lixo espacial. Agências espaciais, cientistas e a indústria aeroespacial estão pesquisando tecnologias que visam à exploração do ambiente espacial de forma sustentável e que possam realizar a limpeza do ambiente em torno da Terra. Raios Tratores, Vela Solar, Balões Infláveis, Satélite Coletor, Arpão, entre outras, são exemplos de tecnologias que estão sendo estudadas e testadas na tentativa de solucionar o problema do lixo espacial em torno da Terra. Mas, a concretização de tais métodos exige gastos tão elevados que acaba por dificultar a viabilidade técnica, postergando ainda mais o problema do recolhimento do lixo espacial. Segundo Nogueira (2005), os destroços acima dos 800 quilômetros estarão lá por décadas. Acima dos 1.000 quilômetros, por séculos. Acima dos 1.500 quilômetros, permanecerão no espaço por um longo tempo.

A problemática do lixo espacial ganhou corpo de tal forma que o assunto foi destaque na Assembleia Geral das Nações Unidas, no ano de 1992. O tema passou a ser discutido pelo COPUOS, principal órgão legislador sobre Direito Espacial (MORENO, 2008). Em 2007, ocorreu a publicação das Diretrizes para a Redução dos Dejetos Espaciais, emitida pelo Comitê Técnico-Científico do COPUOS (MONSERRAT FILHO, 2008; MORENO, 2008). Mas, o documento apenas rege um conjunto de recomendações aos Estados e organizações intergovernamentais que atuam no setor espacial, não possuindo ainda um caráter impositivo e/ou punitivo sobre a responsabilidade dos Estados envolvidos (MORENO, 2008).

Com base nesta problemática sobre o lixo espacial, a proposta de intervenção educacional pautada nesta pesquisa foi realizada nos anos finais do Ensino Fundamental, especificamente no 6º ano, no Centro Integrado de Educação Assis Chateaubriand, na cidade de Feira de Santana – BA, durante as aulas de Geografia, e procurou despertar nos discentes

o interesse pelos conhecimentos gerados pela Astronomia, como também uma noção mais ampla sobre a problemática ambiental que nos cerca tanto na atmosfera quanto na órbita terrestre. Também foi realizada uma intervenção no Observatório Astronômico Antares/Museu Antares de Ciência e Tecnologia (OAA/MACT), espaço não-formal de educação, para ampliar e difundir a temática desta pesquisa para a comunidade local.

Convém ressaltar que este trabalho tem o intuito de fazer convergir de maneira construtiva e integradora vários domínios do conhecimento, no campo da Astronomia, da Geografia e suas interdisciplinaridades. Através de uma perspectiva de investigação e construção do conhecimento, baseada na troca de saberes entre aluno-aluno, e professor-aluno. Vygotsky (2007) relata que a construção do conhecimento se dá por meio da interação, pois cada pessoa é um ser social, relacional e participante de um processo histórico. Como descrito nas definições das competências gerais da BNCC (BRASIL, 2018, p. 8), “a educação deve afirmar valores e estimular ações que contribuam para a transformação da sociedade, tornando-a mais humana, socialmente justa e, também, voltada para a preservação da natureza”.

Consideramos que grande parte da pertinência deste trabalho vem da constatação de que há uma enorme carência na Educação Básica de iniciativas que promovam uma integração do conhecimento da Astronomia com as outras diversas ciências aplicadas no currículo do ensino básico brasileiro. Para Carvalho e Ramos (2020, p. 93), “pode-se questionar por que ensinar esses conteúdos de Astronomia e não outros? Qual seria a essência científico-pedagógica que sustenta essas escolhas?” Como mencionado anteriormente, podemos relacionar essas questões a duas situações que se completam. A primeira diz respeito a parte científica: grande parte dos nossos serviços, descobertas e avanços da ciência estão relacionados ao uso dos satélites e telescópios espaciais, e com todo acúmulo do lixo espacial na órbita terrestre, podem ocorrer interferências. A segunda fortalece a questão pedagógica, pois é um tema relevante, que além de não constar em grande parte dos livros didáticos, também é uma temática pouco conhecida tanto por discentes quanto por docentes que atuam na Educação Básica.

De acordo com a BNCC (2018) na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, foram incluídos os eixos temáticos “Terra e Universo” (Ensino Fundamental) e “Vida, Terra e Cosmos” (Ensino Médio), que mencionam competências e habilidades dos objetos de conhecimento da Astronomia.

Busca-se a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes. (BNCC, 2018, p. 328)

A partir de uma compreensão mais aprofundada dos conceitos relacionados a Astronomia, espera-se que os alunos possam refletir sobre a importância da Terra e sobre os impactos que o lixo espacial pode causar, sobre a postura da espécie humana no Universo e sua forma de interagir com a natureza, incluindo o espaço orbital da Terra, buscando formas mais sustentáveis.

Esta dissertação apresenta-se organizada em sete Capítulos, que estão distribuídos da seguinte forma: o primeiro Capítulo compreende a Introdução, que faz um apanhado geral sobre o tema, os objetivos e a problemática da pesquisa. Incluindo algumas correlações ao processo de ensino e aprendizagem.

No segundo Capítulo será discutido sobre a abordagem do ensino da Astronomia presente nos documentos oficiais da Educação Básica: PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) e BNCC. A proposta deste capítulo é entender como a Astronomia é inserida no contexto escolar, pelo viés da interdisciplinaridade com as outras áreas dos componentes curriculares, como também realizar uma abordagem do estudo desta pesquisa nos livros didáticos de Geografia e Ciências, dos anos finais Ensino Fundamental, para possível identificação de como o conteúdo é trabalhado, se existem inconsistências conceituais e o volume de livros que abrangem sobre essa temática.

O Capítulo três aborda sobre a necessidade de uma fundamentação teórica sobre o tema desta pesquisa. É importante informar e debater sobre as questões básicas da temática, tais como: órbita, gravidade, exploração espacial, indústria aeroespacial, avanços tecnológicos, direito espacial internacional, mitigação do lixo espacial e perturbações orbitais. Como também, discutir sobre o conceito de sustentabilidade e responsabilidade ambiental inerente aos Estados envolvidos no processo da exploração espacial.

No Capítulo quatro será comentada a metodologia adotada nesta pesquisa, com base nas teorias sociointeracionista e a aprendizagem significativa, retratadas respectivamente por Vygotsky e Ausubel. A estrutura organizacional da pesquisa que se encontra dividida em oficinas temáticas para melhor interagir com a cognição no processo de desenvolvimento da aprendizagem dos discentes, pois procura unir teoria e prática. E por fim, este Capítulo identifica o público alvo e o local de desenvolvimento desta pesquisa.

As ações realizadas se encontram no Capítulo cinco, que descreve todas as atividades desenvolvidas para realização desta pesquisa. Pré-teste, seção de cinema, trabalho de campo, oficinas temáticas, confecção de lapbooks e a descrição dos produtos educacionais: caderno de atividades e um e-book, resultantes deste trabalho de pesquisa. A aplicação e utilização destes produtos educacionais, tanto pelos discentes quanto por docentes, no caso do e-book, indica meios para fortalecer o estudo da temática em questão, associando e inter-relacionando conteúdos de Geografia e Astronomia. Ao final do Capítulo também é descrito as ações realizadas no espaço não-formal de educação.

O Capítulo seis apresenta as discussões sobre os resultados obtidos com a aplicação das ações no processo de intervenção educacional nos anos finais do Ensino Fundamental. Esse Capítulo é de grande importância, pois nele está a análise de todo o trabalho que foi planejado e executado para viabilizar o processo de ensino aprendizagem.

E por fim, o sétimo Capítulo que trata das conclusões e perspectivas desta pesquisa. Onde o maior intuito é ampliar o processo de ensino-aprendizagem e auxiliar na formação de sujeitos mais críticos e conscientes de sua posição no Universo.

CAPÍTULO 2. ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Este Capítulo discorre sobre como o ensino de Astronomia encontra-se inserido na Educação Básica brasileira, utilizando os principais documentos oficiais vigentes: PCN e BNCC. É importante ressaltar a interdisciplinaridade da Astronomia, que facilita a integração desta ciência com outras áreas do conhecimento e contribui para uma maior contextualização dos saberes científicos no ambiente escolar. É também destacado neste Capítulo uma abordagem nos livros didáticos sobre a temática de estudo desta pesquisa, para entender qual o nível de intensidade que este tema é abordado, principalmente nos anos finais do Ensino Fundamental.

2.1 Conteúdos de Astronomia nos Documentos Oficiais da Educação Básica: PCN e BNCC

Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996, era importante e necessário a implementação de diretrizes nacionais curriculares e de uma base nacional comum no currículo da Educação Básica no Brasil. Como consta no capítulo II, artigo 26, da referida Lei:

Os currículos do ensino fundamental e médio devem ter uma base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e da clientela. (BRASIL, 1996, p. 16)

A LDB expressa a importância de se trabalhar com as diferentes áreas de conhecimento que contemplem uma formação plena dos discentes. O ensino da Astronomia, inserido desde os anos iniciais da Educação Fundamental, foi anexado nestes currículos através da criação dos temas transversais nos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), e das unidades temáticas, na BNCC (Base Nacional Comum Curricular).

De acordo com os PCN “Os eixos temáticos e os temas que derivam deles procuram dar conta de grandes questões da atualidade (...). São temáticas fundamentais, em que o local e o global estão intimamente relacionados (...).” (PCN, 1998, p. 41). Dessa forma, promovendo interações interdisciplinares com os temas transversais, com o objetivo de apoiar os docentes a estimular nos alunos uma leitura da realidade completa, não fragmentada.

Os PCN são os documentos que dão suporte a elaboração dos currículos da Educação Básica, e a Astronomia como uma ciência interdisciplinar, aparece no eixo temático Terra e Universo, onde os conteúdos referentes a esta ciência se encontram na área de conhecimento das Ciências Naturais, no 3º e 4º ciclos do Ensino Fundamental. Entre os conteúdos de Astronomia propostos para o Ensino Fundamental pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, destacamos: Concepção de Universo - informações sobre cometas, planetas, satélites e outros astros do Sistema Solar; atração gravitacional da Terra; teorias geocêntricas e heliocêntricas; estruturação e posição da Terra; corrida espacial; entre outros.

Nos PCN os principais objetivos do Ensino Fundamental é que os alunos sejam capazes de: “(...) perceber-se integrante, dependente e agente transformador do ambiente, identificando seus elementos e as interações entre eles, contribuindo ativamente para a melhoria do meio ambiente.” (PCN, 1998, p. 55). A intenção é protagonizar o aluno onde ele possa ser sujeito de sua própria formação em um processo interativo com os professores e conhecimento.

O Plano Nacional de Educação, de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica (2013), fomentou a elaboração da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que passa a determinar, em nível nacional, os conhecimentos fundamentais que todos os alunos devem ter acesso. Com a BNCC, em prática desde 2019, os currículos da Educação Básica começam a ser construídos através de competências e habilidades, e distribuídos em unidades temáticas.

Para esta pesquisa, foram escolhidos os componentes curriculares de Ciências e Geografia, devido a estreita relação que essas áreas possuem com a Astronomia no Ensino Fundamental II. Segundo a BNCC (2018), ao estudar a área de Ciências da Natureza e suas tecnologias:

As pessoas aprendem a respeito de si mesmas, da diversidade e dos processos de evolução e manutenção da vida, do mundo material – com os seus recursos naturais, suas transformações e fontes de energia –, do nosso planeta no Sistema Solar e no Universo e da aplicação dos conhecimentos científicos nas várias esferas da vida humana. Essas aprendizagens, entre outras, possibilitam que os alunos compreendam, expliquem e intervenham no mundo em que vivem. (BNCC, 2018, p. 325).

Assim o componente curricular – Ciências – contribui para o uso da reflexão como impulso para a construção do conhecimento científico e da autonomia no processo de ensino-aprendizagem partilhado no contexto escolar entre os sujeitos envolvidos diretamente na

prática pedagógica. A segunda competência geral da BNCC (2018) proposta para as três etapas da Educação Básica têm forte relação com o ensino de Ciências, uma vez que possibilita ao estudante:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das Ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas. (BNCC, 2018, p. 09).

Os conteúdos relacionados a Astronomia, no componente curricular de Ciências, Ensino Fundamental II, estão inseridos na unidade temática – Terra e Universo. O Quadro 1 retrata a distribuição desses conteúdos nos anos finais do Ensino Fundamental.

Quadro 1 - Conteúdo da Unidade temática: Terra e Universo, Ensino Fundamental II

| Unidade Temática | Componente curricular | Série escolar | Objetos de conhecimento |
|------------------|-----------------------|---------------|--|
| Terra e Universo | Ciências | 6º ano | Forma, estrutura e movimentos da Terra. |
| | | 7º ano | Composição do ar; Efeito estufa; Camada de ozônio; Fenômenos naturais (vulcões, terremotos e tsunamis); Placas tectônicas e deriva continental. |
| | | 8º ano | Sistema Sol, Terra e Lua; Clima. |
| | | 9º ano | Composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo; Astronomia e cultura; Vida humana fora da Terra; Ordem de grandeza astronômica; Evolução estelar |

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

Como o foco de intervenção desta pesquisa é o Ensino Fundamental II, especificamente o 6º ano, o Quadro 1 faz um recorte para especificar apenas esse nível de ensino. Mas, com a BNCC (BRASIL, 2018), a Astronomia consolidou-se no currículo, sendo agora colocada dentro de uma das unidades temáticas a serem trabalhados em todas as séries da Educação Básica – do 1º ano do Ensino Fundamental até o Ensino Médio.

Nesse sentido, não basta que os conhecimentos científicos sejam apresentados aos alunos. É preciso oferecer oportunidades para que eles, de fato, envolvam-se em

processos de aprendizagem nos quais possam vivenciar momentos de investigação que lhes possibilitem exercitar e ampliar sua curiosidade, aperfeiçoar sua capacidade de observação, de raciocínio lógico e de criação, desenvolver posturas mais colaborativas e sistematizar suas primeiras explicações sobre o mundo natural e tecnológico (...). (BNCC, 2018, p.331).

Algumas habilidades referentes aos objetos de conhecimento do Quadro 1, são citadas no Quadro 2. É válido enfatizar que o conhecimento científico deve ser ampliado e aprofundado por meio da articulação entre os objetos de conhecimento (conteúdos) e as experiências de observações vivenciadas, praticadas pelos docentes.

Quadro 2 - Algumas habilidades da Unidade temática: Terra e Universo, Ensino Fundamental II

| Unidade temática e componente curricular | Habilidades |
|--|---|
| Terra e Universo; Ciências | (EF06CI14) Inferir que as mudanças na sombra de uma vara (gnômon) ao longo do dia em diferentes períodos do ano são uma evidência dos movimentos relativos entre a Terra e o Sol, que podem ser explicados por meio dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação de seu eixo de rotação em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol. |
| | (EF07CI13) Descrever o mecanismo natural do efeito estufa, seu papel fundamental para o desenvolvimento da vida na Terra, discutir as ações humanas responsáveis pelo seu aumento artificial (queima dos combustíveis fósseis, desmatamento, queimadas etc.) e selecionar e implementar propostas para a reversão ou controle desse quadro. |
| | (EF08CI13) Representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar o papel da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita na ocorrência das estações do ano, com a utilização de modelos tridimensionais. |
| | (EF09CI14) Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões). |

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

No componente curricular Ciências a abordagem evidenciada na unidade temática Terra e Universo privilegia, com demonstrado nos Quadros 1 e 2 o ensino da Astronomia nos anos finais do Ensino Fundamental, ressaltando vários fenômenos envolvendo os astros, tais como: Terra, Lua e Sol, fundamentando a importância da contextualização e interdisciplinaridade no ensino da Astronomia.

No contexto escolar, o componente curricular Geografia é responsável por situar o aluno no espaço geográfico, relacionando-o com a sociedade, o tempo e o ambiente em que está inserido. Ao contribuir para que o aluno reconheça no lugar onde vive relações que estruturam a sociedade, a Geografia favorece a construção de um novo olhar sobre a realidade que o envolve. Isso porque as relações humanas estão envolvidas em processos globais, que expressam o atual estágio de interação entre lugares e pessoas. A Geografia também permite que o aluno conheça as diversas formas de uso e apropriação do meio físico pela sociedade e reflita sobre possibilidades de superar os impactos causados pela ação humana, inclusive no ambiente espacial.

De acordo com a BNCC, a segunda competência específica da área de Ciências Humanas para o Ensino Fundamental, anos finais, indica que:

Analisar o mundo social, cultural e digital e o meio técnico-científico-informacional com base nos conhecimentos das Ciências Humanas, considerando suas variações de significado no tempo e no espaço, para intervir em situações do cotidiano e se posicionar diante de problemas do mundo contemporâneo. (BNCC, 2018, p. 357).

As Ciências Humanas devem, assim, estimular uma formação ética, como elemento fundamental para a formação da sociedade, auxiliando os alunos a valorizar: os direitos humanos; a responsabilidade social; o respeito ao ambiente, seja ele terrestre ou espacial; o fortalecimento da participação e o protagonismo voltados para o bem comum. Cabe, ainda, às Ciências Humanas, segundo a BNCC (2018), cultivar a formação de alunos intelectualmente autônomos, com capacidade de articular categorias de pensamento histórico e geográfico, percebendo as experiências humanas e refletindo sobre elas.

Na interpretação do componente curricular Geografia, especificamente para o 6º ano do Ensino Fundamental, os conteúdos que se relacionam a Astronomia encontram-se associados nas unidades temáticas – Natureza, ambientes e qualidade de vida; Formas de representação e pensamento espacial; e Conexões e escalas. É interessante pontuar que a associação entre temas ligados a Astronomia e Geografia na BNCC, não são tão explícitos e diretos quanto estão na área de Ciências, porém no contexto escolar, a prática se destaca para a discussão dos processos físico-naturais do planeta Terra e como a sociedade se apropria desses recursos e gera impactos socioambientais ao nosso planeta e em seu entorno.

No Quadro 3 destacamos os objetos de conhecimento para o 6º ano do Ensino Fundamental, na área de Geografia, nas unidades temáticas representadas no referido quadro.

Quadro 3 - Objetos de conhecimento: Geografia – 6º ano do Ensino Fundamental

| Componente curricular | Unidades Temáticas | Objetos de conhecimento |
|-----------------------|---|--|
| Geografia | Natureza, ambientes e qualidade de vida. | Atividades humanas e dinâmica climática. |
| | | Biodiversidade e ciclo hidrológico. |
| | Formas de representação e pensamento espacial | Fenômenos naturais e sociais representados de diferentes maneiras. |
| | Conexões e escalas | Relações entre os componentes físico-naturais. |

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

Algumas habilidades referentes aos objetos de conhecimento do Quadro 3, são citadas no Quadro 4. No Ensino Fundamental, anos finais, a Geografia ganha dimensões conceituais mais complexas, auxiliando os alunos a estabelecer relações mais elaboradas, associando natureza, ambiente e atividades antrópicas em distintas escalas e dimensões sociais, econômicas, políticas e espaciais. Dessa maneira, é possível aos discentes conhecer os aspectos naturais do planeta e as transformações impostas pelas atividades humanas na dinâmica físico-natural.

Quadro 4 - Algumas habilidades do componente curricular de Geografia para o 6º ano

| Componente curricular | Unidade Temática | Habilidades |
|-----------------------|---|---|
| Geografia | Natureza, ambientes e qualidade de vida. | (EF06GE11) Analisar distintas interações das sociedades com a natureza, com base na distribuição dos componentes físico-naturais, incluindo as transformações da biodiversidade local e do mundo. |
| | Formas de representação e pensamento espacial | (EF06GE09) Elaborar modelos tridimensionais, blocos-diagramas e perfis topográficos e de vegetação, visando à representação de elementos e estruturas da superfície terrestre. |
| | Conexões e escalas | (EF06GE03) Descrever os movimentos do planeta e sua relação com a circulação geral da atmosfera, o tempo atmosférico e os padrões climáticos. |

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

É fato que com os PCN e a BNCC ocorreram mudanças no currículo da Educação Básica brasileira, o que fortaleceu a inserção da Astronomia a este nível de ensino. Embora a política educacional do Brasil tenha se estruturado para promover uma abrangência da Astronomia na Educação Básica, a realidade escolar ainda não contempla as expectativas desejáveis, segundo Langhi e Nardi (2012). Muitos docentes não se sentem seguros para abordar as temáticas relacionadas a Astronomia, devido à ausência e/ou infrequência desse tema durante sua formação acadêmica. Associado a esse fato, Langhi e Nardi (2012), ainda acrescentam outras questões como: bibliografia reduzida, dificuldade de contextualização, e pouco tempo para capacitação docente sobre a Astronomia.

A realidade concreta das escolas da Educação Básica nem sempre contemplam o que se propõe no currículo, muito se têm ainda a caminhar e organizar. É necessário um processo de formação docente que contemple as novas exigências adotadas pela política educacional brasileira, e um contínuo trabalho de capacitação e assessoria aos docentes da Educação Básica. Para assim concretizar o que está escrito na LDB na Seção III, sobre o objetivo do Ensino Fundamental, que deve se estender a toda a Educação Básica, no artigo 32:

O ensino fundamental (...) terá por objetivo a formação básica do cidadão, mediante o desenvolvimento da capacidade de aprendizagem, tendo em vista a aquisição de conhecimentos e habilidades e a formação de atitudes e valores. (BRASIL, 1996, p.17).

2.2 Abordagem sobre o Lixo Espacial em Livros Didáticos de Geografia e Ciências

Além da reflexão sobre os documentos oficiais da educação básica: PCN e BNCC, é válido também realizar uma revisão em alguns livros didáticos do Ensino Fundamental II, especialmente do 6º ano, para perceber como o estudo da Astronomia e do tema central desta pesquisa - lixo espacial - estão sendo abordados, ou mesmo se são citados, nesse recurso didático que é muito utilizado pelos professores na sua prática docente.

Os Quadros 5 e 6 trazem informações, respectivamente sobre os componentes curriculares de Ciências e Geografia, sobre a presença de conceitos relacionados ao objeto central desta pesquisa nos livros didáticos do 6º ano do Ensino Fundamental, e suas análises estão associadas às competências e habilidades que norteiam o processo de ensino-aprendizagem presente na BNCC.

Quadro 5 - Revisão bibliográfica: livros didáticos de ciências do 6º ano

| Área do conhecimento: Ciências | | | | | | | |
|--|---|--|------------------|-----------------------|---------------------|---------------|---------------------------|
| Nível: Ensino Fundamental II – Anos finais | | | | | | | |
| Livro Editora, Edição/ Ano | Série | Temas relacionados ao objeto de estudo | | | | | |
| | | Astronomia | Órbita terrestre | Satélites artificiais | Exploração espacial | Lixo espacial | Sustentabilidade espacial |
| Caderno do Futuro IBEP, 3ª edição, 2013 | 6º A N O | | | | | | |
| Inovar Saraiva, 1ª edição, 2018 | | | | | | | |
| Companhia das ciências Saraiva, 5ª edição, 2018 | | | | | | | |
| Inspire ciências FTD, 1ª edição, 2018 | | | | | | | |
| Telaris Ática, 3ª edição, 2019 | | | | | | | |
| Aprendendo com o cotidiano Moderna, 6ª edição, 2018 | | | | | | | |
| Observatório de Ciências Moderna, 3ª edição, 2018 | | | | | | | |
| Araribá mais Moderna, 1ª edição, 2018 | | | | | | | |
| Ciências: Vida e Universo FTD 1ª edição, 2018 | | | | | | | |
| Tempo de Ciências Editora do Brasil 4ª edição, 2019 | | | | | | | |

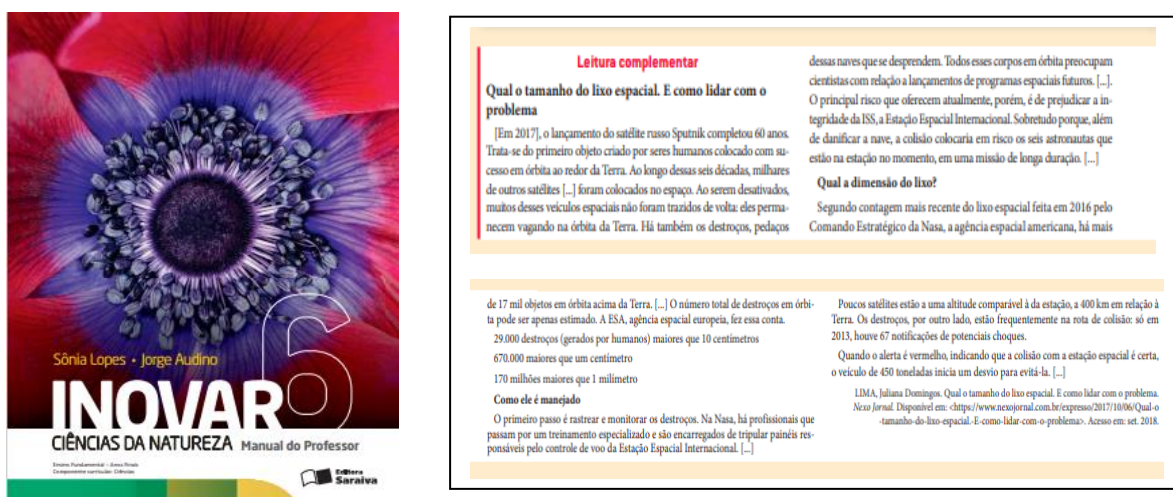
Fonte: Elaboração própria – 2022

A inclusão da unidade temática – Terra e Universo – pela BNCC, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para os anos finais do Ensino Fundamental, aproximou ainda mais a Astronomia a esta área de ensino. Durante a análise dos livros didáticos de Ciências é importante salientar que foram encontrados em todos eles, temas relacionados a Astronomia: breve história da Astronomia, esfericidade e forma da Terra, movimentos da Terra, eclipse lunar e solar, movimento aparente do Sol, construção de

relógio de Sol (gnômon), exoplanetas, e gravidade terrestre. Todos em concordância com as habilidades propostas pela BNCC para o ensino de Ciências.

Para a revisão bibliográfica dos livros didáticos do 6º ano do Ensino Fundamental, da disciplina de Ciências, foram utilizados 10 livros, citados no Quadro 5. Durante a análise, foram pesquisados alguns conceitos relacionados a esta pesquisa: Astronomia, órbita terrestre, satélites artificiais, exploração espacial, sustentabilidade espacial; como também e principalmente, o próprio objeto de estudo da pesquisa: lixo espacial, os resultados encontram-se no Quadro 5. Dos livros pesquisados, apenas um único trazia uma abordagem superficial sobre o lixo espacial, no formato de leitura complementar, intitulada: *Qual o tamanho do lixo espacial e como lidar com ele?* E ao final da leitura era solicitada uma pesquisa sobre o tema e posterior socialização em classe, ver Figura 1.

Figura 1 - Capa e leitura do livro didático de Ciências



Fonte: Inovar, Saraiva, 1ª edição, 2018

É importante ressaltar que também foram analisados livros didáticos de Ciências das outras séries dos anos finais do Ensino Fundamental, 7º, 8º e 9º anos, e percebemos que em todos eles aparecem conteúdos relacionados a Astronomia, porém em relação ao tema de estudo desta pesquisa - lixo espacial, não foi mencionado em nenhum deles. Diante dessa realidade, faz-se necessário propor um estudo direcionado a esta temática, dada a sua importância para assegurar um futuro sustentável nas órbitas terrestres.

Quadro 6 - Revisão bibliográfica: livros didáticos de Geografia do 6º ano

| Área do conhecimento: Geografia | | | | | | | |
|---|---|--|------------------|-----------------------|---------------------|---------------|---------------------------|
| Nível: Ensino Fundamental II – Anos finais | | | | | | | |
| Livro Editora, Edição/ Ano | Série | Temas relacionados ao objeto de estudo | | | | | |
| | | Astronomia | Órbita terrestre | Satélites artificiais | Exploração espacial | Lixo espacial | Sustentabilidade espacial |
| Telaris Geografia Ática, 3ª edição, 2018 | 6º A N O | | | | | | |
| Geografia Geral e do Brasil Scipione, 1ª edição, 2018 | | | | | | | |
| Geografia: Território e Sociedade Saraiva, 1ª edição, 2018 | | | | | | | |
| Araribá mais Moderna, 1ª edição, 2018 | | | | | | | |
| Expedições Geográficas Moderna, 3ª edição, 2018 | | | | | | | |
| Geografia: Homem & Espaço Saraiva, 26ª edição, 2015 | | | | | | | |
| Caderno do Futuro: Geografia IBEP, 3ª edição, 2013 | | | | | | | |
| Geografia: Espaço e Interação FTD, 1ª edição, 2018 | | | | | | | |
| Vontade de Saber: Geografia Quinteto Editorial 1ª edição, 2018 | | | | | | | |
| Por dentro da Geografia Saraiva, 4ª edição, 2018 | | | | | | | |

Fonte: Elaboração própria - 2022

A mesma análise foi realizada com o componente curricular Geografia, uma amostra de 10 livros didáticos do 6º ano do Ensino Fundamental, citados no Quadro 6. É

importante salientar que em todos os livros didáticos de Geografia, listados no Quadro 6, foram encontrados temas relacionados a Astronomia, tais como: esfericidade e forma da Terra, movimentos da Terra, fases da Lua, eclipse lunar e solar, movimento aparente do Sol, orientação e localização utilizando os astros celestes, efeitos da atmosfera terrestre, origem e formação do Universo, e uso de satélites artificiais pela nossa sociedade. Todos em concordância com as habilidades propostas pela BNCC para o ensino de Geografia.

Ao observar o Quadro 6 podemos perceber que o objeto de estudo dessa pesquisa – lixo espacial, está presente apenas em 2 livros didáticos, ver Figuras 2 e 3. No livro intitulado – Geografia: Território e Sociedade, o tema é abordado no formato de leitura complementar, intitulada: *Lixo espacial preocupa cientistas*, e ao final da leitura é proposto a resolução de duas atividades sobre o texto. Já no livro intitulado – Geografia: Homem & Espaço, aparece uma leitura intitulada: *O céu e suas surpresas*, e propõe a resolução de três questões sobre o texto para ampliar os horizontes do tema.

Figura 2 - Capa e leitura do livro didático de Geografia: Território e Sociedade

A imagem mostra a capa do livro didático 'Geografia: Território e Sociedade' e uma página de leitura complementar sobre lixo espacial. A capa do livro, publicada pela Editora Saraiva, apresenta o título 'GEOGRAFIA' em grandes letras, com 'ENSINO FUNDAMENTAL ANOS FINAIS' e 'TERRITÓRIO E SOCIEDADE' em uma faixa amarela. O número '6' é destacado no canto inferior direito. A capa também menciona os autores Elian Alabi Lucchi, Anselmo Lazaro Branco e William Fughi. A página de leitura complementar, intitulada 'Lixo espacial preocupa cientistas', contém um texto informativo sobre o problema do lixo espacial, acompanhado de uma imagem de um satélite coletor da ESA. Abaixo do texto, há duas atividades propostas para o aluno.

Para integrar • Ciências

Lixo espacial preocupa cientistas

Em vastas regiões da órbita terrestre, em áreas que estão entre 800 e mil quilômetros de altitude, grandes quantidades de lixo circundam o planeta. O problema tem aumentado com o passar do tempo – e causa preocupação à comunidade científica.

Partes de satélites que colidiram uns com os outros, satélites desativados de espionagem, de observação da Terra e de comunicação giram à deriva pelo espaço. Peças de foguetes e até mesmo ferramentas que os astronautas deixaram cair enquanto faziam consertos na Estação Espacial Internacional (ISS) voam descontroladas na órbita terrestre. Especialistas estimam que haja em órbita mais de 750 mil peças de sucata, todas maiores do que um centímetro.

Elas representam um perigo para satélites ativos, para a estação espacial e para foguetes. Até mesmo pequenas destruições podem ter o efeito de uma bala. Quando acidentes acontecem, como em 2009, isso pode sair caro. Naquele ano, dois grandes satélites colidiram: o US Iridium 33, que estava ativo, e o satélite inativo russo Kosmos 2251.

O acidente produziu toneladas de detritos, que repetidamente colidem entre si. Especialistas temem exatamente essa reação em cadeia, a que chamam Síndrome de Kessler. Através dessas colisões, são criadas outras peças perigosas, até que tantos detritos estejam flutuando no espaço a ponto de se tornar impossível lançar mais satélites e enviar naves ao espaço.

Os detritos também entram na atmosfera terrestre. Isso ocorre o tempo todo. Até agora, ninguém ficou ferido, pois o risco é muito baixo. Especialistas

da Agência Espacial Europeia (ESA) estimam que, por ano, acontecem cerca de 40 quedas de detritos espaciais em algum lugar no mundo. Mas esses incidentes só ocorrem com peças grandes ou constituídas de material extremamente resistente ao calor. Caso contrário, os objetos são incinerados quando entram na atmosfera da Terra.

Cientistas trabalham para encontrar soluções para eliminar o lixo espacial, pois se este continuar a aumentar, pode passar a ser um grande risco para satélites, foguetes ou telescópios espaciais, que custam bilhões de dólares. As ideias incluem a coleta ou eliminação de detritos espaciais com ajuda de robôs, redes, contos eletromagnéticos ou raios laser.

A ESA desenvolve, por exemplo, um satélite projetado para limpar o espaço. Ele poderia recolher satélites em desuso com uma rede ou um braço robótico e, em seguida, redirecioná-los para que, de forma controlada, queimem ao entrar na atmosfera terrestre. O e-Deorbit deve começar suas atividades em 2023.

Lixo espacial preocupa cientistas. Folha de S.Paulo, São Paulo, 19 abr. 2017. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2017/04/18/lixo-espacial-preocupa-cientistas.shtml>. Acesso em: 02 maio 2018.

Satélite coletor de lixo espacial da ESA, que pode começar as atividades em 2023.

Atividades

1. De acordo com o texto, por que o lixo espacial preocupa cientistas?

2. Explique por que o lixo produzido na superfície terrestre também representa um grande problema para o planeta.

Capítulo 3 • Planeta Terra: características e movimentos 43

Fonte: Geografia: Território e Sociedade, Saraiva, 1ª edição, 2018

Figura 3 - Capa e leitura do livro didático de Geografia: Homem e Espaço



Fonte: Geografia: Homem & Espaço, Saraiva, 26ª edição, 2015

É importante ressaltar que também foram analisados livros didáticos de Geografia das outras séries dos anos finais do Ensino Fundamental, 7º, 8º e 9º anos, e que em todos eles o tema de estudo desta pesquisa - lixo espacial, não foi mencionado. Percebemos também que os conteúdos relacionados a Astronomia aparecem com maior frequência nestes livros didáticos até o 7º ano. Diante dessa realidade, justificamos a necessidade em propor um estudo direcionado a esta temática, dada a sua relativa ausência nos conteúdos trabalhados no Ensino Fundamental II.

A intervenção educacional foi realizada nas turmas de 6º ano do Ensino Fundamental, nas aulas de Geografia, pois a referida série de ensino já possui na sua estrutura curricular, conteúdos referentes ao Sistema Solar, e a inclusão da temática – lixo espacial – ajudou a ampliar os horizontes dos conteúdos relacionados ao ensino da Astronomia para este nível de ensino. É importante ressaltar também a relevância da temática dessa pesquisa, que além de ser um tema atual e pouco conhecido pela sociedade como um todo, é pertinente para refletir sobre quais os caminhos percorridos pela exploração espacial até hoje, e almejar formas mais sustentáveis para conduzir tal exploração.

Desta forma, estimular os alunos a desenvolver uma melhor compreensão do mundo, tornando-os mais habilitados a uma intervenção mais responsável no mundo em que vivem.

Como descrito na primeira competência específica de Geografia para o Ensino Fundamental II, “utilizar os conhecimentos geográficos para entender a interação sociedade/natureza e exercitar o interesse e o espírito de investigação e de resolução de problemas.” (BNCC, 2018, p. 366).

CAPÍTULO 3. CONSIDERAÇÕES ACERCA DO LIXO ESPACIAL

A Terra, astro em que vivemos, possui uma importância singular para o desenvolvimento da civilização humana, nosso endereço espacial, até então, no Universo. O único planeta no Sistema Solar onde as diversas formas de vida se fazem presente. É a partir dela que buscamos conhecer o Universo: investimentos em pesquisas e tecnologia, que se revertem em satélites artificiais, telescópios e sondas espaciais. Todo esse equipamento após perderem sua utilidade, se transformam em lixo espacial (detritos) que podem acabar por comprometer a exploração espacial e o estudo do Universo. Dessa forma, será abordado neste tópico algumas teorias científicas sobre a formação do lixo espacial, suas principais consequências, o que vem sendo feito para regulamentar e amenizar o congestionamento desse lixo em torno da Terra.

Há exatos 66 anos iniciou-se a Era Espacial, a busca pelo conhecimento do espaço, mesmo que ainda atrelada à disputa entre as superpotências da época: Estados Unidos e União Soviética, que mediam forças perante o mundo. Vivia-se no contexto da Guerra Fria, onde ambas as potências desejavam a hegemonia mundial, e a busca pela conquista do espaço fazia parte do leque dessa supremacia. Desde então, após o lançamento do Sputnik (1957), mais de 9,5 mil satélites já foram lançados, esse número aponta o quanto a humanidade atual se tornou dependente desta tecnologia ao longo das últimas seis décadas. Os satélites são utilizados em diversas áreas como na comunicação, observação da Terra e dos astros, navegação (GPS), avanços científicos, meteorologia, desenvolvimento tecnológico, defesa, exploração espacial, voo tripulado, e outros fins.

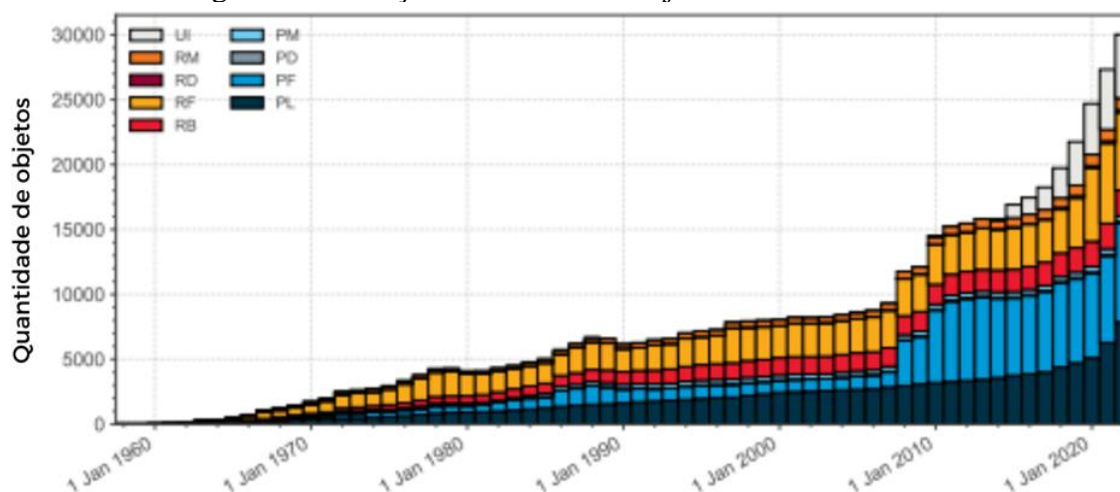
Os satélites se tornaram a espinha dorsal de nossas economias modernas, fornecendo serviços de navegação, telecomunicações, previsão do tempo, monitoramento do clima e transmissões de televisão, entre muitos outros serviços essenciais. A confiança da humanidade na infraestrutura espacial deve aumentar drasticamente com o lançamento de grandes constelações de pequenos satélites projetados para aumentar o acesso global à Internet, entre outros serviços importantes. (ESA, 2021, p. 49).

Dos mais de 9,5 mil satélites lançados ao espaço ao longo dessas seis décadas, atualmente há cerca de 4.000 satélites ativos em órbita (ESA, 2021) e o restante, quando terminada sua funcionalidade, deveriam reentrar na atmosfera desintegrando-se neste processo, ou então serem direcionados a ocupar a chamada órbita cemitério - que é uma região para órbita de descarte que fica um pouco acima da órbita dos satélites, sejam em órbita baixa ou na geoestacionária. Porém, nem sempre isso ocorre e muitos desses satélites

desativados continuam em órbita terrestre poluindo o ambiente espacial e criando mais detritos espaciais - lixo espacial, por causa de explosões e colisões entre estes objetos, que vem se tornando um sério problema, tanto para a continuidade da exploração espacial, quanto para as questões ambientais e econômicas que ocorrem em órbita ou na atmosfera terrestre.

Conforme demonstrado na Figura 4, a evolução da quantidade dos objetos na órbita terrestre ao longo das décadas, cresceu consideravelmente, em especial, pelo lançamento de grandes constelações de pequenos satélites enviados ao espaço por empresas privadas. Esses objetos incluem lixo espacial e satélites em funcionamento, o lixo espacial forma um número relevante no total de objetos em órbitas da Terra.

Figura 4 - Evolução do número de objetos em órbita da Terra



Fonte: Adaptada da ESA (2022)

Os tipos de objeto estão classificados em cores e siglas: na cor cinza, objetos indefinidos (UI); na cor laranja, objetos relacionados a missão de foguete (RM); na cor marrom, detritos de foguete (RD); em amarelo, detritos de fragmentos de foguete (RF); na cor vermelha, corpos de foguete (RB); em azul claro, objetos relacionados à missão de carga útil (PM); em azul, detritos relacionados à carga útil (PD); na cor azul escuro, fragmentos de carga útil (PF); e em azul marinho, satélites operacionais (PL). É possível notar na Figura 4 que o número de objetos que são classificados como detritos espaciais (RD, RF e PD) vêm ao longo das décadas elevando a quantidade no espaço orbital terrestre.

3.1 Lixo Espacial (detrito espacial): Definição, Características e Dados

O lixo espacial é definido, segundo a Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC) em suas Diretrizes de Mitigação (Mitigation Guidelines), “como todos os objetos artificiais, incluindo fragmentos e elementos dos mesmos, na órbita da Terra ou reentrando na atmosfera, que não são funcionais.” (ESA, 2021, p. 56).

Para a NASA (National Aeronautics and Space Administration), o conceito sobre o lixo espacial é estabelecido como:

Os detritos espaciais orbitais, ou simplesmente detritos espaciais, são definidos como objetos feitos pelo homem que estão no espaço e não servem mais a uma finalidade útil, como satélites desativados e peças de espaçonaves. Esses detritos – também conhecidos como ‘lixo espacial’ – persistem acima da atmosfera da Terra por anos até decaírem, desorbitarem, explodirem ou colidirem com outro objeto, criando assim mais detritos. (NASA, 2021, p. 107).

Lixo espacial, detrito espacial ou orbital, segundo o National Orbital Debris Research and Development Plan, documento do Subcomitê de Tempo Espacial, Segurança e Riscos do Estados Unidos, é definido como:

É qualquer objeto fabricado pelo homem situado sobre a órbita da Terra que não mais possui finalidade ou utilidade. Podem ser considerados detritos espaciais: aeronaves abandonadas e estágios superiores de foguetes lançadores de satélites; veículos transportadores para múltiplos equipamentos; detritos intencionalmente liberados durante o processo de separação da espaçonave do veículo lançador ou durante operações referentes a missões; detritos criados como resultado de explosões ou colisões de espaçonaves ou estágios superiores; resíduos sólidos de motores de foguetes; e partículas minúsculas de tinta liberadas por tensão térmica ou por impacto de pequenas partículas. (ORBITAL DEBRIS RESEARCH, 2002, p. 134)

Acrescenta-se a esse conceito, de acordo com Mourão (2002, p. 87), os fragmentos de "aparelhos destruídos pela ação das armas antissatélites". Os fragmentos podem ser gerados de diversas formas, como: colisões entre os detritos espaciais, e colisões entre espaçonaves funcionais e detritos espaciais; gerando em ambos os casos uma grande produção de fragmentos e possíveis futuras colisões que aumentam o número de detritos, e ocasionam o crescimento do lixo espacial, principalmente na órbita terrestre baixa.

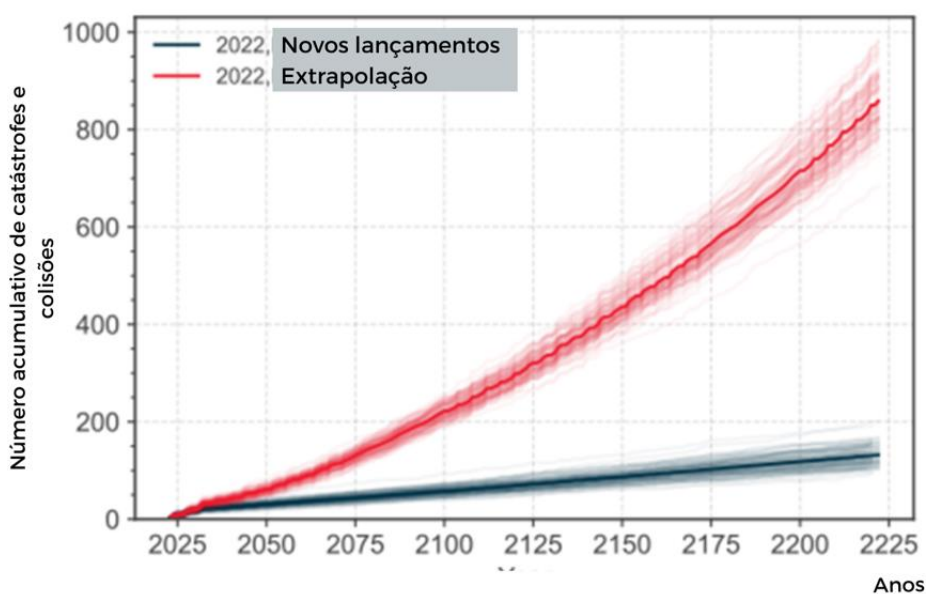
O cientista da NASA, Donald J. Kessler, em 1978, alertava sobre esse problema com o lixo espacial na órbita baixa da Terra, a chamada Síndrome de Kessler, que previa o crescimento desenfreado do número de objetos na órbita aumentando a probabilidade de colisões, isso causaria reações em cadeia, gerando cada vez mais colisões e a criação de um

cinturão de lixo e detritos que terminaria por afetar as missões espaciais (KESSLER e COUR-PALAI, 1978).

O relatório da ESA (2022) destaca o crescimento no número de lançamentos desde 2020, principalmente devido a criação de constelações de satélites, o que tornou os lançamentos além de mais intensos, também mais compactos, pois diversos satélites são lançados ao mesmo tempo. Essas ações influenciam bastante na redução dos custos de lançamento, mas também tornam mais complexo monitorar esses objetos de maneira individual, além de aumentar o número de satélites e consequentemente de detritos espaciais, principalmente na órbita baixa da Terra, tornando-a ainda mais congestionada.

Com isso, segundo a ESA (2022), nos próximos anos, as “conjunções”, que são os encontros próximos entre satélites ativos e/ou detritos, se tornarão mais frequentes, e essa tendência será crescente. Com o aumento das conjunções, aumenta também o risco de colisões, como apresentado na Figura 5, em que a figura mostra o número de catástrofes e colisões que poderão ocorrer ao longo dos anos. Por esta razão, o relatório da ESA (2022) associa essa prática insustentável à ocorrência da Síndrome de Kessler, onde o aumento do número de colisões, poderia provocar um efeito em cascata e comprometer o uso sustentável do espaço próximo à Terra.

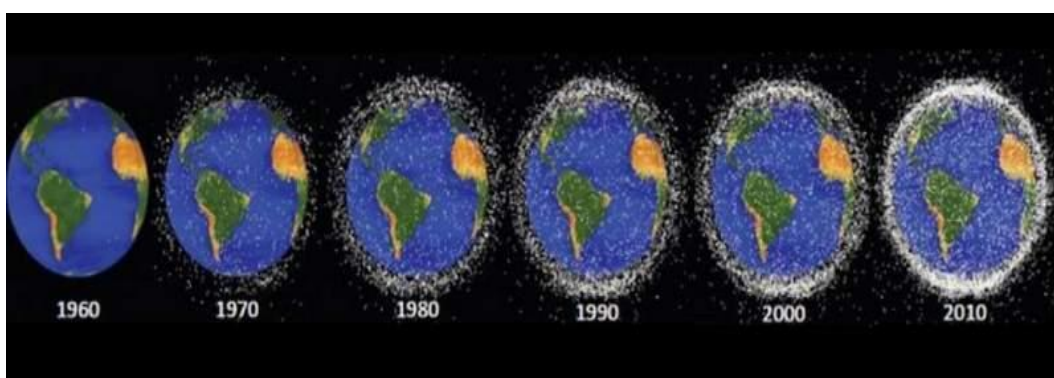
Figura 5 - Número de colisões cumulativas na órbita LEO nos cenários simulados de evolução a longo prazo do ambiente espacial



Fonte: Adaptada da ESA (2022)

A Figura 6 retrata uma demonstração da evolução do lixo espacial em órbita terrestre baixa ao longo das décadas. Vale ressaltar que é uma imagem ilustrativa para representar essa evolução, e que se encontra fora de escala. Em Carvalho et al. (2021), os autores discorreram sobre a temática do lixo espacial, contextualizando os impactos que esses objetos causam na sociedade e os perigos que a exploração espacial está sujeita por causa dos detritos espaciais, além de apresentar algumas tecnologias que estão sendo propostas para contribuir com a solução desse problema.

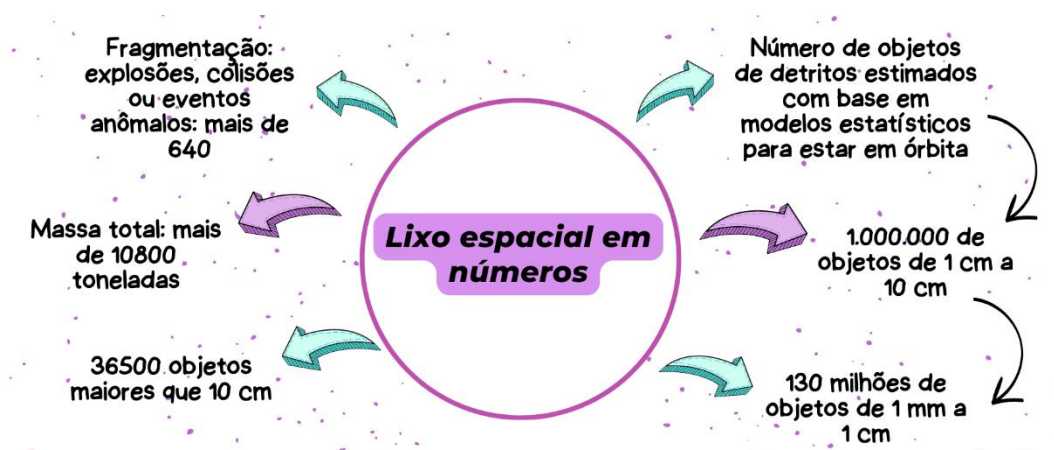
Figura 6 - Imagem simulando a evolução do lixo espacial em órbita terrestre ao longo das décadas



Fonte: <https://aeroflap.com.br/wp-content/uploads/2021/03/space-debris-in-time-800x250.jpg>
(imagem fora de escala)

A problemática do lixo espacial progride com a continuidade de novos lançamentos de satélites, como também devido às colisões dos detritos em órbita. Em decorrência disso, a atual quantidade de lixo espacial existente aumentou, segundo dados da Agência Espacial Europeia, que constam na Figura 7.

Figura 7 - Lixo Espacial em números



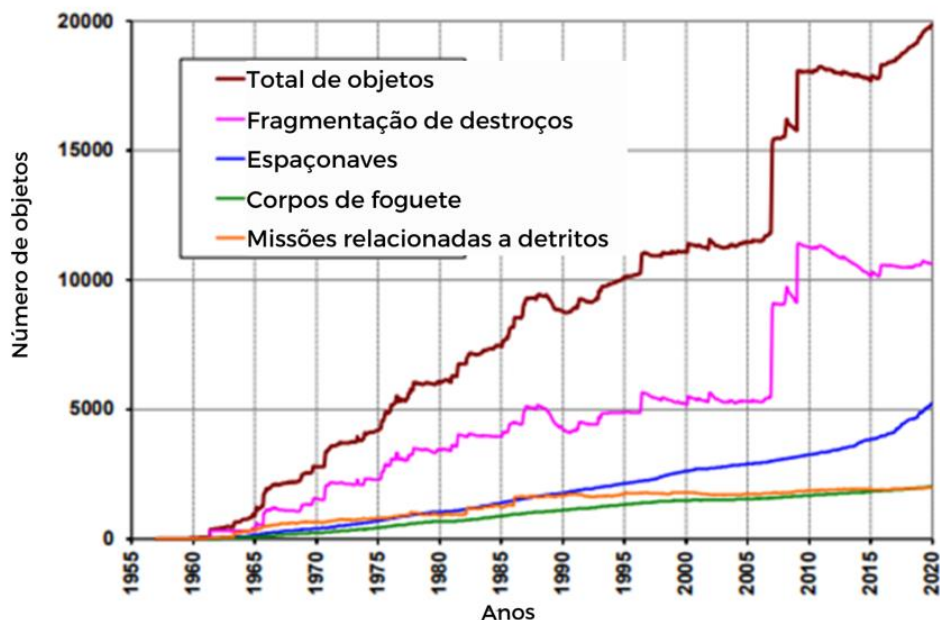
Fonte: Autoria própria com dados retirados do site https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers. Atualização 03/2023

O maior problema de objetos pequenos em órbita é justamente o tamanho reduzido dos mesmos, o que impede sua catalogação. Objetos grandes, como satélites desativados ou pedaços de foguetes são catalogados por observatórios e é possível conhecer sua trajetória, altitude e velocidade. Desta forma, é possível prever colisões com naves tripuladas e satélites funcionais (NASA, 2010).

Os detritos orbitais vêm se acumulando desde as primeiras missões espaciais, e a quantidade de detritos continua a crescer à medida que os Estados e o setor privado continuam a expandir seu uso do espaço. A Figura 8 mostra o crescimento dos detritos rastreáveis desde o início da era espacial, segundo dados do National Orbital Debris Research and Development Plan (NODRDP, 2021):

Os objetos com menos de 5 centímetros de tamanho são difíceis de rastrear individualmente mesmo que estejam em órbita baixa da Terra (LEO); portanto, essas estimativas de tamanho dos detritos dependem fortemente de amostragem estatística e técnicas de modelagem. (NODRDP, 2021, p.1).

Figura 8 - Crescimento de detritos orbitais ao longo do tempo por tipo de objeto



Fonte: Imagem adaptada de <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2021/01/National-Orbital-Debris-RD-Plan-2021>

3.1.1 Consequências para a Exploração Espacial, para a Sociedade e para o Meio Ambiente

Por muitos anos, somente os Estados Unidos e a antiga União Soviética foram capazes de lançar objetos ao espaço. Segundo a OECD (2011) dez países demonstraram

capacidade de lançamento orbital independente, e sete países (Estados Unidos, Federação Russa, China, Japão, Índia, Israel e Irã) e a Agência Espacial Europeia têm lançadores operacionais. Porém, atualmente, mais de 50 países possuem satélites em órbita, número que tende a crescer, com o avanço tecnológico vivenciado nas últimas décadas. Associada a essa evolução, elevou-se também a quantidade do lixo espacial orbitando a Terra, o que provoca consequências diretas à exploração espacial, à humanidade e ao meio ambiente.

- **Consequências para a Exploração Espacial**

As atividades espaciais, por mais bem direcionadas e bem-intencionadas que possam ser, inevitavelmente produzem algum tipo de lixo espacial. Segundo a NASA (2010), tudo o que é enviado ao espaço para manter-se em órbita necessita desenvolver a velocidade de cerca de 28.000 km/h. E qualquer objeto, nesta velocidade, tornar-se um projétil de considerável poder destrutivo ao atingir outro objeto, por menores que sejam suas dimensões (GLEISER, 2005).

A esta velocidade um minúsculo detrito espacial com as dimensões de um grão de arroz pode rasgar um painel solar de um satélite ou da estação espacial internacional (ISS), atingir partes vitais de espaçonaves operacionais ou até danificar a janela de uma nave tripulada, comprometendo a vida da tripulação em órbita, ou ao estilhaçar a janela durante a reentrada na Terra (NOGUEIRA, 2005). E o problema desses objetos pequenos em órbita é justamente o tamanho reduzido dos mesmos, o que dificulta sua catalogação e seu monitoramento. Obviamente detritos maiores, como satélites desativados ou pedaços de foguetes, representam perigo muito maior, podendo provocar a completa destruição do objeto atingido. Mas estes detritos maiores são catalogados por observatórios e é possível prever colisões com naves tripuladas e satélites funcionais (NASA, 2010).

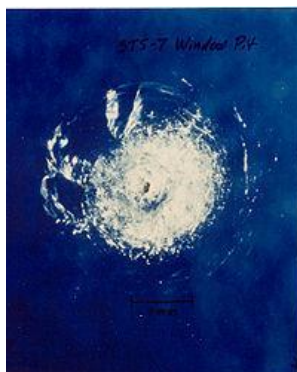
O primeiro registro de colisão de um detrito espacial foi com o satélite funcional francês Cerise, em 1996, e o objeto que o danificou não era maior que 12 cm (AEB, 2010), mas foi suficiente para desestabilizar o satélite de tal maneira que o mesmo veio a cair tempos depois, ainda que de forma controlada (UFMG, 2010).

Em 1997, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos disparou um laser em direção a um satélite ativo (MSTI-3), a destruição produziu milhares de detritos transformados em lixo espacial que estão em órbita da Terra. Em 2008 um satélite norte-americano desgovernado teve também que ser destruído por um míssil, pois poderia cair em área habitada. Isso representaria um grande perigo, pois o satélite carregava certa quantidade

de hidrazina, uma substância altamente tóxica, que poderia causar danos à sociedade e ao ambiente com sua chegada ao solo. Embora a destruição do satélite tenha sido realizada com sucesso, sua explosão produziu um número incontável de detritos na órbita baixa da Terra, passando a reentrar na atmosfera meses depois (UFMG, 2010).

A ISS já realizou várias manobras de segurança para escapar de colisões com detritos. Em 1999, a ISS teve de efetuar alterações em sua órbita para evitar uma colisão com detritos do foguete Pegasus. Em 2008, foi realizada mais uma manobra para evitar colisão com um detrito residual do satélite Kosmos. Segundo a NASA (2010), a Estação Espacial Internacional conduziu 29 manobras para evitar detritos desde 1999, incluindo três em 2020. Em 2011 uma parte do satélite chinês destruído em abril de 2007 quase atingiu a ISS, fazendo com que os astronautas ficassem em alerta. A primeira nave a realizar oficialmente uma manobra evasiva de uma colisão foi o ônibus espacial Discovery, em setembro de 1991, com cinco astronautas a bordo, para evitar a colisão com detritos do satélite russo Kosmos-955. (NASA, 2010). Poucos meses depois outro ônibus espacial americano, o Atlantis, teve de realizar manobra semelhante em órbita para que não viesse a colidir com outro satélite russo desativado, o Kosmos-851. Em junho de 2007, o satélite TERRA, da NASA, também teve que alterar a sua posição, com o objetivo de prevenir impactos (NASA, 2010).

Figura 9 - Impacto na janela do ônibus espacial Challenger causado por um chip de 0,2 mm

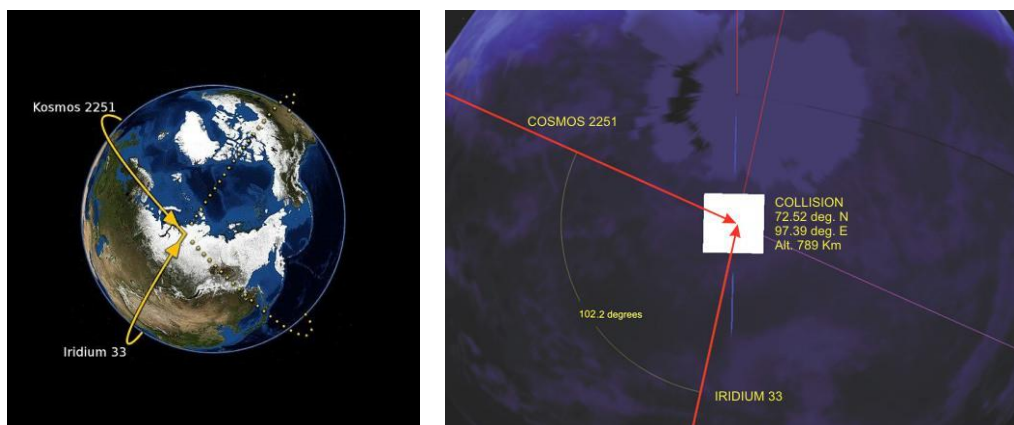


Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/12/Space_debris_impact_on_Space_Shuttle_window.jpg/200px-Space_debris_impact_on_Space_Shuttle_window.jpg

Apesar das manobras evasivas, os veículos espaciais também estão sujeitos a colisões, em 1983 o ônibus espacial americano Challenger teve uma janela atingida por um chip de 0,2 mm que criou uma rachadura de 0,4 mm de diâmetro como mostrado na Figura 9 (Hall, 2014). Este caso provocou uma análise sobre a resistência da janela na reentrada do ônibus espacial na atmosfera terrestre, e felizmente a situação foi favorável e o processo de reentrada foi concluído com sucesso.

Os testes da Arma Anti-satélite (ASAT) chinesa, em 11 de janeiro de 2007 terminando na explosão de um de seus próprios satélites meteorológicos desativados, o Fengyun-1C, a 865 quilômetros de altura foi, certamente, o principal incidente envolvendo detritos orbitais (MORENO, 2008). Como resultado, houve a criação de mais 1.600 detritos de acordo com o Programa de Detritos Espaciais da NASA. Em fevereiro de 2009 ocorreu à primeira colisão já registrada entre satélites, o satélite russo, Cosmos 2251, desativado que colidiu contra um satélite privado de comunicações dos Estados Unidos, Iridium 33, a 780 km de altitude sobre o território da Sibéria gerando uma nuvem de escombros, como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Imagem simulando a colisão entre o satélite Cosmos 2251 e o Iridium 33



Fonte: <https://eternosaprendizes.files.wordpress.com/2009/02/geometria-da-colisao-cosmos-2251-e-iridium-33.jpg>

Se o ritmo de lançamentos se mantiver gerando o aumento de detritos em órbita, em breve o planeta será envolvido numa nuvem densa de lixo espacial, situação de colapso já mencionada nesta pesquisa como síndrome de Kessler. O número de colisões de naves e satélites com tais detritos, bem como as manobras de emergência para desviar-se dos mesmos devem se tornar mais frequentes. Tornando perigoso o espaço próximo a Terra, a situação destruiria ou inutilizaria boa parte dos satélites artificiais funcionais levados ao espaço, interrompendo as pesquisas científicas por eles conduzidas e dificultando as comunicações via satélite (NOGUEIRA, 2005), além de comprometer a exploração espacial.

- **Consequências para a Sociedade**

Desde os primórdios da exploração do espaço, detritos espaciais têm atingido diversos pontos do planeta Terra. Esta ocorrência ainda é rara, visto que praticamente todos os objetos desintegram-se na atmosfera ao reentrar. Entretanto, mesmo que o objeto venha a

se desintegrar ao reentrar na atmosfera, sempre há o risco de que algum de seus destroços venha a cair sobre regiões habitadas, provocando vítimas, mesmo que dois terços da superfície terrestre sejam cobertos por água.

Os objetos espaciais que mais comumente atingem a superfície da Terra são restos de foguetes (GRECCO, 1996; SOBREIRA, 2005). Estes restos consistem, na maioria das vezes, de estágios contendo tanques de combustíveis e oxigênio líquido, que se despreendem do foguete para diminuir-lhe o peso (CLARKE, 1968). Possivelmente estes pedaços de foguetes podem atingir áreas habitadas e provocar possíveis danos.

No Brasil já caíram diversos destes destroços, entre os mais citados estão: em 1966, uma esfera de combustível do foguete Saturno, com 1 metro de diâmetro, caiu próximo à costa litorânea norte, e neste mesmo ano placas de metal de 10 a 12 cm, atingiram o rio Negro, no Amazonas, sendo recuperada por pescadores. Em 1978, um satélite desintegrou-se sobre a cidade do Rio de Janeiro, caindo no Oceano Atlântico. Em 1995, fragmentos de um satélite chinês foram encontrados em Itapira, interior de São Paulo, e em 1997 um estabilizador de satélites de forma esférica recuperado no interior do Paraná, bem como um objeto esférico de 1 metro de diâmetro que caiu em uma fazenda no interior de Goiás (UFMG, 2010). Em março de 2022, na região sudeste do Paraná, foi encontrada uma parte do foguete Falcon 9, de quase 600 kg, que caiu em uma propriedade rural, ver Figura 11.

Figura 11 - Parte do foguete Falcon 9 encontrado como lixo espacial no Paraná



Fonte: <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2022/03/17/parte-do-foguete-spacex-e-encontrada-por-morador-do-pr.htm?cmpid>.

Remover o lixo espacial da órbita para reentrar na atmosfera da Terra ainda é um método de "coleta" do lixo mais eficiente, já que após a reentrada, os objetos normalmente são destruídos. Isto pode ocorrer tanto por uma reentrada não-controlada, como por entrada controlada. Entretanto, há sempre o risco de permanecerem ainda algumas partes, ou mesmo peças inteiras desses objetos, e no caso de uma reentrada não-controlada, não há garantias de que sua queda ocorra nas áreas desabitadas do planeta. Evidenciando dessa forma uma grande vulnerabilidade da superfície terrestre e uma possível ameaça às vidas que habitam nessa superfície.

- **Consequências para o Meio Ambiente**

Geralmente, em uma reentrada controlada, utiliza-se o oceano como ponto de queda desses detritos, principalmente a região do Pacífico Sul, conhecida como Ponto Nemo. (NASA, 2010). Até mesmo em uma reentrada não controlada, a probabilidade que o detrito caia no oceano é grande, pois dois terços da superfície terrestre são formados por água. Dessa maneira, os oceanos podem ser uma alternativa plausível para o lixo espacial na superfície terrestre, mas também poderá gerar poluição nesse ecossistema, comprometendo assim a flora e a fauna.

Em casos de liberação de substâncias tóxicas empregadas na construção e transporte dos veículos espaciais o impacto ao ambiente terrestre é maior, podendo gerar poluição na água, no solo e nas diversas formas de vida. Além do meio ambiente terrestre, outro dano a ser considerado é a própria poluição gerada pelos detritos nas órbitas terrestres. O lixo espacial em órbita tem a capacidade de poluir esse local, a magnitude desse problema poderá ser muito grande, e os impactos irão incidir diretamente na evolução da exploração espacial. Pois se os processos de mitigação não forem colocados em prática, o congestionamento do lixo nas órbitas terrestres dificultará o avanço científico espacial e comprometerá o ambiente do cosmo terrestre.

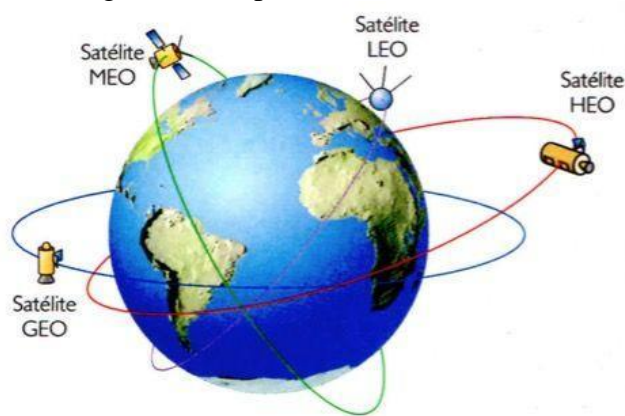
3.2 Tipos de Órbitas Terrestre

Órbita é a trajetória descrita por um astro em torno de outro pela influência de sua gravidade. Dessa forma, os objetos que se encontram na órbita terrestre são chamados de satélites, sejam eles naturais - como a Lua, ou artificiais - construídos pelo homem. Existem diferentes tipos de órbitas terrestres, onde uma delas será utilizada em diferentes propósitos,

dependendo da distância que se encontram da superfície, da área coberta e do tempo para completar a trajetória orbital.

A determinação orbital dos satélites artificiais depende do tipo de serviço que ele for desempenhar, assim teremos estabelecidas as seguintes órbitas: Órbita Terrestre Baixa (LEO), Órbita Terrestre Média (MEO), Órbita Geoestacionária (GEO), Órbita Terrestre Alta (HEO), Órbita Cemitério e Órbita Polar (essa última estabelecida em relação a inclinação ao plano equatorial). A Figura 12 ilustra a distribuição das quatro principais órbitas no globo terrestre.

Figura 12 - Tipos de órbitas da Terra



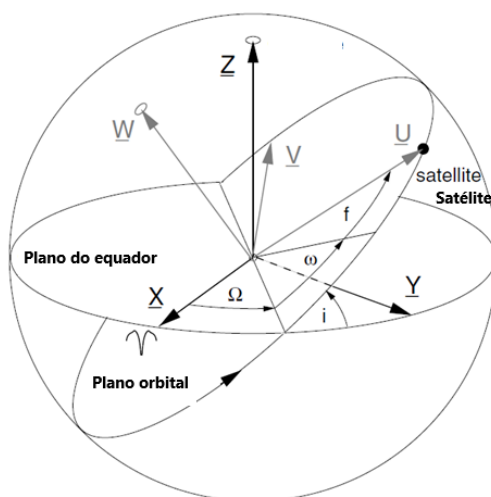
Fonte: <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-7442f9bd6266c1d30ab7fec1872c6c1b>

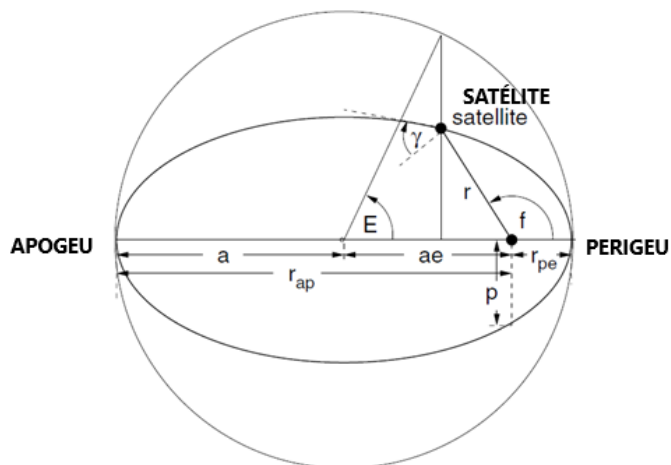
- **Órbita Terrestre Baixa (Low Earth Orbit - LEO):** apresenta altitude inferior a 2.000 km, e possui a maior quantidade de lixo espacial. A Estação Espacial Internacional está localizada nessa órbita, bem como a maior parte dos satélites meteorológicos, satélites de pesquisa científica, e mais recentemente, constelações de pequenos satélites provedores de internet.
- **Órbita Terrestre Média (Medium Earth Orbit - MEO):** definida por objetos orbitando entre as órbitas LEO e GEO. Apresenta altitudes entre 2.000 e 35.786 km acima da superfície terrestre. Os satélites que orbitam esse espaço se destinam principalmente à navegação.
- **Órbita Terrestre Geossíncrona ou Geoestacionária (Geosynchronous Earth Orbit - GEO):** órbita circular com inclinação de 0° (nula) pois passa pelo plano do equador terrestre. Definida por objetos orbitando a Terra a altitudes de 35.786 km, o que equivale a um período orbital de aproximadamente 24 horas, ou seja, o período

de rotação da Terra. Para um observador na superfície da Terra, o satélite parece estar parado no céu, por isso essa órbita é muito usada por satélites de telecomunicação.

- **Órbita Terrestre Alta (High Earth Orbit - HEO):** definida por possuir uma altitude de cerca de 45.000 km e os satélites que a orbitam são principalmente meteorológicos e experimentos científicos. Os satélites presentes nessa órbita atingem uma velocidade média de aproximadamente 29.000 km/h. Órbita de alta excentricidade (elíptica), com inclinação de 63° em relação ao equador terrestre.
- **Órbita Cemitério:** Também conhecida como órbita de refugio ou órbita de descarte. Localizada em torno de 200 Km acima ou abaixo da órbita geoestacionária, ou acerca de 2.000 km a 5.000 Km na órbita LEO. É o local destinado aos satélites quando não são mais funcionais, para minimizar a probabilidade de colisão de detritos com naves espaciais ou satélites operacionais, gerando ainda mais detritos. Apesar da maioria dos operadores de satélites tentarem efetuar a transferência para a órbita cemitério ao final da vida útil, apenas um terço deles consegue sucesso na manobra (ESA, 2013).
- **Órbita Polar:** Está classificada como órbita de baixa altitude, com inclinação aproximadamente de 90° em relação ao equador, onde os satélites passam acima dos polos norte e sul da Terra, em cada revolução. Os satélites que a orbitam são voltados para o mapeamento geográfico, científico e o sensoriamento remoto.

Figura 13 - Elementos orbitais clássicos





Fonte: Adaptada de Klinkrad (2006)

O movimento orbital de um satélite artificial ou veículo espacial ao redor da Terra é semelhante ao movimento da Terra e demais planetas em torno do Sol. Portanto, as três leis do astrônomo alemão Johann Kepler (1571 – 1630), que regem o movimento dos planetas em torno do Sol, podem também ser aplicadas aos satélites artificiais. É importante também comentar sobre os elementos keplerianos ou elementos orbitais clássicos (ver a Figura 13) que indicam as seis quantidades utilizadas para localizar e determinar a posição de um satélite e de sua órbita. São eles: semieixo maior (a); excentricidade (e); inclinação (i); longitude do nodo ascendente (Ω); argumento do perigeu (ω) e a anomalia verdadeira (f).

Como pode ser observado na Figura 13, o semieixo maior (a) indica o tamanho da órbita; a excentricidade (e) aponta o tipo de órbita: circular, elíptica, hiperbólica; a inclinação (i) é o ângulo entre o plano da órbita do veículo espacial e o plano equatorial terrestre; longitude do nodo ascendente (Ω) é o ângulo entre o ponto vernal γ (posição do Sol ao passar pelo plano equatorial celeste do hemisfério sul para o norte) e a linha dos nodos (intersecção entre o plano orbital e o plano equatorial celeste), em que i e Ω determinam a posição do plano orbital no espaço; o argumento do perigeu (ω) é o ângulo entre a linha dos nodos (linha que representa a intersecção dos dois planos) e o perigeu da órbita, em que ω determina a orientação da elipse no plano orbital; e pôr fim a anomalia verdadeira que determina a posição do satélite na órbita.

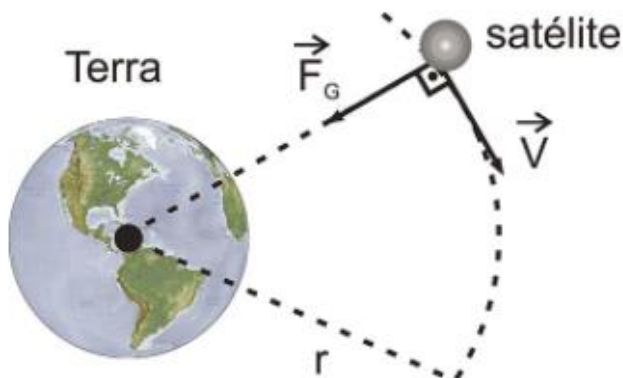
3.3 - A Ação da Gravidade da Terra

Isaac Newton (1642-1727) em seu livro Principia, além de introduzir as três leis clássicas do movimento, formulou a lei da gravitação universal segundo a qual dois corpos

quaisquer se atraem mutuamente com uma força proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa (FERNANDES e ZANARDI, 2018). A gravidade é a força de atração que a Terra exerce sobre objetos, que segundo a lei da gravitação universal, que é a base da Mecânica Celeste, assim, quando o objeto está se distanciando da Terra o efeito da gravidade vai diminuindo, ver a Figura 14. O problema de dois corpos, primeiramente solucionado por Isaac Newton, é uma descrição do movimento dos corpos celestes. O estudo do movimento de dois corpos, por exemplo, um planeta girando em torno do Sol, ou um satélite girando em torno da Terra, é denominado de problema de dois corpos (PRADO e KUGA, 2001). Dessa forma, dado dois corpos eles estarão interagindo gravitacionalmente de acordo com a lei da gravitação universal.

Existem outras forças atuando sobre veículos espaciais em órbita da Terra, que perturbam o seu movimento orbital fazendo com que o satélite se afaste de sua trajetória nominal denominada de órbita kepleriana a saber, arrasto atmosférico, pressão de radiação solar, perturbação gravitacional de um terceiro corpo, distribuição não uniforme de massa, entre outras. De fato, os satélites artificiais estão sujeitos a essas forças perturbadoras além da lei de gravitação universal enunciada por Isaac Newton (1642-1727).

Figura 14 - Ação da força gravitacional sobre veículos espaciais em órbita terrestre



Fonte: https://blogdoenem.com.br/apostilas/fisica_movimento_energia_e_optica-web-resources/image/figura_46_opt.jpeg

3.4 Sustentabilidade Espacial

O conceito de sustentabilidade envolve várias dimensões: ambiental, social, econômica, cultural, empresarial, entre outras, porém, a pergunta que deve ser associada nesta pesquisa é: será possível existir sustentabilidade no ambiente espacial?

Em 1984, a ONU realizou sua segunda Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, na qual resultou na formação de uma Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Os trabalhos dessa comissão encerraram-se em 1987, com a criação do Relatório Brundland, intitulado como – Nosso Futuro Comum, nele aparece a expressão “desenvolvimento sustentável”, definido como aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas necessidades e aspirações. A partir de então, a expressão “desenvolvimento sustentável” passou a ser amplamente difundida, tanto por outras conferências realizadas pela ONU, como também em documentos oficiais de diversos países, em acordos diplomáticos entre governos, em discursos ambientalistas, em projetos de empresas, enfim, em outras tantas áreas que pudesse ser aplicado tal conceito.

Em junho de 2012, no Rio de Janeiro, ocorreu mais uma conferência da Cúpula da Terra promovida pela ONU, intitulada RIO+20, que se propôs a fazer uma reflexão dos avanços e retrocessos do binômio “desenvolvimento e sustentabilidade”, e a partir dessa reflexão o termo “sustentabilidade” passou a ser utilizado e adotado com maior ênfase, ao invés do referido binômio, sem perder o seu sentido. Esse sentido de não comprometer os recursos para as futuras gerações deve ser projetado para as comunidades, ecossistemas, Terra e o Universo em que nos encontramos, pois, o ambiente externo ao planeta Terra, de acordo com o contexto abordado nessa pesquisa, também faz parte do meio a ser conservado de forma sustentável.

A exploração das órbitas terrestres de forma predatória poderá levar inevitavelmente a uma futura tragédia e conseqüentemente ao possível colapso das atividades espaciais; como também o retorno do lixo espacial à superfície da Terra pode causar danos ambientais com conseqüências para o cotidiano terrestre. Segundo a Secure World Foundation (SWF, 2018), reconhecer isso e identificar a problemática dos detritos espaciais é um passo fundamental para compreender que o desenvolvimento de soluções adequadas e sustentáveis para o seu enfrentamento deverá envolver ações coletivas dos atores envolvidos, gerando assim discussões sobre o emprego de normas para uso do espaço, buscando garantir a sustentabilidade global e compromissos internacionais de preservação ambiental tanto no ambiente terrestre quanto no seu espaço orbital.

Atitudes mais voltadas para a prática da sustentabilidade já se fazem presente no âmbito da exploração espacial, tais como: o programa de reutilização de veículos de lançamento da classe orbital da SpaceX - empresa espacial privada dos Estados Unidos; o

uso de materiais menos resistentes nos satélites para facilitar a desintegração no processo de reentrada na atmosfera terrestre; e o desenvolvimento de pesquisas, tecnologia e protótipos para o processo de mitigação do lixo espacial.

As principais conquistas da SpaceX relacionadas ao quesito sustentabilidade são a reutilização e a redução de custos na indústria de lançamentos espaciais. O mais notável deles são os pousos e relançamentos contínuos do primeiro estágio do Falcon 9 após um programa de vários anos para desenvolver a tecnologia reutilizável. Em maio de 2021, segundo dados da própria empresa, a SpaceX usou dois foguetes auxiliares de primeiro estágio separados, B1049 e B1051, nove e dez vezes, respectivamente. (SPACEX, 2021)

Muitos componentes dos veículos espaciais estão sendo feitos de alumínio, que tem um baixo ponto de fusão. Como resultado, esses componentes normalmente se desintegram logo no início da reentrada. Diferente dos componentes que são feitos de materiais com pontos de fusão mais altos (como titânio, aço inoxidável e berílio), o objeto se deteriorará a uma altitude mais próxima do solo ou, em muitos casos, pode chegar ao solo sem se desintegrar ou mesmo quase intacto, como aconteceu com alguns detritos já citado nesta pesquisa.

Na tentativa de amenizar o problema do lixo espacial em torno da Terra, várias propostas para a limpeza do ambiente espacial foram apresentadas pelas agências espaciais e pela indústria aeroespacial, algumas mais viáveis que outras, mas nenhuma delas ainda começou o processo de operacionalização propriamente dito. São projetos que quando forem postos em prática, e associados a mecanismos reguladores pautados no direito espacial internacional, deverão contribuir para a sustentabilidade, a longo prazo, das atividades espaciais e do ambiente terrestre.

3.5 Direito Espacial Internacional

O Direito Espacial é uma área do Direito cuja criação e desenvolvimento está intimamente associada com o início da Era Espacial, ocorrida durante a guerra fria, em que os conflitos ideológicos e políticos foram liderados por duas superpotências: os EUA e a antiga URSS (MONSERRAT FILHO, 2007; SALIN, 2003). A partir de 1957, iniciou-se a Era espacial e uma infinidade de novas questões que revelaram uma necessidade para regular e organizar o espaço. O mundo vivia em constante estado de tensão, existia um possível risco de uma guerra nuclear, e as armas poderiam estar disfarçadas como lançadores de satélites,

levando a união da sociedade internacional para a criação de regulamentações internacionais do espaço, fosse por seu uso ou sua exploração.

Segundo Tronchetti (2013), a regulação das atividades espaciais era necessária para prevenir mal-entendidos que pudessem levar a um ataque e provocassem uma guerra nuclear. Bittencourt Neto (2011) explica que, entre o fim da década de 50 e início da de 60, os programas espaciais criados pelas superpotências, nos anos que sucederam o lançamento dos primeiros satélites artificiais, reforçaram a urgência e a criação de regulamentações sobre lançamentos de objetos espaciais pelos EUA e pela antiga URSS.

Surge assim o Direito Espacial como um ramo do Direito Internacional Público para regular as atividades espaciais, e para manter a ordem e a paz no espaço. De acordo com José Monserrat Filho, o Direito Internacional Espacial (DEI):

É o ramo do Direito Internacional Público que regula as atividades dos Estados, de suas empresas públicas e privadas, bem como das organizações internacionais intergovernamentais, na exploração e uso do espaço exterior, e estabelece o regime jurídico do espaço exterior e dos corpos celestes (MONSERRAT FILHO, 1997, p. 153).

Em 1958, um comitê foi criado pela Assembleia Geral da ONU, por meio da Resolução 1348 (XIII), o Comitê para Uso Pacífico do Espaço (Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, ou COPUOS), que se destinava à “Questões para o Uso Pacífico do Espaço Sideral”, composto por 18 membros, inclusive o Brasil (UNOOSA, 2021). Posteriormente, em 12 de dezembro de 1959, durante a 14ª Assembleia Geral da ONU, a Resolução 1.472 (XIV) estabeleceu o COPUOS, como corpo permanente. O COPUOS possuía originalmente 24 países integrantes, estando atualmente com 95, um dos maiores Comitês da ONU, segundo informações oficiais obtidas pelo site do Escritório da Organização das Nações Unidas para Assuntos do Espaço Sideral (UNOOSA, 2021).

O COPUOS possui como objetivos a elaboração de documentos que regulam as atividades espaciais em vigor, durante as décadas de 1960 e 1970, além de incitar debates, produzir acordos, convenções e estratégias de grande importância relacionadas a estas atividades espaciais. E também elaborou o principal documento do DEI o “Tratado sobre Princípios Reguladores das Atividades dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Cósmico, inclusive a Lua e demais Corpos Celestes”, mais conhecido como o “Tratado do Espaço” (MONSERRAT FILHO, 2007). O tratado apresenta normas e princípios internacionais para manter o equilíbrio de todo o ambiente espacial, inclusive propõe a desmilitarização do espaço e assegura o direito de todos os países poderem participar das

atividades espaciais. Segundo Gorove (1992), o Tratado do Espaço é considerado a Carta Magna do Direito Espacial, pois constituiu diversos princípios essenciais para a manutenção das atividades espaciais.

Entre o final da década de 1960 até o início da década de 1980 iniciou-se o segundo estágio das atividades do COPUOS, que foi considerado como a era da criação de leis. Durante esse período, os cinco tratados sobre Direito Espacial da ONU foram criados e entraram em vigor, que foram (TRONCHETTI, 2013):

- O Tratado do Espaço, de 1967, estabeleceu princípios gerais relacionados às atividades espaciais;
- O Acordo de Salvamento, de 1968, tratava sobre os astronautas, seu retorno à Terra, bem como o retorno de objetos lançados no espaço sideral;
- A Convenção de Responsabilidade, de 1972, tratava da responsabilidade por danos causados por objetos espaciais;
- A Convenção de Registro, de 1976, comentava da questão do registro de objetos espaciais;
- O Acordo da Lua, de 1979, estava focado em questões legais relativas à Lua e outros corpos celestes.

Destes tratados citados, será analisado com maior ênfase a Convenção de Responsabilidade de 1972, que atribuiu a responsabilidade internacional dos Estados por danos causados por objetos espaciais, estabeleceu essa responsabilidade internacional para os Estados Lançadores, ou seja, aqueles que lancem ou promovam lançamentos de objetos espaciais em território próprio ou outro território, ou de cujas instalações seja lançado um objeto espacial, segundo o art. 1º do referido tratado. Nos artigos 3º e 4º do referido tratado, é previsto um duplo sistema de responsabilidade, que varia de acordo com o local do dano. Se o evento danoso ocorrer na superfície da Terra ou no espaço aéreo, o causador responderá objetivamente, enquanto que se o evento danoso ocorrer no espaço sideral a outro objeto espacial, somente com a demonstração da culpa do Estado Lançador será atribuída responsabilidade.

Apesar do decreto referir-se exclusivamente a Estados, no art. 1º, a leitura deve ser feita sobre uma perspectiva extensiva, ou seja, uma empresa pública, de economia mista ou privada, precisa estar sediada dentro do território de um Estado, ao qual a mesma se vincula e se obriga juridicamente. É preciso entender que na atualidade, as atividades espaciais também estão sendo desempenhadas por empresas de economia mista e empresas privadas,

a exemplo da SpaceX. Assim, em todos os casos envolvendo danos causados por objetos espaciais, haverá responsabilidade internacional dos Estados, ainda que a empresa seja privada e mesmo que o lançamento não seja bem-sucedido.

A partir da década de 1980, o direito espacial passa por um processo de estagnação devido às negociações diplomáticas que não atingem um consenso, principalmente no âmbito do COPUOS, portanto, novas leis e tratados não são produzidos. Segundo Bittencourt Neto (2011), o que se tem observado são apenas declarações indicativas, e não obrigatórias, da Assembleia Geral da ONU.

Vale ressaltar que o Direito Espacial é uma área relativamente nova que está em transformação e o seu reconhecimento depende dos atores e agentes envolvidos nesta temática. Espera-se que as diretrizes do direito espacial evoluam e abram novas possibilidades para auxiliar na efetivação da sustentabilidade nas atividades espaciais internacionais. Um exemplo que pode ser constatado neste sentido, segundo Von de Dunk (2015), é o posicionamento que a Agência Espacial Europeia (ESA) tem assumido no papel de protagonista na tentativa de desenvolver políticas sobre mitigação de detritos espaciais por meio de sua coparticipação no Comitê de Coordenação Inter-Agência de Detritos Espaciais (IADC).

O Comitê de Coordenação Inter-Agência de Detritos Espaciais (IADC), foi criado em 1993 e trabalha em função da mitigação de detritos espaciais. O trabalho produzido pelo Comitê foi a base para as Diretrizes da ONU aprovada em 2007, conhecidas como Diretrizes de Mitigação de Detritos Espaciais do Comitê sobre os Usos Pacíficos do Espaço Sideral.

O IADC, com a missão de conter o crescimento do lixo espacial, possui como integrantes as agências espaciais da Alemanha, China, Estados Unidos, Europa, França, Índia, Itália, Japão, Reino Unido, Rússia e Ucrânia. Tem como objetivo fomentar entre seus membros o intercâmbio de informações sobre detritos espaciais, examinar projetos de ação cooperativa, e identificar alternativas para minimizar o problema dos detritos espaciais.

Em 1994 o tema sobre detritos espaciais foi incluído como item de discussão e avaliação do subcomitê Técnico Científico do COPUOS. Como também em 1994, ocorreu a 66ª Conferência da Associação de Direito Internacional (ILA), em Buenos Aires, onde foi criado o Instrumento Internacional sobre a Proteção do Meio Ambiente dos Danos Causados por Detritos Espaciais. Esse instrumento estabelece, entre outras questões, que os países devem, no Artigo 3: obrigação geral de cooperar; e no Artigo 4: obrigações de prevenir, informar, consultar e negociar de boa-fé.

Esse instrumento como projeto pioneiro é um capítulo muito importante da história da regulamentação dos detritos espaciais, que ainda possui longo e complicado caminho a percorrer. Assim como o direito espacial, que ainda possui lacunas e muitas questões não resolvidas e soluções sempre adiadas.

De acordo com Monserrat Filho (2007), existem muitas questões já discutidas para a regulamentação espacial, mas, no entanto, estão paralisadas, bloqueadas, congeladas por falta de acordo, consenso e vontade política de alguns países. De acordo com Paula et al. (2019), grandes potências interessadas em manter as mãos livres para regular questões internacionais por meio de leis nacionais, porém as leis nacionais não incluem o espaço exterior e os corpos celestes. “Esse é mais um típico problema de impacto global, sua solução embora complicada, não poderá ser adiada indefinidamente.” (PAULA e CELESTINO, 2019, p. 46).

3.6 Mitigação e Perturbações Orbitais

Após o registro da primeira colisão entre detritos espaciais, ocorrida em julho de 1996, entre o satélite francês Cerise e um fragmento do lançador Ariane, as preocupações acerca dos impactos entre os detritos se tornaram reais. Associado a este fato, manobras de desvio de rota da Estação Espacial Internacional (ISS) e de satélites operacionais, atraíram os olhares das principais nações que dominam as atividades espaciais para essa problemática que se tornou tão complexa. Vale destacar que segundo a NASA a Estação Espacial Internacional conduziu 29 manobras para evitar detritos desde 1999, incluindo três em 2020.

Dessa maneira, de acordo com a ESA (2021), é necessário adotar diretrizes e regulamentos de mitigação dos detritos espaciais, a nível global, para assim evitar a síndrome de Kessler, principalmente, na órbita terrestre baixa. O desenvolvimento de diretrizes para mitigação de detritos espaciais foi realizado pelas principais nações líderes das atividades espaciais, tendo como representantes iniciais os Estados Unidos em 1995, Japão em 1996, França em 1999, Federação Russa em 2000 e China em 2005, de acordo com Johnson (2007). É urgente e necessário adotar diretrizes para mitigação do lixo espacial. Entre os riscos impostos pelos detritos espaciais é possível mencionar: o congestionamento, principalmente, da órbita terrestre baixa (LEO), o risco de colisão entre satélites ou de detritos com satélites, explosões desses objetos, o risco de colisão de detritos com naves tripuladas, a falta de sustentabilidade no espaço orbital terrestre, entre outros. Em Brito et al. (2013), os autores apresentam uma breve revisão sobre os principais eventos de geração de detritos espaciais

ao redor da Terra. E também comentaram sobre as implicações do crescimento de detritos espaciais provenientes das missões espaciais, bem como regras de segurança para controlar fontes de detritos.

Muitos estudos estão sendo desenvolvidos por cientistas, pelas agências espaciais e pela indústria aeroespacial na tentativa de desenvolver técnicas e/ou tecnologia para mitigar o lixo espacial, porém atualmente, a única maneira para reentrada desses detritos espaciais, em órbita baixa, é através do arrasto atmosférico, perturbação não gravitacional que atua nos veículos espaciais e detritos localizados em órbita de baixa altitude. Além do arrasto atmosférico, existem outras perturbações que afetam os satélites e detritos, pois eles estão sujeitos às ações de outras forças perturbadoras, tais como: atração gravitacional do Sol e da Lua; força das marés terrestres e oceânicas; força de pressão da radiação solar; albedo; e perturbações eletromagnéticas. Além do efeito devido a distribuição não uniforme de massa da Terra (pois esta não é uma esfera perfeita, ver Figura 15).

Mas, essas outras perturbações orbitais por si só não contribuem efetivamente para a limpeza do ambiente espacial. Quando um detrito espacial (ou satélite artificial) está situado em órbita mais próxima à superfície terrestre (Órbita LEO), devido às perturbações orbitais, há uma probabilidade maior de que esse objeto reentre e se desintegre na atmosfera terrestre. Agora, quando o detrito estiver a centenas e milhares de quilômetros de altitude do planeta (Órbita MEO, GEO e HEO), o tempo necessário para que esse objeto retorne e se desintegre na atmosfera naturalmente pode durar centenas ou milhares de anos, sem que seja possível estimar com precisão o seu retorno à atmosfera. Daí surge a necessidade de um processo de mitigação para fazer a limpeza do ambiente espacial. Para complicar ainda mais a situação, mesmo em LEO, ainda assim, o detrito pode levar centenas de anos para fazer a reentrada natural devida às perturbações orbitais, segundo dados da IADC (2021).

As forças gravitacionais do Sol e da Lua, também conhecida como problema de três corpos, causam efeitos periódicos em todos os elementos orbitais de um satélite, ou detrito. A distribuição não uniforme de massa da Terra, ver Figura 15, interfere na trajetória do veículo espacial (satélite ou detrito), em especial os localizados em baixa altitude.

Figura 15 - Representação da forma da Terra como não homogênea e assimétrica

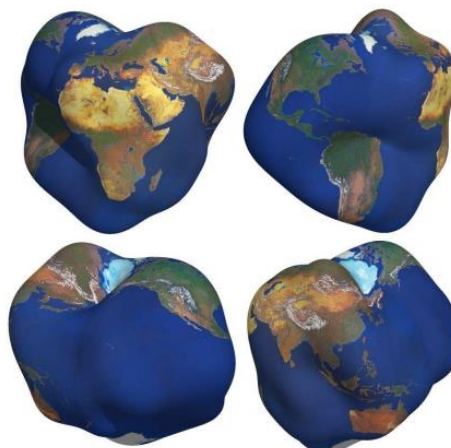


Figura fora de escala

Fonte: INPE, 2021. <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3ARJ3NH>>

As forças das marés terrestres e oceânicas, causadas pela atração gravitacional do Sol e da Lua, criam um potencial na Terra que depende da simetria entre a Terra e o corpo perturbador. Como a Terra não é simétrica, ela se deforma sob a ação deste potencial, e, com isso, a própria distribuição de massa da Terra é alterada. A força da radiação solar interfere em todos os elementos da dinâmica orbital, e será melhor detalhada no tópico 3.6.3 desta pesquisa. E por fim, o albedo é a radiação solar refletida pela Terra de volta ao espaço, e depende das propriedades refletoras da superfície terrestre, que é mais refletiva nos polos do que na linha do equador.

Todas essas perturbações interferem na dinâmica dos satélites, onde é necessário a aplicação de manobras, tanto para correções orbitais, quanto para evitar colisões com detritos, utilizando combustível e reduzindo a vida útil dos mesmos. Quando esses satélites deixam de ser funcionais e se configuram como lixo espacial, também sofrem a ação dessas forças perturbadoras que atuam em todos os corpos presentes no espaço, e no caso dos detritos isso ajuda a dar um “empurrãozinho” para retirá-los de determinada região. Contudo, essas perturbações orbitais não são suficientes para removê-los do espaço e assim necessitamos de tecnologias para ajudar na limpeza do ambiente espacial. O que vamos tratar na próxima seção.

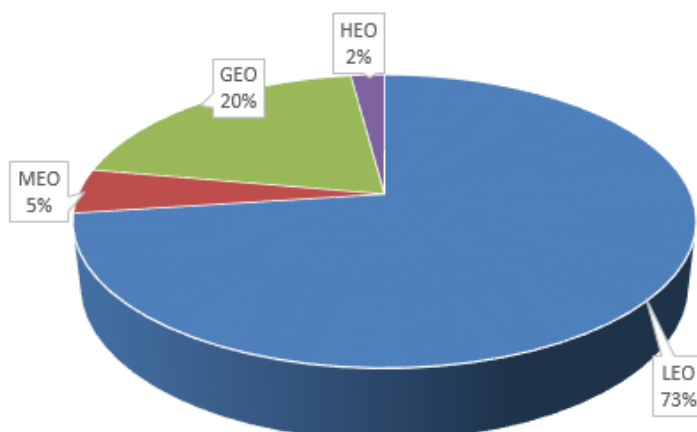
3.6.1 Tecnologias para Mitigação

A continuidade dos lançamentos de satélites levou ao acúmulo de mais de 9.100 toneladas de detritos na órbita terrestre (ESA, 2020). Segundo a Union of Concerned

Cientists (2020), existem atualmente 2.787 satélites em operação, distribuídos conforme a Figura 16. A situação do congestionamento nas órbitas terrestres se acentua progressivamente, existe um interesse crescente no uso e exploração científica e comercial do espaço.

Segundo Undseth et al. (2020), a SpaceX teve aprovação da Comissão Federal de Comunicações dos EUA (FCC) para o lançamento de 12.000 satélites, dentre os quais 835 já estão em órbita (spaceflightnow.com, 2022). Já a Amazon.com teve aprovação da FCC para o lançamento de 3.236 satélites, dos quais metade devem ser lançados até 2026 (spectrum.ieee.org, 2022). Somente os lançamentos do Starlink (SpaceX) e do Project Kuiper (Amazon.com) irão aumentar em aproximadamente 15.000 o número de satélites operacionais em órbita terrestre.

Figura 16 - Distribuição da quantidade de satélites operacionais por tipo de órbita terrestre



Fonte: Autoria própria com dados retirados do Union of Concerned Scientists (2020)

Somados a estes, tem-se os detritos espaciais, que ajudam a promover o congestionamento orbital terrestre, com ênfase para a órbita LEO, assim diante destes dados, os riscos de colisões tendem a ser crescentes, acarretando em possíveis danos econômicos, tais como: consumo extra de combustível para realização de manobras, o que reduz a duração da vida útil operacional do satélite; e custos associados à vigilância, rastreamento e relatório de detritos também estão diretamente associados aos gastos.

Os princípios fundamentais para a mitigação de detritos, conforme Yakovlev, (2005) são: limitação de detritos lançados durante as operações normais; a minimização do potencial de rupturas e conjunções em órbita; a remoção de objetos não operacionais principalmente da órbita mais congestionada. A adoção destes mecanismos, aliados ao uso

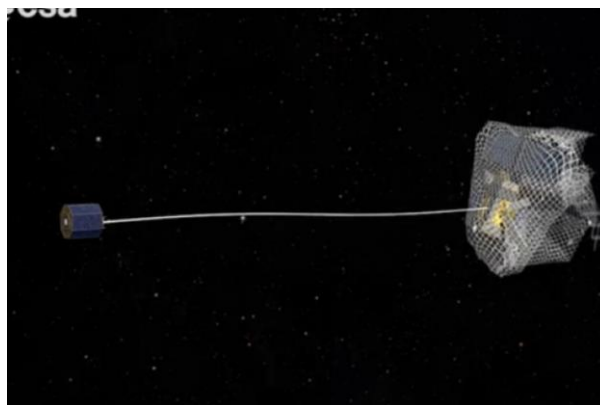
de tecnologias capazes de remover ativamente detritos espaciais, devem se tornar as principais formas de garantir a sustentabilidade das atividades espaciais.

A remoção de detritos espaciais está sendo estudada, utilizando diversos tipos de tecnologia, a depender da localização dos detritos. Segundo Masson-Zwaan e Hofmann (2019), os objetos em órbita geoestacionária podem ser impulsionados para uma órbita mais alta que não é muito utilizada, considerada órbita cemitério; enquanto objetos em órbita LEO podem ser forçados a reentrar na atmosfera da Terra e queimar em reentrada controlada. As autoras reforçam ainda que a indústria aeroespacial está pesquisando muitas tecnologias diferentes para promover a mitigação desses detritos, que requerem três etapas, sendo elas o encontro, acoplagem (ganchos, arpões, redes, cola, espuma, tentáculo) e posteriormente transporte para uma altitude inferior.

Agora, apresentamos algumas das tecnologias que estão sendo pesquisadas e desenvolvidas para mitigação do lixo espacial:

O e. Deorbit é satélite coletor de lixo espacial desenvolvido pela Agência Espacial Europeia (ESA), como mostra a Figura 17, que significa desorbitar. Tem como função lançar uma rede metálica e recolher uma quantidade de lixo controlada para direcioná-los à reentrada na atmosfera terrestre para ser incinerado (ESA, 2018).

Figura 17 - Simulação do e. Deorbit recolhendo o lixo espacial



Fonte: https://exame.com/wp-content/uploads/2016/09/size_960_16_9_20151019-26684-4xxcst.png

Raios tratores (Tractor Beam) são disparados dois feixes de Bessel lado a lado fazendo com que eles se cruzem criando um padrão alternado de regiões claras e escuras, essa variação faz a partícula ser empurrada. Acredita-se que no espaço essa tecnologia tenha maior funcionalidade devido à ausência da gravidade e a baixa pressão, ver Figura 18.

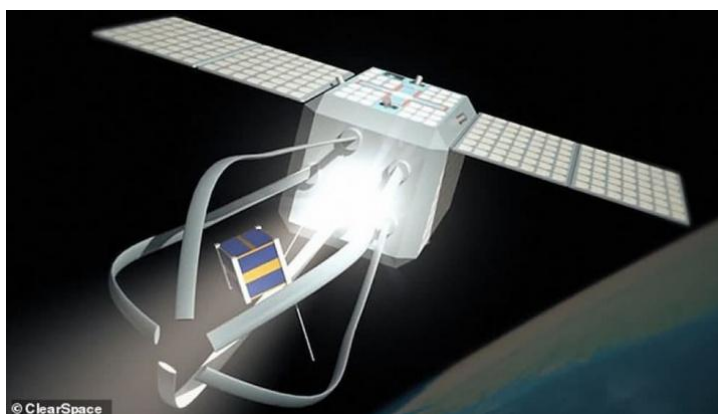
Figura 18 - Imagem do Raio Trator (Tractor Beam)



Fonte: http://www.astropt.org/blog/wp-content/uploads/2013/01/startrek_2461565b.jpg

O ClearSpace-1 lidera um consórcio de empresas europeias na construção de uma nave espacial equipada com quatro braços robóticos para capturar detritos e arrastá-los para a atmosfera da Terra, ver Figura 19. Apenas como dados informativos, a Agência Espacial Europeia assinou um contrato de remoção de detritos com a startup suíça ClearSpace, encarregando a empresa de desorbitar uma parte substancial de um foguete Vega deixado em órbita em 2013. A Missão ClearSpace-1 da ESA deverá chegar ao Espaço em 2025.

Figura 19 - Imagem do ClearSpace da ESA



Fonte: https://pplware.sapo.pt/wp-content/uploads/2019/12/vega_foguetao03-720x405.jpg

Para a ESA (2022), a alternativa mais viável para amenizar essa questão seria a normatização e a execução das diretrizes de mitigação já estabelecidas pela IADC, onde as nações, instituições e agências espaciais deveriam cumprir às normas já estabelecidas, como também começarem a limpar o espaço próximo à Terra. Atitudes que evitariam o aumento das conjunções e do congestionamento orbital terrestre, assegurando a continuidade da exploração espacial e dos serviços via satélite.

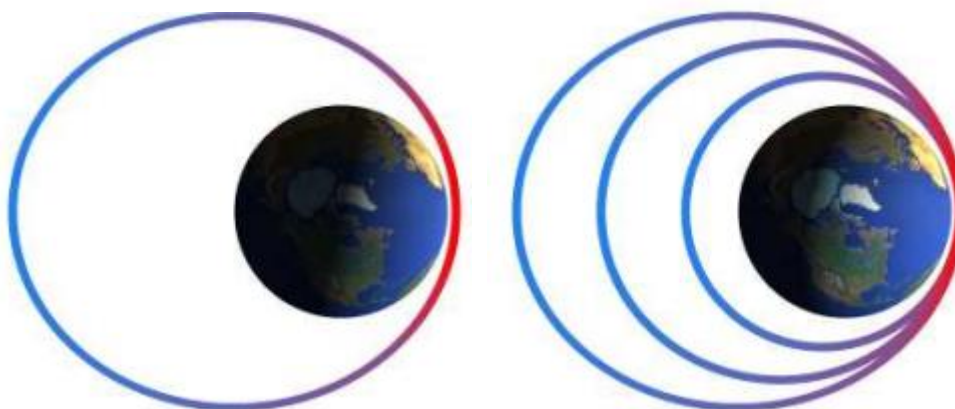
3.6.2 Arrasto Atmosférico

A atmosfera terrestre corresponde a uma camada de ar que envolve todo o planeta Terra e auxilia na manutenção da vida. Entre suas principais funções, destaca-se que a atmosfera evita e/ou ameniza que meteoritos ou outros fragmentos rochosos, lixo espacial, que orbitam no espaço cheguem até a superfície da Terra, fragmentando-os por meio de processos de combustão.

O arrasto atmosférico é a principal força não gravitacional que atua nos veículos espaciais e detritos que se encontram em baixa altitude. Devido ao atrito ou fricção com a atmosfera ocorre a diminuição da energia orbital, pois esta força age sempre no sentido oposto ao movimento desses objetos, e essa redução da energia produz um decaimento no semieixo maior da órbita (PRADO E KUGA, 2001), provocando a reentrada desses objetos na atmosfera terrestre.

No caso de uma órbita elíptica, o satélite é afetado pelo arrasto quando se aproxima do perigeu (ponto mais próximo da Terra, ver Figura 20). Assim, ocorrerá a diminuição da energia do satélite, pelo arrasto perto do perigeu, e conseqüentemente essa redução de energia dificulta sua trajetória no apogeu (ponto mais distante) subsequente. Conseqüentemente a altitude do apogeu diminui, enquanto a altitude do perigeu mantém um valor quase constante, e a órbita elíptica contrai-se para uma órbita circular (PRADO E KUGA, 2001), ver a Figura 20, até espiralar e cair em direção ao planeta.

Figura 20 - Decaimento orbital devido ao arrasto atmosférico



Fonte: INPE, 2021. <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3ARJ3NH>>

A única forma de mitigação do lixo espacial que temos atualmente é o processo natural de decaimento desses objetos através do arrasto atmosférico, portanto é a única força

de perturbação orbital que exerce essa ação de mitigar esses detritos. Mas, como é um processo natural, ocorre de maneira lenta e demorada, e a sua área de atuação limita-se à região de baixas altitudes. Associando essa questão ao acentuado congestionamento orbital da Terra, é necessário que os países envolvidos na política espacial agilizem e materializem técnicas de mitigação para acelerar a limpeza orbital.

3.6.3 Pressão da Radiação Solar: O Uso da Vela Solar e do Balão de Gás Hélio

A pressão de radiação solar é causada pela troca da quantidade de movimento dos fótons solares que incidem sobre a superfície externa do satélite, a quantidade de movimento associada a cada fóton depende da energia irradiada pelo Sol e, portanto, a força aplicada ao satélite depende da energia. A pressão de radiação solar causa perturbações constantes em todos os elementos da órbita. O efeito maior da radiação solar ocorre para satélites de grande área e pequena massa (MORAES, 1979).

A Vela Solar (Solar Sails) é um tipo de propulsão que utiliza a pressão de radiação solar para gerar aceleração (MCINNES, 1999; CARVALHO, 2016; TRESACO et al., 2016; CARVALHO et al., 2017), ver a Figura 21. As velas são feitas de grandes espelhos, baixa massa, que ganham impulso ao refletir os fótons, os pacotes de energia quântica de que a luz é composta. Em teoria, esses fótons vão transferir a sua energia para as velas solares, fazendo com que a nave se movimente. O uso de sistemas de propulsores (sem partículas de material expelido para a propulsão) como velas solares, baseia-se em pressão de radiação solar como fonte de energia para proporcionar um sistema de propulsão que não necessita de massa de reação. Uma das aplicações da vela solar é na limpeza do ambiente espacial para remoção de detritos espaciais, ver, por exemplo, Carvalho et al. (2022). A influência da pressão de radiação solar sobre a vela cria uma força adicional para a dinâmica do problema, e esta força que deve ser levada em conta, uma vez que pode modificar muito o comportamento das órbitas.

Alguns estudos também associam o uso da pressão da radiação solar para mitigar detritos espaciais, segundo Carvalho et al. (2022), o uso da vela solar além de despoluir o ambiente espacial por meio de um sistema de propulsão que utiliza a própria energia solar, também cria um ambiente limpo pois não usa propulsores químicos, contribuindo para a sustentabilidade do ambiente espacial. Como tecnologias que utilizam a pressão da radiação solar temos: a vela solar e o balão de gás hélio (ver as Figuras 21 e 22). A Vela Solar consiste em um objeto com uma grande área superficial e pequena massa, ver Figura 21, que se

movimenta utilizando a radiação solar como fonte de propulsão a partir da colisão dos fótons com a superfície da vela, assim transporta o lixo espacial em movimento contínuo para reentrar na atmosfera terrestre ou mesmo deslocá-lo para a órbita cemitério, ver Carvalho et al. (2022, 2023).

Figura 21 - Vela Solar movida pela energia fotovoltaica



Fonte: <https://super.abril.com.br/wp-content/uploads/2016/12/ciencia-20130205090511-1360339393455.jpg?quality=70&strip=all>

Balões de Hélio é um projeto da Global Aerospace Corporation, e segundo Kristin Gates, engenheira responsável, qualquer novo satélite pode ser lançado com um balão de gás hélio vazio e dobrado a bordo, demonstrado na Figura 22. Uma vez que o satélite encerre suas operações, o balão seria inflado com hélio e aumentaria a resistência de órbita do satélite.

Figura 22 - Imagem de balão de hélio



Fonte: <http://revistagalileu.globo.com/Revista/Galileu2/foto/0,42902017,00.jpg>

Em Brito (2019) foi estudado a evolução orbital de um detrito espacial, considerando as perturbações do potencial gravitacional terrestre, do arrasto atmosférico, da perturbação

luni-solar e da pressão de radiação solar considerando um detrito com a sua área aumentada para analisar o efeito dessas perturbações. Este aumento pode ser obtido pela adição de uma vela solar ou um balão do tipo apresentado na Figura 22.

CAPÍTULO 4. METODOLOGIA

Depois da fundamentação teórica comentada nesta pesquisa fica evidente que a Astronomia possui um potencial substancial para se associar as disciplinas do currículo básico escolar brasileiro. Favorecendo várias contribuições para o ensino das Ciências Humanas, em particular, a Geografia, possibilitando a concretização de um ensino pautado na interdisciplinaridade. Neste Capítulo abordaremos sobre a metodologia utilizada nesta pesquisa, como foi estruturada a sua organização, quem são os sujeitos envolvidos e a caracterização do local onde foi realizada.

4.1 Abordagem e Metodologia da Pesquisa

A proposta metodológica desta pesquisa está pautada em uma abordagem baseada na pesquisa quanti-qualitativa, que pode ser traduzida no entendimento que o qualitativo e o quantitativo se complementam e podem ser utilizados em conjunto nas pesquisas, possibilitando melhor contribuição para compreender os fenômenos educacionais descritos. A combinação dessas duas abordagens pode possibilitar a visualização de dois olhares diferentes, propiciando uma visualização ampla do problema investigado. Para Kerbauy e Souza (2017), as abordagens quantitativas e qualitativas tratam de fenômenos reais, atribuindo sentido concreto aos seus dados. “Assim, o estudo quantitativo pode gerar questões para serem aprofundadas qualitativamente, e vice-versa. ” (MINAYO e SANCHES, 1993, apud KERBAUY E SOUZA, 2017, p. 37)

Este estudo está pautado no método da pesquisa bibliográfica e/ou documental sobre o extenso material referente ao tema, para definir o embasamento teórico e dá suporte às ações pedagógicas que foram desenvolvidas no decorrer da aplicação dessa pesquisa. Análise de livros, sites, artigos e documentários que proporcionam o embasamento científico para respaldar a temática de estudo, como também uma pesquisa bibliográfica dos livros didáticos do Ensino Fundamental, anos finais, para validar a importância do objeto de estudo desta pesquisa.

A pesquisa-intervenção também foi utilizada no desenvolvimento deste trabalho, é um tipo de metodologia de pesquisa que parte da identificação de um problema e propõe ações para sua solução. A pesquisa-intervenção é uma metodologia de pesquisa utilizada na mediação de uma determinada realidade social, no âmbito da educação a pesquisa-intervenção ocorre através de uma mediação pedagógica, pautada em três passos:

identificação do problema a ser trabalhado; estruturação de ações de intervenção pedagógicas na tentativa de solucionar tal problemática; e avaliação dos resultados que essa intervenção provocou nos sujeitos envolvidos.

A metodologia adotada para o processo de intervenção pedagógica dessa pesquisa, se baseia nas teorias sociointeracionista e da aprendizagem significativa, retratadas respectivamente por Vygotsky e Ausubel.

Na perspectiva sociointeracionista, é favorável trabalhar de maneira lúdica estimulando a autonomia dos discentes e envolvendo o conteúdo com a realidade, não ignorando o conhecimento prévio do aluno, conhecimento que é explorado e trabalhado, promovendo ao estudante novas experiências e aprendizados. Essa prática sociointeracionista considera o sujeito como um ser ativo no meio que está inserido, e através dessa vivência cria certas capacidades que torna possível a aprendizagem. Nesse contexto, entra o papel da escola, possibilitando o desenvolvimento do pensamento formal, denominado por Vygotsky como pensamento complexo, segundo Oliveira (2006). Nesta perspectiva, o professor é considerado um mediador, que possibilita aos discentes um aprendizado que reflita e interaja sobre as influências construídas ao longo da vida, como o grupo social, a família, entre outros.

A ação de ensinar o aluno a pensar, a despertar sua curiosidade, e a aprender, relacionando os conteúdos do ensino às experiências pessoais, em parceria com recursos didáticos e mediação com o professor, são práticas de ensino relacionadas à concepção de aprendizagem sociointeracionista. No sociointeracionismo as informações são trabalhadas para que façam sentido para o aluno e assim se transformem em conhecimento. O estudante é o sujeito da sua própria aprendizagem, e a mediação do professor deve promover nele a habilidade de explorar o conhecimento e desenvolver capacidades como a de observar, descobrir, pensar, entre outras.

Além disso, a BNCC deslocou o desenvolvimento de competências e habilidades para o centro da discussão sobre o papel da escola, reafirmando a necessidade de estabelecermos novos paradigmas para a construção de metodologias que tenham o aluno como protagonista do seu processo de aprendizagem. Esse processo de ensino e aprendizagem baseado em habilidades e competências só é possível com a utilização de estratégias didáticas diversificadas que promovam a formação integral dos estudantes, envolvendo os âmbitos cognitivo, emocional e social.

De acordo com Moreira (2012) a aprendizagem significativa, proposta por Ausubel, é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira não literal e não arbitrária com aquilo que o educando já sabe. Essa interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. É importante reforçar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.

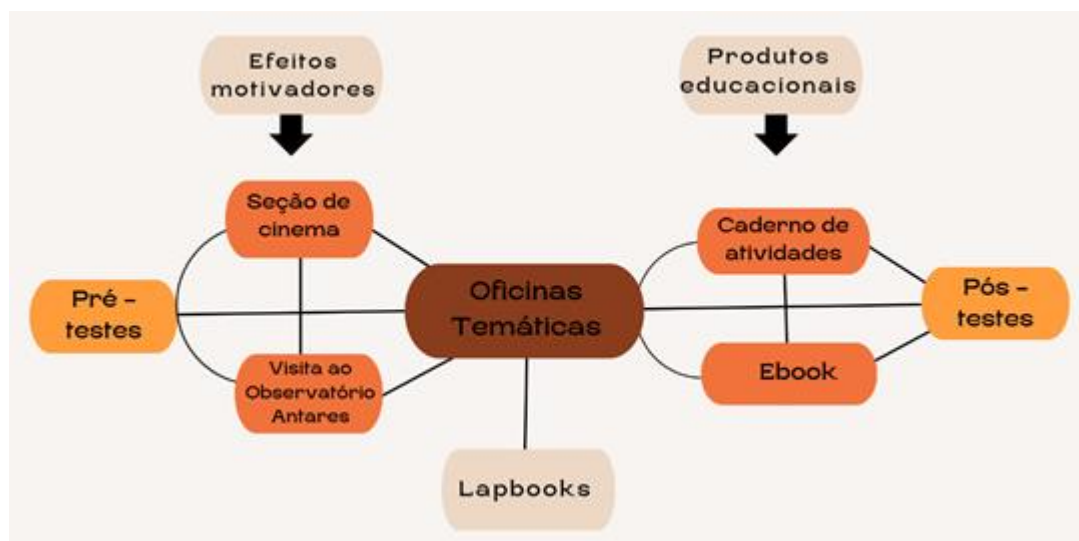
O processo de ensino aprendizagem deve contribuir, portanto, para o protagonismo do aluno, além de propiciar o uso da reflexão como impulso para a construção do conhecimento, e estes devem ser dinâmicos, e inter-relacionados às experiências do aluno. Assim, o conhecimento científico historicamente construído, a que chamamos conteúdo no contexto escolar, passa a ser reconhecido como um objeto de ensino-aprendizagem partilhado entre aluno e professor, estabelecendo uma mediação significativa da prática pedagógica.

4.2 Organização da Pesquisa

A Figura 23 retrata como a intervenção pedagógica foi organizada, seguindo um aumento progressivo no nível de complexidade, conexão e interdisciplinaridade, para que possam cumprir com as propostas metodológicas mencionadas e propiciar um aprendizado significativo aos discentes.

A proposta deste trabalho de pesquisa é analisar como a problemática do lixo espacial em órbita da Terra pode interferir na exploração do espaço e gerar consequências sociais, econômicas e ambientais na superfície terrestre. Promovendo ações e estudos que estimulem o interesse dos sujeitos envolvidos, em especial os discentes do 6º ano do Ensino Fundamental, pelos saberes científicos relacionados a Astronomia, com o propósito de diminuir a carência de informações sobre essa temática de estudo a este nível de ensino.

Figura 23 - Gráfico do processo de intervenção educacional



Fonte: Elaboração própria - 2023

Diante desta contextualização, a questão que norteou este trabalho de pesquisa pode ser apresentada como: Como o lixo espacial pode representar um possível risco à exploração do espaço e ao ambiente terrestre? Para complementar essa questão, anexamos a ela o problema que está sendo discutido nesta pesquisa: O lixo espacial e a sustentabilidade orbital da Terra estão sendo abordados no Ensino Fundamental?

Os produtos educacionais associados a esta pesquisa são: um caderno de atividades e um guia para execução das oficinas temáticas. O caderno de atividades é destinado aos discentes, e foi elaborado para exercitar os conteúdos trabalhados nas oficinas; já o guia, que se apresenta em formato de e-book, é destinado para os docentes compreenderem o passo a passo da montagem e execução das oficinas temáticas. É válido ressaltar que a utilização combinada dos produtos educacionais promove maior relevância ao processo educativo, pois articula teoria e prática.

Diante da questão norteadora e da situação problema o trabalho foi iniciado. Todo o processo de intervenção pedagógica foi organizado para propiciar um melhor desenvolvimento do aprendizado. As atividades possuem uma interação entre elas, onde os conteúdos se completam permitindo a evolução nas abordagens acerca do tema.

Iniciamos com a aplicação de pré-testes, que tiveram 3 formatos distintos: desenho, questões objetivas e uma questão discursiva sobre o conceito do lixo espacial. Seguimos com os efeitos que motivaram o andamento do projeto, que foram: a seção de cinema e o estudo de campo realizado no OAA/MACT. É importante ressaltar que este estudo de campo

teve que ser atrasado no cronograma devido a não disponibilidade do espaço visitado para a data planejada. Mas, mesmo ocorrendo depois, ainda funcionou como recurso motivador do projeto, e estimulou nos alunos a busca pelo conhecimento.

Seguimos com a aplicação das cinco oficinas temáticas, durante as aulas pré oficinas foram realizadas algumas propostas de estudo prévio para que os discentes pudessem ter embasamento teórico e poder argumentativo sobre os conteúdos que iriam ser trabalhados nas oficinas temáticas, tais como: leitura de textos e pesquisas direcionadas.

O desenvolvimento das oficinas temáticas ocorreu de forma sequenciada, ou seja, os conteúdos trabalhados em uma oficina eram a base para a próxima, pois ao aprendizado da oficina anterior eram anexados novos conteúdos que se inter-relacionavam e proporcionavam a evolução dessa aprendizagem. As oficinas temáticas foram organizadas conforme a evolução do aprendizado dos estudantes, a cada oficina, novos conteúdos e conceitos eram trazidos para ampliar e aprofundar a temática de estudo.

Cada oficina possui uma temática diferente, e em todas elas ocorreram as etapas que facilitaram a sua realização, que foram: o estudo-prévio, parte teórica, parte prática e a avaliação. O estudo-prévio, já citado aqui, compreende um entendimento inicial sobre o tema que será trabalhado na oficina; a parte teórica corresponde às aulas participadas, com exposição oral, slides, textos, vídeos curtos e infográficos, nesta etapa ocorreram perguntas, colocações e troca de saberes entre aluno-aluno e professor-aluno, o que enriqueceu bastante o processo de aquisição do conhecimento; a parte prática compreende a utilização dos kits educacionais (maquete, quebra-cabeça, cubos), e produção de material para socialização (textos, história em quadrinho, charges, gráficos, entre outros), essa etapa foi a que os alunos literalmente “colocavam a mão na massa”, faziam na prática o que foi embasado e discutido pela teoria; e finalmente a última etapa que é a avaliação que corresponde às apresentações orais, produção de material escrito e a realização do caderno de atividades.

Após o término da aplicação das oficinas temáticas, os discentes confeccionaram lapbooks com o tema de cada uma das oficinas, foi um recurso para revisar os conteúdos trabalhados e de forma criativa explorar o conhecimento construído e fortalecer o aprendizado. O pós-teste foi aplicado de duas diferentes formas: questões objetivas e questões discursivas contendo perguntas referentes à temática de estudo desta pesquisa.

Ainda foi realizada uma avaliação geral de todo processo de intervenção pedagógica, com várias questões abertas sobre toda a temática do projeto desenvolvido, onde os alunos

também atribuíram valores a aplicação das oficinas e comentaram a experiência vivida em cada uma delas.

4.3 Público-Alvo e Local de Desenvolvimento da Pesquisa

Como já descrito anteriormente, o público-alvo a quem essa pesquisa se destina é o 6º ano do Ensino Fundamental no Centro Integrado de Educação Assis Chateaubriand (C.I.E.A.C), na cidade de Feira de Santana – BA, com a participação de 2 turmas, totalizando 82 alunos com faixa etária entre 11 a 14 anos, durante as aulas de Geografia. Visando despertar nos alunos maior interesse sobre temas relacionados a Astronomia, em especial a temática proposta por essa pesquisa – lixo espacial.

O C.I.E.A.C está localizado no bairro Sobradinho, na cidade de Feira de Santana – BA, fundado em 1969, possuindo 54 anos de funcionamento. É considerado uma escola de porte especial, devido ao elevado número de matrículas anuais, atualmente encontra-se com um total de 2.940 alunos, funciona nos três turnos: matutino, vespertino e noturno; e nas modalidades: Ensino Fundamental (anos finais), Ensino Médio e Educação de Jovens e Adultos (EJA). Na estrutura física a escola é composta por três módulos, onde se distribuem neles a parte administrativa, biblioteca, laboratórios, sala de informática, sala de articulação e de professores, cantinas e 38 salas de aulas. É considerada uma escola de referência na cidade de Feira de Santana por desenvolver uma educação pública de qualidade e competência.

A pesquisa também foi direcionada posteriormente ao público do OAA/MACT, espaço não formal de educação, durante a 21ª Semana Nacional de Museus. Onde foram realizadas 2 oficinas, com a participação de 60 pessoas, entre elas: alunos da Educação Básica, pais, professores e comunidade em geral.

CAPÍTULO 5. ETAPAS DE EXECUÇÃO: AÇÕES REALIZADAS

Esse Capítulo irá tratar sobre o processo de intervenção educacional dessa pesquisa, relatando quais foram as ações que contribuíram para o conhecimento na área de estudo e ajudaram na evolução da aprendizagem dos discentes. Essas ações compreendem: a atividade pré-teste, exibição de filme, visita de estudo ao OAA/MACT, as oficinas temáticas, construção dos lapbooks, os produtos educacionais: caderno de atividades e o e-book: Guia das oficinas temáticas, e as oficinas realizadas no OAA/MACT.

5.1 Atividades de Pré-testes

Após o recolhimento do termo de consentimento assinado pelos responsáveis dos alunos (Anexo 1), o processo de intervenção pedagógica iniciou-se no dia 11 de maio de 2022, com a presença de 79 alunos (3 ausências) com uma atividade denominada de pré-teste 1, que se encontra no Apêndice 1. Foi solicitado aos discentes que fizessem o desenho do Sistema Solar, com os planetas e os principais corpos celestes, com enfoque para a localização do planeta Terra. Para uma abordagem mais ampla dessa localização, algumas questões gerais sobre Astronomia foram acrescentadas à atividade de desenho, tais como: o nome da nossa Galáxia, do nosso sistema planetário, e do nosso satélite natural. Bem como, algumas características que proporcionam a existência da vida na Terra.

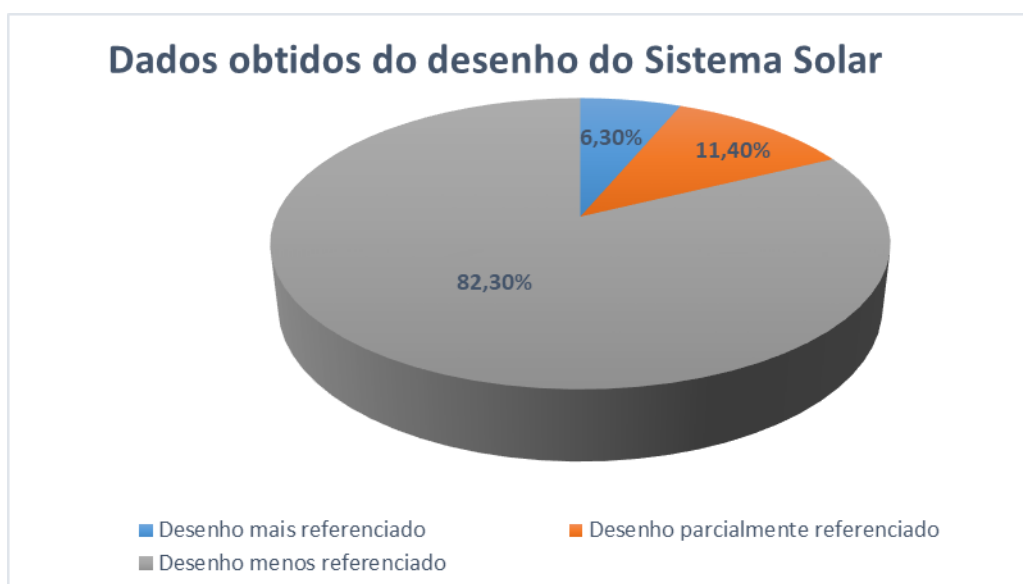
Quadro 7 - Análise da atividade de pré-teste

| Análise dos dados da atividade | |
|---------------------------------------|--|
| Desenho do Sistema Solar | Quantidade de alunos que desenharam de forma mais referenciada: 05 (6,3%) |
| | Quantidade de alunos que desenharam parcialmente referenciado: 09 (11,4%) |
| | Quantidade de alunos que desenharam de forma menos referenciada: 65 (82,3%) |
| Questões básicas de Astronomia | Quantidade de alunos que responderam corretamente todas as questões: 27(34,2%) |
| | Quantidade de alunos que responderam incorretamente alguma(s) questão(ões): 52 (65,8%) |

Fonte: Elaboração própria – 2022

Os objetivos dessa atividade foram de investigar o conhecimento dos alunos sobre conceitos básicos de Astronomia, e principalmente sobre a posição da Terra no Sistema Solar; e perceber como os alunos entendem a escala da dinâmica espacial, na porção macro (galáxia) a micro (órbita terrestre). Os conteúdos relacionados a essa primeira atividade foram: Sistema Solar, Galáxia, Satélite natural, órbita, teoria heliocêntrica. E os materiais utilizados foram: atividade impressa em papel ofício, lápis de cor e lápis comum. A correção e tabulação dos dados encontra-se no Quadro 7 e nas Figuras 24 e 28.

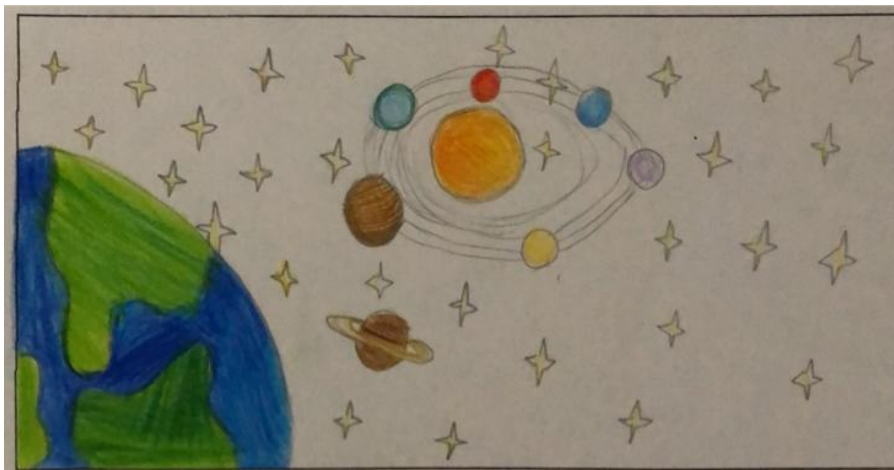
Figura 24 - Gráfico referente ao percentual das respostas sobre o desenho do Sistema Solar



Fonte: Elaboração própria - 2022

A análise dos dados contidos na Figura 24 revelam que grande parte dos alunos envolvidos na pesquisa (74 no total de 79 alunos) não conhecem ou possuem conhecimentos bastante limitados acerca dos conceitos básicos relacionados a Astronomia, principalmente em relação à posição da Terra no Sistema Solar. Foram selecionados três desenhos, Figuras 25, 26 e 27, respectivamente, representativos das categorias: menos referenciada, parcialmente referenciada e mais referenciada, para ilustrar a situação descrita. Vale destacar que as identidades dos discentes foram preservadas, e os mesmos são identificados por letras e números.

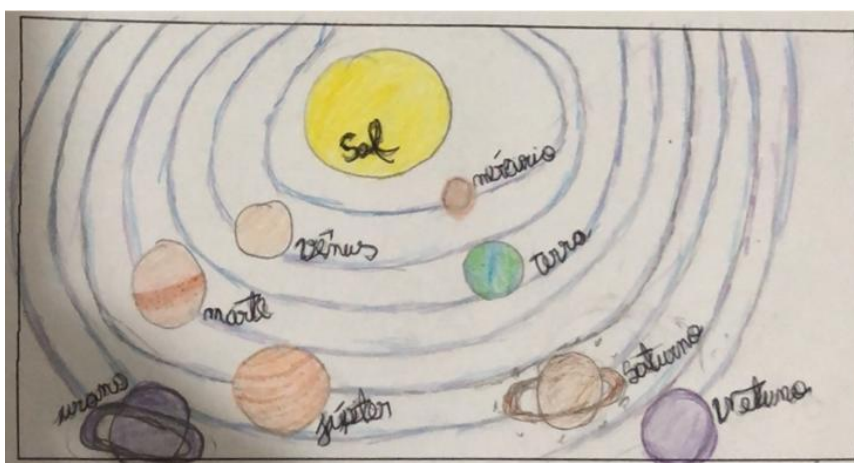
Figura 25 - Desenho do aluno L2 sobre o Sistema Solar e a localização da Terra



Fonte: Aluno L2 - 2022

O desenho do aluno L2, ver Figura 25, representa a categoria menos referenciada, nele percebemos que foram incluídas outras estrelas no Sistema Solar, além do Sol. Também podemos distinguir alguns planetas girando em torno do Sol, sem órbitas definidas, e a Terra representada no canto inferior esquerdo, sendo excluída da sua trajetória em torno do Sol. Não é possível concluir que se trata da teoria heliocêntrica ou geocêntrica.

Figura 26 - Desenho do aluno C3 sobre o Sistema Solar e a localização da Terra

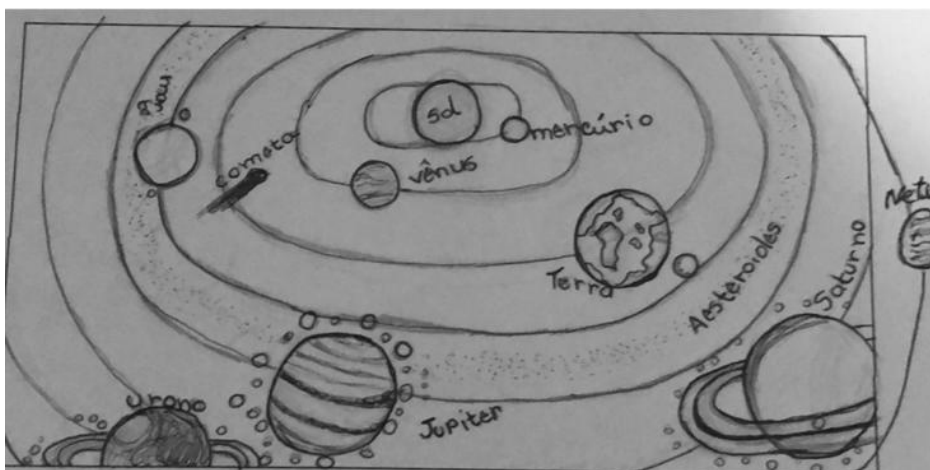


Fonte: Aluno M3 - 2022

O desenho do aluno C3, ver Figura 26, representa a categoria parcialmente referenciada, nele podemos perceber as órbitas dos 8 planetas que formam nosso Sistema Solar, numa sequência correta em relação ao Sol, além de retratar claramente a teoria heliocêntrica. Demonstrando assim, entendimento em relação ao objetivo da atividade,

porém apesar de representar bem o Sistema Solar, percebe-se a ausência de outros corpos celestes, como: satélites (principalmente a Lua) e o cinturão de asteroides.

Figura 27 - Desenho do aluno M1 sobre o Sistema Solar e a localização da Terra



Fonte: Aluno M1 - 2022

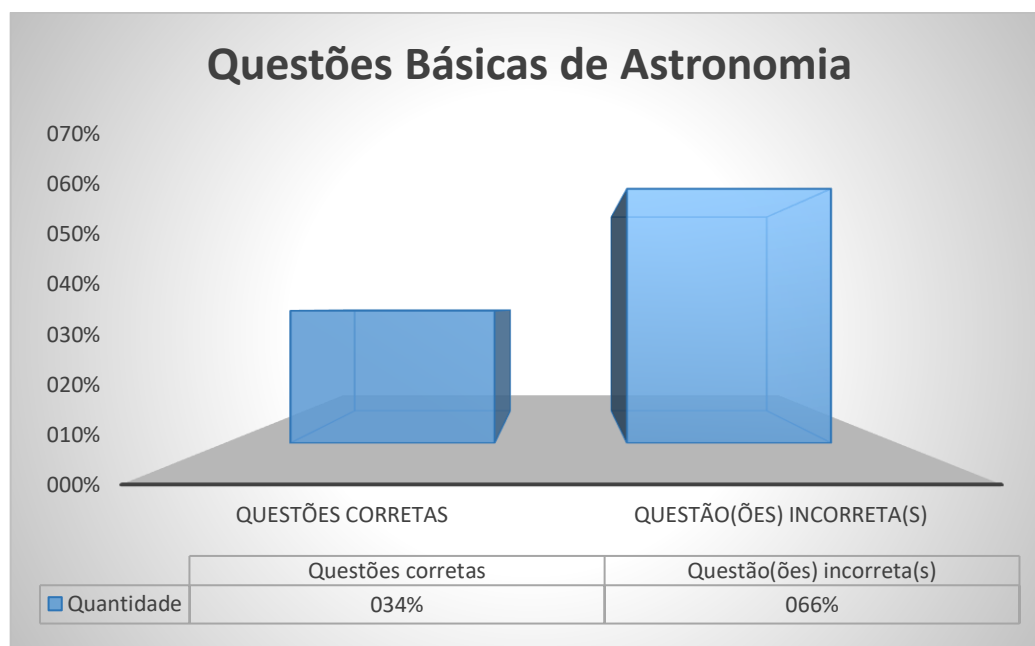
O desenho do aluno M1, ver Figura 27, representa a categoria mais referenciada, de forma nítida e com grande riqueza de detalhes, incluindo a Lua, e alguns satélites naturais de Marte, Júpiter, Saturno e Urano, o cinturão de asteroides, e até algum possível cometa. Representa o sistema heliocêntrico, os 8 planetas do Sistema Solar em sua sequência correta em relação ao Sol, bem como suas órbitas.

Em relação as questões básicas sobre a Astronomia, a Figura 28 demonstra como os discentes estão sem noções elementares sobre essa temática. É válido ressaltar, que durante o processo do Ensino Fundamental I, esse conteúdo se faz presente nas disciplinas de Geografia e Ciências. Segundo Carvalho e Ramos:

Com a BNCC (Brasil, 2018), implementada desde 2019, a astronomia consolidou-se ainda mais, sendo agora colocada dentro de um dos eixos temáticos a serem trabalhados em todas as séries da Educação Básica – aparecendo, portanto, desde o 1º ano do Ensino Fundamental. (CARVALHO E RAMOS, 2020, p. 85)

Portanto, esperava-se que os alunos possuíssem mais afinidade com essas temáticas mais básicas referentes à Astronomia. A exemplo, podemos citar, que muitos deles não sabiam o nome da nossa Galáxia, nem do nosso satélite natural.

Figura 28 - Gráfico referente ao percentual das respostas sobre noções básicas da Astronomia



Fonte: Elaboração própria – 2022

Para amenizar a referida situação foi elaborada uma aula sobre a nossa Galáxia e o Sistema Solar, explorando conceitos básicos como: satélite natural, planetas, planetas anões, estrelas, posição da Terra em relação ao Sol e Universo. Foram utilizados slides com imagens e pequenos vídeos, e também foram incluídas duas atividades sobre essa temática no caderno de atividades (produto educacional) desta pesquisa.

É importante ressaltar que o eixo temático: Terra e Universo, está presente na BNCC em todo o currículo do Ensino Fundamental II, na área de ciências da natureza. De maneira geral, segundo Carvalho e Ramos (2020) os conteúdos propostos para o Ensino Fundamental pela BNCC estarão distribuídos ao longo dos 9 anos, e passam a contemplar assuntos diversos da Astronomia, tais como: a observação direta dos fenômenos celestes, a elaboração de modelos do Sistema Solar, dos astros, as condições necessárias para a vida, os aspectos culturais da Astronomia, e a evolução estelar.

Assim, a intenção é que estes estudantes estejam em contato com as temáticas relacionadas a Astronomia até a conclusão da Educação Básica, portanto a ideia é sanar essas dificuldades relatadas nesta pesquisa ao longo dessa modalidade de ensino, contudo segundo Carvalho e Ramos (2020, p. 92), “o papel do professor em conduzir as observações, percepções e discussões é de extrema importância para o desenvolvimento de conceitos científicos.”

A segunda atividade de pré-teste que tem a função de analisar o conhecimento prévio dos alunos sobre o conteúdo, seguiu no dia 16 de maio de 2022, com a resolução de uma lista de questões objetivas sobre o objeto de estudo dessa pesquisa. Foi realizada com um total de 77 alunos presentes (5 ausências), durante uma hora/aula (50 minutos). A lista é composta de 25 questões objetivas, com conteúdo que engloba noções básicas de Astronomia, órbitas terrestres, lixo espacial, técnicas de mitigação, noções de direito espacial, dinâmica de satélites artificiais e força de gravidade terrestre. A lista referente ao pré-teste 2 encontra-se no Apêndice 2.

Os objetivos dessa atividade foram investigar o conhecimento dos alunos sobre conceitos básicos de Astronomia, e principalmente sobre a problemática do lixo espacial nas órbitas terrestres; e planejar as estratégias metodológicas a partir do conhecimento prévio dos alunos para organização das oficinas temáticas. O material utilizado foi atividade impressa em papel ofício.

Após correção da referida atividade foi realizada uma análise quanti-qualitativa para interpretação dos dados, que segundo Flick (2004 apud KERBAUY e SOUZA, 2017, p. 39) “a convergência dos métodos quantitativos e qualitativos proporcionam mais credibilidade e legitimidade aos resultados encontrados, evitando o reducionismo à apenas uma opção”.

A Tabela 1 e a Figura 29 resumem os dados obtidos com a aplicação da lista de atividades (pré-teste 2).

Tabela 1 – Dados obtidos pela atividade de pré-teste 2

| Número assertivo de questões | Quantidade de alunos | Valor em porcentagem |
|------------------------------|----------------------|----------------------|
| 0 – 5 | 11 | 14,3% |
| 6 – 10 | 31 | 40,2% |
| 11 - 15 | 29 | 37,7% |
| 16 – 20 | 5 | 6,5% |
| 21 - 25 | 1 | 1,3% |

Fonte: Autoria própria – 2022

Figura 29 - Gráficos dos dados da atividade de pré-teste 2



Fonte: autoria própria – 2022

A interpretação dos dados demonstra que cerca de aproximadamente 78% dos alunos envolvidos na pesquisa acertaram entre 6 a 15 questões, uma quantidade razoavelmente boa, se comparada às questões da atividade do pré-teste 1 (desenho do Sistema Solar). Vale salientar, que a lista de atividades (pré-teste 2), foi construída utilizando-se recursos visuais, tais como: charges, tirinhas e imagens, que de uma forma mais interativa, ajudavam no processo de compreensão das questões, além disso, é importante ressaltar que a lista de atividade (pré-teste 2) é objetiva.

Partindo para um contexto de análise quanti-qualitativa, foi solicitado aos discentes que escrevessem de forma breve, o que entendiam sobre o lixo espacial. Quase a totalidade dos alunos escreveram que nunca ouviram falar sobre tal temática, apenas 5 alunos se referiram de forma mais assertiva:

“É o lixo que está em volta da Terra” (Alunos A3 e N1)

“São os satélites que estão sem uso” (Aluno D2)

“É aquilo que não serve mais para nada, e que fica em volta da Terra” (Aluno M1)

“Tudo que é lixo que está no espaço” (Aluno C3)

Dessa forma, justifica-se, portanto, a escolha da temática da pesquisa, por ser um tema pouco explorado e praticamente desconhecido a nível de Educação Básica. E de forma mais geral, essa temática ainda é pouco conhecida pela sociedade como um todo. Um tópico

de pesquisa que é atual e bastante importante para a sustentabilidade da exploração espacial a nível internacional.

5.2 Efeitos Motivadores da Pesquisa: Seção de Cinema e Visita ao Observatório Astronômico Antares/Museu Antares de Ciência e Tecnologia (OAA/MACT)

Estimular o conhecimento científico nos alunos do 6º ano do Ensino Fundamental é uma tarefa bastante complexa, o fator positivo é o interesse e a curiosidade nata que os estudantes desta série escolar possuem para aprender, principalmente novas descobertas. Mas, por outro lado, de maneira generalizada, o amadurecimento cognitivo para compreensão de determinados conhecimentos ainda está em formação. Por esta questão, as ações desenvolvidas devem ser bem estruturadas, atrativas, informativas e motivadoras, a fim de promover o interesse pelo conhecimento científico, bem como aproximar esse conhecimento da realidade dos educandos.

As ações motivadoras para impulsionar este projeto de pesquisa foram: uma sessão de cinema e a visita ao OAA/MACT, ambas as ações aguçaram o interesse pelo conhecimento científico relacionado a Astronomia, como também na área de estudo desta pesquisa.

- **Sessão de Cinema**

Para iniciar o processo de intervenção pedagógica, os alunos assistiram ao filme Gravidade, no dia 02 de junho de 2022, com classificação indicativa de 12 anos e duração de 91 minutos, com o objetivo de instigar as opiniões dos discentes sobre as pesquisas e avanços tecnológicos no espaço e mais especificamente sobre o lixo espacial e suas possíveis consequências.

O filme atuou como recurso motivador e gerador de discussões acerca da temática de estudo. Foi necessário esclarecer que mesmo retratando uma realidade, algumas cenas e/ou ações poderiam não condizer fielmente com o real, simplesmente por ser uma obra cinematográfica.

O filme pode ser utilizado como instrumento didático ilustrando conteúdos, principalmente referentes a fatos históricos; como motivador, na introdução de temas psicológicos, filosóficos e políticos, estimulando o debate; ou como um objeto de conhecimento, na medida em que é uma forma de reconstrução da realidade. (CIPOLINI, 2008 p. 19).

Dessa maneira, o uso do filme é um recurso metodológico que auxilia o professor a desenvolver os processos de ensino e de aprendizagem, e pode direcionar o aluno a refletir sobre conteúdos, vivências, experiências e realidade. No parágrafo 8º do Artigo 26, da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), possui a indicação que a exibição de filmes de produção nacional integra o componente curricular complementar que deverá estar integrado à proposta pedagógica da escola (BRASIL, 1996).

Durante a exibição os alunos tiveram contato com muitos conceitos relacionados a exploração espacial, tais como: Estação Espacial Internacional (ISS), microgravidade, reentrada na atmosfera terrestre, detritos espaciais, telescópio espacial (Hubble) e órbita terrestre. Alguns alunos, inclusive, nunca tinham tido contato com alguns desses conceitos. As fotos apresentadas na Figura 30 mostram a exibição do filme na sala de aula.

Figura 30 - Fotos da exibição do filme Gravidade



Fonte: Arquivo próprio - 2022

No intuito de embasar e iniciar as reflexões acerca do tema de estudo, após a exibição do vídeo os alunos responderam uma atividade sobre o filme, onde constava os seguintes questionamentos: Em qual local se passa o filme? Qual era a missão dos Astronautas? O que ocorreu durante a missão com os astronautas? Para você o que são esses detritos ou lixo espaciais? Quais problemas os astronautas tiveram que enfrentar para sobreviver no espaço?

Para você qual informação o filme transmite? Essa atividade auxiliou os discentes na interpretação do filme.

- **Visita ao OAA/MACT**

O trabalho de campo ou estudo do meio, pode ser considerado um “recurso metodológico de fundamental importância no aprendizado.” (SANCHES, 2011, p. 858). A experiência, o contato direto com a área do conhecimento, a investigação in loco e a interdisciplinaridade são fatores que sustentam e impõem credibilidade para realização de trabalhos de campo. Na Geografia, inclusive, é uma metodologia bastante utilizada para associar teoria e prática, firmando os conceitos trabalhados e tentando garantir uma aprendizagem significativa.

Com esta proposta de motivar o interesse dos discentes pelo conhecimento científico, nos dias 11 e 18 de outubro de 2022, foram realizadas as saídas de campo para o OAA/MACT, localizado em Feira de Santana - BA. Participaram dessa atividade 81 alunos, nenhum deles, tinham realizado a visita do citado espaço. Iniciamos a visita pelo espaço externo, com alguns painéis ilustrativos que abordavam sobre a formação do universo, do sistema solar, do planeta Terra, até as primeiras formas de vida. Logo após, entramos no parque dos Dinossauros e Pterossauros do Brasil, e a Era dos Mamíferos. Ainda na parte exterior do Observatório foi relatado sobre o funcionamento do relógio de Sol, e foi visto também alguns painéis que comentavam sobre os avanços espaciais conquistados pela humanidade, ver Figura 31.

Figura 31 - Visita ao espaço externo do Observatório Astronômico Antares



Fonte: Arquivo pessoal - 2022

A visita seguiu, como mostra a Figura 32, com a apreciação do Espaço Natureza, que além de representar os vários biomas brasileiros, também possui uma réplica do Meteorito Bendengó.

Figura 32 - Visita ao Observatório Astronômico Antares



Fonte: Arquivo próprio - 2022

A parte da finalização das visitas foi diferente. A visita do dia 11 de outubro foi encaminhada para o planetário e assistiu ao Vídeo “Milagre da Vida”, que narra a história da vida através de um “passeio” pelo corpo humano. Já a visita do dia 18 de outubro foi encaminhada para o auditório onde assistiu a palestra sobre a Agência Espacial Brasileira (AEB), suas ações e importância no cenário aeroespacial, como mostra a Figura 33.

Figura 33 - Planetário e palestra durante as visitas ao Observatório Antares



Fonte: Arquivo próprio – 2022

A proposta deste trabalho de campo foi inserir os discentes em um espaço de educação não formal, que trabalhe com os conhecimentos científicos relacionados a Astronomia, promovendo assim a interdisciplinaridade desta ciência com os conteúdos

trabalhados em sala de aula, não somente em Geografia, mas nas outras áreas do conhecimento.

Ao serem questionados sobre o trabalho de campo, cerca de 80% dos alunos indicaram que a visita ao OAA/MACT foi boa e excelente, elevando a motivação para o aprendizado após uma visita em espaços como este, ver Figura 34. Dessa maneira, ressaltamos a relevância científica e pedagógica que um estudo in loco desenvolve e potencializa o conhecimento dos discentes. Aproximando os saberes científicos ao nível da Educação Básica, e favorecendo novas experiências ao aprendizado.

Figura 34 - Trabalho de campo no Observatório Astronômico Antares



Fonte: Arquivo próprio – 2022

5.3 Oficinas Temáticas:

A proposta de intervenção educacional está distribuída em 5 oficinas temáticas pautadas em discussões orais, análise de imagens, criação de jogos, análise de dados, vídeos e de textos, produção de maquete, construção em papercraft (método de construção de objetos tridimensionais a partir de papel), utilização de aplicativos e sites, realização de produções textuais e atividades diversificadas. O desenvolvimento das oficinas temáticas foi organizado de forma sistematizada e sequenciada a fim de possibilitar uma ação educativa que articule a teoria e a prática, e que desperte nos discentes uma cultura investigativa a respeito da temática da pesquisa.

Segundo Silva et al. (2012) as oficinas pedagógicas são atividades inovadoras que contribuem com os processos educativos. Nessa pesquisa, o objetivo em desenvolver oficinas pedagógicas é de possibilitar uma ação educativa que articule o conceito e sua aplicação, e que desperte nos discentes uma cultura investigativa a respeito das temáticas trabalhadas. Para Valle e Arriada (2012, p. 4) a oficina pedagógica “é uma importante

estratégia metodológica por proporcionar o desenvolvimento de uma ação didática ordenada pela interação entre teoria e prática." O tema geral da pesquisa - *Lixo espacial e os possíveis riscos à exploração do espaço e ao ambiente terrestre: um enfoque na educação básica*, foi dividido em 5 temas, que estão representados na Figura 35.

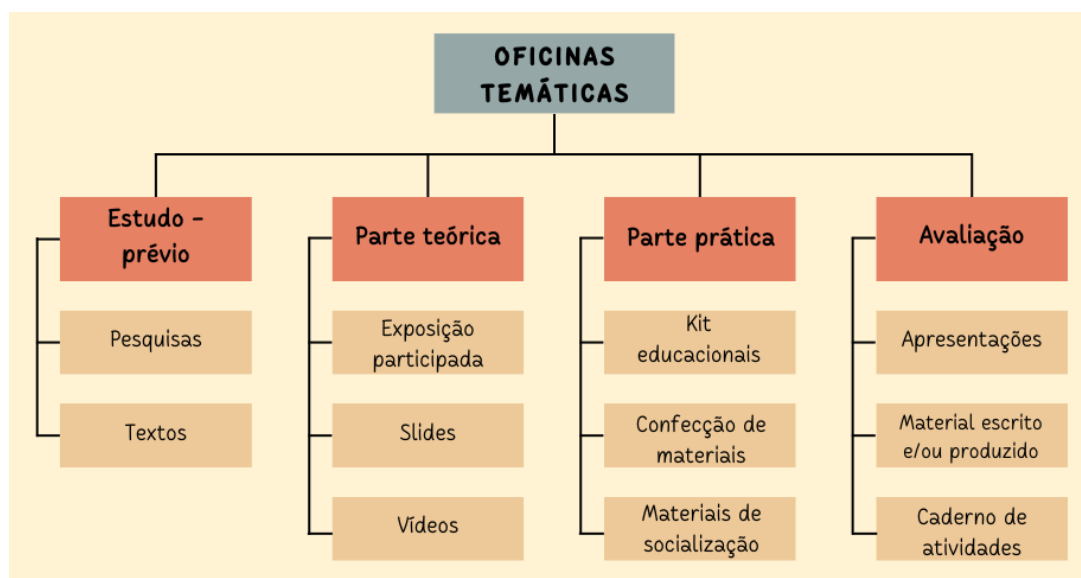
Figura 35 - Temática das Oficinas



Fonte: Elaboração própria – 2023

A Figura 36 demonstra um esquema da organização das oficinas temáticas, o passo a passo do desenvolvimento que foi subdividido em: estudo-prévio, parte teórica, parte prática e avaliação.

Figura 36 - Etapas do desenvolvimento das oficinas temáticas



Fonte: Elaboração própria – 2022

5.3.1 Oficina 1 – Gravidade, Órbitas da Terra e Satélites Artificiais

Após a exibição do vídeo, como “pontapé” inicial, foi dado o prosseguimento da pesquisa através das oficinas temáticas. Antes da aplicação da oficina, foi solicitado aos alunos uma pesquisa sobre a temática que seria abordada (estudo-prévio), e no dia 21 de julho de 2022 foi realizada a primeira oficina temática: Gravidade, órbitas da Terra e satélites artificiais. A oficina foi iniciada com uma dinâmica de bexigas de ar, para descontrair a turma e relacionar a ação da gravidade terrestre. A proposta da atividade foi de não deixarem as bexigas caírem ao chão, com a contínua retirada de alunos da dinâmica, sobrecarregando a função para os alunos que restaram. Os alunos foram convidados a comentar sobre a dinâmica e finalizamos essa parte da oficina com eles identificando que era difícil manter os objetos no ar devido à gravidade da Terra.

Seguimos com a exposição participada dos slides sobre o tema, muitas perguntas foram respondidas durante esse processo, ressaltando a curiosidade dos discentes sobre a temática trabalhada. Em seguida a turma foi dividida em equipes para a construção da maquete e montagem do satélite artificial em papercraft, ver Figura 37. Todas as equipes buscaram realizar a atividade proposta com muito capricho, a construção da maquete foi feita com entusiasmo, e a montagem do satélite em papercraft foi no mínimo surpreendente, pois requer destreza no corte, na dobragem e colagem das peças. Apenas uma equipe não conseguiu realizar a montagem do satélite, e foi auxiliada por alunos de outras equipes.

Figura 37 - Construção da maquete e montagem do satélite em papercraft

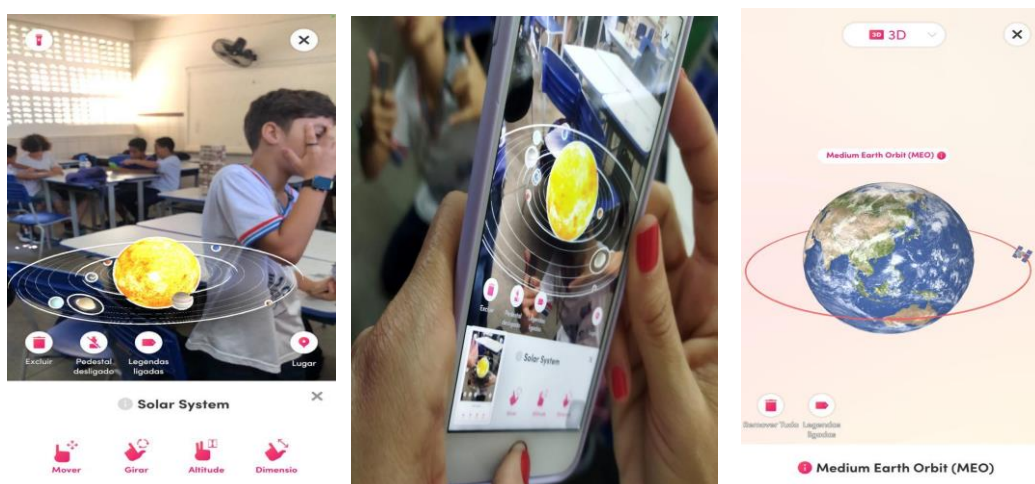


Fonte: Arquivo próprio – 2022

A oficina seguiu com a utilização do Aplicativo *Merge Object Viewer*, esse aplicativo requer um Merge Cube (disponível para impressão no Apêndice 3) e um smartphone ou tablet para ser utilizado, e possui centenas de recursos digitais de ensino para ser utilizado

em sala de aula. Os alunos podem aprender sobre rochas e minerais, mamíferos, répteis, ciclos de vida, células, sistema solar, órbitas da Terra, veículos espaciais e muito mais usando diferentes coleções de modelos 3D práticos. Para esta oficina, ver Figura 38, os alunos visualizaram o Sistema Solar, as órbitas dos planetas e a simulação de satélites artificiais nas órbitas terrestres, comparando com a maquete que acabaram de construir.

Figura 38 - Uso do aplicativo Merge Object Viewer



Fonte: Arquivo próprio - 2022

Logo após, cada equipe fez uma apresentação simples sobre sua maquete, ver Figura 39, informando qual era a órbita representada, a altitude que se encontrava, e quais principais tipos de satélites se encontravam nela. As apresentações foram singelas, mas bastantes gratificantes no que diz respeito ao aprendizado. Finalizamos a oficina, com a resolução de alguns exercícios do caderno de atividades, como mostra a Figura 40.

Figura 39 - Apresentações dos grupos de trabalho



Fonte: Arquivo próprio - 2022

Figura 40 - Aplicação e uso do caderno de atividades



Fonte: Arquivo próprio - 2022

A Oficina é detalhada no Quadro 8 com seus objetivos, estratégias metodológicas, recursos, metodologia e avaliação.

Quadro 8 - Planejamento da primeira oficina temática

| Oficina 1: Gravidade, órbitas da Terra e satélites artificiais | |
|---|---|
| Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none"> ● Analisar de forma objetiva o funcionamento e os efeitos da gravidade da Terra; ● Entender que existem diversos objetos, por exemplo, satélites artificiais e detritos espaciais, em órbita em torno da Terra, que se encontram em diferentes níveis de altitude em relação à superfície terrestre. ● Associar os aspectos que fazem os satélites permanecerem em órbita da Terra ● Compreender o que são satélites artificiais e qual sua importância para a nossa sociedade. | |
| Estratégias metodológicas | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Dinâmica de motivação com balões. ● Apresentação de slides (exposição participada do tema). ● Criação de uma maquete do planeta Terra com suas diversas órbitas e a representação dos satélites artificiais que se distribuem nessas órbitas. (Papercraft) ● Apresentação da maquete pelos grupos. ● Visualização das órbitas em 3D no aplicativo: Merge Object Viewer | |
| Conteúdo | Carga horária |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Gravidade terrestre ● Órbitas da Terra | <ul style="list-style-type: none"> ● 4 horas aulas |

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Satélites artificiais e suas diversas utilidades para nossa sociedade | |
| Recursos tecnológicos | Recursos materiais |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Computador ● Internet ● Data show (Projetor) ● Celular (aplicativo) | <ul style="list-style-type: none"> ● Balões de soprar ● Papercraft de satélites artificiais ● Bola de isopor e arame ● Tinta, pincel e cola ● Cubo do aplicativo Merge Object Viewer ● Isopor e folha emborrachada (e.v.a.) |
| Instrumentos de avaliação | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Apresentação das maquetes pelos grupos. ● Exercícios no caderno de atividades: Atividades 3, 4, 5, 6, 11, 17 e 20. ● Confecção do satélite em papercraft pelos grupos | |

5.3.2 Oficina 2 – Lixo Espacial: Classificação e Consequências

Por abordar o tema central desta pesquisa – lixo espacial: classificação e consequências, essa oficina foi dividida em 2 partes. A primeira parte foi realizada no dia 25 de agosto de 2022 e a segunda parte no dia 29 de setembro do mesmo ano. Iniciamos a oficina com a apresentação de slides e vídeos sobre o tema, a exposição aguçou a participação dos alunos que interagiram de forma bastante satisfatória sobre as questões relacionadas ao tema. Vale ressaltar, que eles já haviam realizado uma leitura sobre essa temática (estudo-prévio), o que facilita a compreensão e estimula a participação dos discentes durante a oficina.

A seguir a sala foi dividida nas mesmas equipes estabelecidas na oficina 1, onde teriam que retornar a maquete construída na primeira oficina, para anexar nela sucatas que simulavam o lixo espacial, como mostra a Figura 41. Com as maquetes completas, os grupos socializaram e finalizaram a parte prática da oficina.

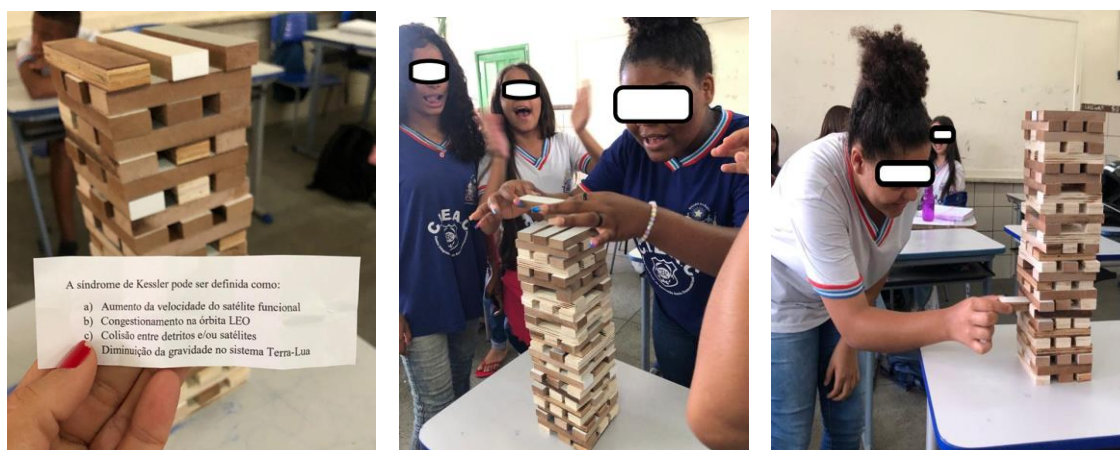
Figura 41 - Colagem de sucatas nas maquetes simulando o lixo espacial



Fonte: Arquivo pessoal - 2022

A avaliação da oficina ficou por conta do jogo de perguntas e respostas e do caderno de atividades. O jogo criado para essa oficina simula o já existente jogo chamado de Jenga, um jogo de equilíbrio onde os participantes devem pegar um bloco de madeira e colocar no topo da torre sem deixá-la cair. A proposta do jogo se manteve, mas foram anexadas perguntas onde os jogadores foram desafiados a responder para evitar a retirada dos blocos, ver Figura 42. A aplicação deste jogo, além de divertida, estimulou a habilidade motora e motivou os alunos a responder questões sobre a temática trabalhada durante a oficina.

Figura 42 - Jogo de perguntas e respostas entre as equipes



Fonte: Arquivo pessoal – 2022

A primeira parte da oficina é detalhada no Quadro 9 com seus objetivos, estratégias metodológicas, recursos, metodologia e avaliação.

Quadro 9 - Planejamento da 1ª etapa da segunda oficina temática

| Oficina 2: Lixo espacial: classificação e consequências (Parte 1) | |
|--|---|
| Objetivos específicos: | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Compreender o conceito, as características e as informações sobre o lixo espacial; ● Fomentar as discussões sobre as questões ambientais, econômicas e sociais decorrentes do acúmulo e circulação do lixo espacial nas órbitas terrestre. | |
| Estratégias metodológicas | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Discussão sobre o que é o lixo espacial e quais consequências pode causar a exploração espacial, a sociedade e ao meio ambiente. ● Exposição participada de slides sobre o tema. ● Retomar a maquete sobre as órbitas terrestres, incluindo nela objetos que simulem o lixo espacial presente nessas órbitas. ● Apresentação da maquete pelos grupos. ● Jogo de perguntas e respostas em equipes | |
| Conteúdo | Carga horária |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Lixo espacial e suas consequências a exploração do espaço, sociedade e ao meio ambiente. ● Órbitas da Terra. | <ul style="list-style-type: none"> ● 4 horas aula |
| Recursos tecnológicos | Recursos materiais |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Computador ● Internet ● Data show (Projetor) | <ul style="list-style-type: none"> ● Sucatas que simulem o lixo espacial. ● Maquete realizada na oficina 1. ● Peças retangulares em madeira ● Caixa de papel contendo perguntas sobre o tema. |
| Instrumentos de avaliação | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Apresentação oral dos grupos ● Conclusão da maquete ● Acertos na dinâmica do jogo em equipe ● Exercícios no caderno de atividades: Atividades 7, 8, 9 e 18. | |

A segunda parte da oficina temática 2 foi iniciada com a produção de gráficos utilizando os dados do relatório anual da Agência Espacial Europeia (ESA) dos anos de 2021 e 2022. Em dupla e utilizando papel milimetrado, os alunos construíram gráficos de linha, barras e circulares, e realizaram a análise desses dados associando aos conteúdos já

trabalhados na primeira parte dessa oficina temática. Os dados utilizados para construção dos gráficos encontram-se no Quadro 10, e as fotos da produção dos gráficos na Figura 43.

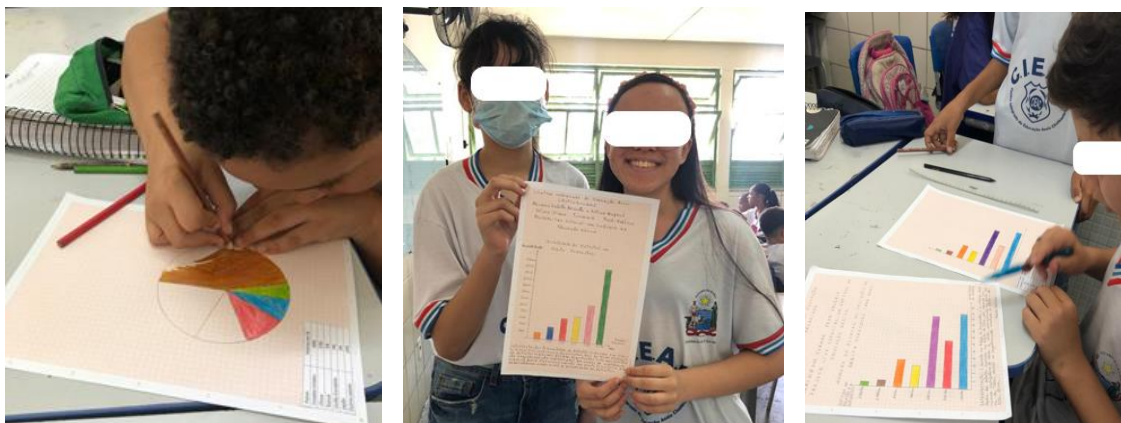
Quadro 10 - Dados para a construção dos gráficos

| Número de colisões previstas no futuro – ESA (2022) | | Quantidade de detritos na órbita terrestre – ESA (2022) | |
|--|-----------------------------------|---|---|
| Ano | Quantidade aproximada de colisões | ANO | Quantidade aproximada de detritos |
| 2025 | 30 | 1970 | 2.000 |
| 2075 | 100 | 1980 | 4.000 |
| 2125 | 350 | 1990 | 7.000 |
| 2175 | 550 | 2000 | 8.000 |
| 2225 | 850 | 2010 | 12.000 |
| | | 2020 | 24.000 |
| Países que dominam a órbita da Terra com satélites operacionais – ESA (2018) | | Número de alerta de colisões na órbita terrestre – ESA (2021) | |
| Países | Valores em % | Altura em relação a superfície (km) | Quantidade aproximada de alerta de colisões |
| Estados Unidos | 49% | 350 | 43 |
| China | 13% | 500 | 25 |
| Rússia | 6% | 550 | 41 |
| União Europeia | 5% | 700 | 11 |
| Japão | 3% | 800 | 14 |
| Outros países | 24% | 1200 | 3 |
| | | 1400 | 2 |

Fonte: ESA's Annual Space Environment Report, Darmstadt, Germany: ESA, 2021, 2022

A oficina seguiu com aula expositiva participada e apresentação de slides com fotos do lixo espacial encontrados na superfície da Terra e no espaço orbital do nosso planeta. Relacionando os dados presentes nos gráficos com o aumento na geração desses detritos, causando maior acúmulo em órbita e conseqüentemente na superfície terrestre. Seguimos com a montagem de cubos em papel que representavam essas imagens, para explorar ainda mais a verbalização dos discentes em relação às conseqüências que esses detritos podem causar, como demonstra a Figura 44.

Figura 43 - Confecção dos gráficos com os dados da ESA 2022



Fonte: Arquivo próprio – 2022

Figura 44 - Montagem dos cubos com imagens sobre o lixo espacial



Fonte: Arquivo próprio – 2022

A oficina temática foi finalizada com o caderno de atividades, e melhor detalhada no Quadro 11, com seus objetivos, recursos, metodologia e avaliação.

Quadro 11 - Planejamento da 2ª etapa da segunda oficina temática

| Oficina 2: Lixo espacial: classificação e consequências (Parte 2) |
|--|
| <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Analisar a evolução da quantidade de lixo espacial circulando nas órbitas terrestres; ● Perceber os possíveis problemas ambientais e/ou sociais gerados quando o lixo espacial atinge a superfície terrestre. |
| Estratégias metodológicas |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Confecção de gráficos em grupos, sobre a evolução da quantidade de lixo espacial durante os anos de exploração do espaço. |

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Aula discursiva participada com slides de fotos sobre resíduos de lixo espacial encontrados na superfície da Terra. ● Apresentação de cubos com imagens sobre as consequências do lixo espacial na superfície terrestre e no espaço. | |
| Conteúdo | Carga horária |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Lixo espacial e suas consequências ao ambiente e a sociedade. ● Evolução da quantidade do lixo espacial durante os anos. | <ul style="list-style-type: none"> ● 4 horas aulas |
| Recursos tecnológicos | Recursos materiais |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Internet ● Computador ● Data show (Projetor) | <ul style="list-style-type: none"> ● Papel milimetrado ● Régua, cola, lápis de cor, hidrocor ● Tabelas com dados quantitativos sobre o lixo espacial ● Cubos de papel |
| Instrumentos de avaliação | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Construção e interpretação dos gráficos ● Apresentação oral dos trabalhos ● Exercícios no caderno de atividades: Atividades 10, 12, 19 e 26. | |

5.3.3 Oficina 3 – Sustentabilidade do Ambiente Espacial

O estudo prévio para essa oficina temática foi uma leitura compartilhada sobre sustentabilidade, para promover o embasamento teórico que os discentes necessitavam para compreender e interagir melhor durante o processo de aplicação da oficina.

A terceira oficina temática foi realizada no dia 20 de outubro de 2022, iniciamos a oficina com uma conversa sobre sustentabilidade e como a indústria aeroespacial se posiciona em relação a essa ação. As reflexões seguiram com uma exposição participada de slides sobre a temática, ver a Figura 45. O Ápice das reflexões ocorreu após a exibição do vídeo que demonstrava o retorno do Estágio 1 do foguete Falcon 9 da SpaceX, a sua base de lançamento na Terra para reutilização em futuros voos. Dessa forma, pode-se visualizar o que estávamos discutindo sobre ações sustentáveis e indústria aeroespacial.

Figura 45 - Exposição participada sobre sustentabilidade



Fonte: Arquivo pessoal - 2022

Em duplas os alunos receberam um texto intitulado: E se os satélites artificiais deixassem de funcionar? Eles tiveram a função de associar a ausência de atitudes mais sustentáveis na órbita terrestre, o congestionamento orbital, e um possível colapso no funcionamento dos satélites artificiais, a intenção era que os alunos constatassem que existe uma situação problema e como deveriam proceder para amenizar e/ou solucionar essa situação. Após a leitura, as duplas produziram um texto sobre a importância da sustentabilidade no ambiente espacial, e comentaram suas conclusões para a turma, como mostra a Figura 46.

Figura 46 - Produção de texto em dupla sobre a importância dos satélites artificiais



Fonte: Arquivo pessoal -2022

A oficina seguiu com a aplicação do caderno de atividades, com questões relacionadas ao que foi trabalhado nessa oficina. O Quadro 12, retrata os detalhes da oficina temática com seus objetivos, recursos, metodologia e avaliação.

Quadro 12 - Planejamento da terceira oficina temática

| Oficina 3: Sustentabilidade do ambiente espacial | |
|--|--|
| <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Refletir como o conceito de sustentabilidade pode ser validado nas próximas ações da exploração espacial; ● Relacionar o acúmulo do lixo espacial a ausência de comprometimento do avanço científico e tecnológico ao longo dos anos da exploração espacial; ● Perceber que a indústria aeroespacial, mesmo de forma pontual, vem desenvolvendo atualmente algumas ações relacionadas a sustentabilidade; ● Compreender a importância dos satélites artificiais para a nossa sociedade atual. | |
| Estratégia metodológica | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Resolução, em duplas, sobre uma possível situação de colapso dos satélites artificiais, anotando causas e prováveis soluções para o problema. ● Vídeo do You Tube, demonstrando o retorno do Estágio 1 do foguete Falcon 9 (SpaceX) a base de lançamento na Terra para reutilização em futuros voos. ● Discussão coletiva sobre sustentabilidade e indústria aeroespacial. ● Apresentação oral das duplas. | |
| Conteúdo | Carga horária |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Lixo espacial ● Sustentabilidade ● Satélites artificiais: uso e importância | <ul style="list-style-type: none"> ● 4 horas aula |
| Recursos tecnológicos | Recursos materiais |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Computador ● Internet ● Data show (Projetor) | <ul style="list-style-type: none"> ● Texto impresso ● Papel ofício ● Papel Cartão |
| Instrumentos de avaliação | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Apresentação oral da situação problema ● Produção de texto em dupla ● Exercícios no caderno de atividade: Atividades 15, 16, 22 e 23. | |

5.3.4 Oficina 4 – Direito Espacial Internacional – Estudo de Caso

A oficina temática 4 foi realizada no dia 27 de outubro de 2022, o estudo prévio para essa oficina foi um texto sobre direito espacial internacional, dada a complexidade desse tema, foi preferível pela docente pesquisadora realizar estudos de casos sobre situações reais, ocorridas tanto entre colisões na órbita terrestre quanto no processo de reentrada do lixo espacial na nossa atmosfera.

Inicialmente foi realizada uma dinâmica sobre: certo ou errado, onde os alunos deveriam julgar ações cotidianas da sociedade, como exemplo, foi levantada a seguinte hipótese: se uma árvore frutífera do vizinho estivesse invadindo sua propriedade, você teria direito a colher as frutas ou não? Os alunos deveriam assumir uma posição e em grupo criar uma defesa para tal posicionamento. Partindo do cotidiano para entender o conteúdo, aproximando a realidade ao conhecimento científico.

Foi necessário esclarecer inicialmente que existem algumas normas e leis que regem o Espaço e o seu uso, alguns slides foram apresentados aos discentes para reforçar a leitura já antes realizada. A oficina seguiu com a aplicação de um rodízio de painéis ilustrativos e informativos entre os grupos criados, ou seja, todos os grupos tiveram acesso a todos os painéis, que continham estudo de casos sobre a temática da oficina, para traçarem possíveis soluções para as várias problemáticas apresentadas, a Figura 47 demonstra os alunos reunidos escrevendo sobre a proposta da atividade.

Figura 47 - Rodízio de painéis informativos e ilustrativos



Fonte: Arquivo pessoal-2022

A oficina seguiu com os grupos, que deveriam escolher um dos painéis informativos e produzir uma história em quadrinho sobre o estudo de caso, com enfoque nas questões sobre o Direito Espacial Internacional, utilizando o texto do estudo prévio e as discussões durante a oficina. A proposta da história em quadrinho era criar uma situação problema com

base no painel escolhido e indicar uma possível solução para a questão proposta, ver a Figura 48.

Figura 48 - Produção de história em quadrinho sobre alguns estudos de casos



Fonte: Arquivo próprio-2022

Finalizamos a quarta oficina temática com a apresentação da história em quadrinho pelos grupos e com a aplicação do caderno de atividades. O Quadro 13, retrata os detalhes da oficina temática com seus objetivos, recursos, metodologia e avaliação.

Quadro 13 - Planejamento da quarta oficina temática

| Oficina 4: Direito Espacial Internacional – Estudo de caso | |
|--|--|
| Objetivos específicos: | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Avaliar situações reais sobre a problemática do lixo espacial ao atingir a superfície terrestre e/ou colidir com outros objetos na órbita da Terra. ● Compreender que existem algumas normas e leis que regem o Espaço e o seu uso. | |
| Estratégias metodológicas | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Dinâmica de grupo: Certo ou Errado (julgar ações cotidianas da sociedade). ● Aula discursiva participada com slides sobre noções básicas de Direito Espacial Internacional; ● Estudo de casos em grupo para traçar possíveis soluções utilizando painéis ilustrativos e informativos. ● Produção de história em quadrinho sobre o lixo espacial, com enfoque nas questões sobre o Direito Espacial Internacional, utilizando o texto do estudo prévio e as discussões durante a oficina. ● Apresentação oral dos grupos. | |
| Conteúdo | Carga horária |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Direito Espacial Internacional | <ul style="list-style-type: none"> ● 3 horas aula |

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Conseqüências dos resíduos espaciais na superfície terrestre e na órbita terrestre. | |
| Recursos tecnológicos | Recursos materiais |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Computador ● Data show ● Internet | <ul style="list-style-type: none"> ● Papel ofício e papel cartão ● Painéis ilustrativos e informativos ● Pilotos e fita adesiva ● Imagens para recorte ● Tesoura, cola, lápis de cor e hidrocor |
| Instrumentos de avaliação | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Apresentação oral dos grupos ● Construção e apresentação das histórias em quadrinho. ● Exercícios do caderno de atividades: Atividades 13, 14, 21 e 28. | |

5.3.5 Oficina 5 – Mitigação do Lixo Espacial

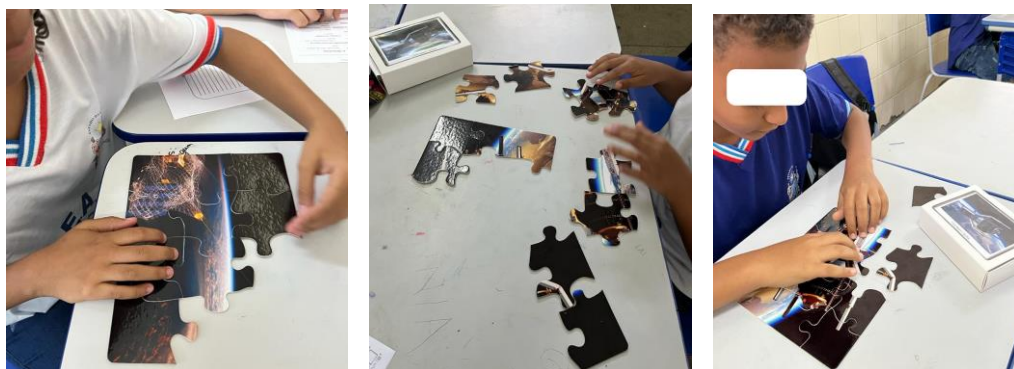
O estudo prévio para essa oficina foi uma pesquisa sobre o que é a mitigação do lixo espacial e quais tecnologias estão sendo desenvolvidas para essa ação. Esse passo é importante pois insere o discente na temática da oficina e favorece as participações durante a exposição do conteúdo. A quinta oficina temática foi realizada no dia 10 de novembro de 2022, com o objetivo de discutir a importância da mitigação do lixo espacial na órbita terrestre e de conhecer algumas tecnologias que estão sendo estudadas para iniciar esse processo.

A oficina foi iniciada com a projeção de slides com fotos e vídeos com simulações de tecnologias de mitigação, isso estimulou o debate e a curiosidade dos discentes, levando-os a reflexão que ações de mitigação são necessárias para manutenção dos avanços aeroespaciais.

Seguimos com a divisão da sala em grupos, que receberam quebra-cabeças com imagens das diversas formas de tecnologias de mitigação. Após montar seu quebra-cabeça, ver Figura 49, cada grupo tinha a função de realizar uma pesquisa, informando: a tecnologia representada por aquela imagem, qual agência espacial e/ou empresa estava responsável pelo desenvolvimento dessa tecnologia e como ela funcionava para retirar o lixo espacial da órbita terrestre. Nesse momento foi disponibilizado um computador na sala de aula para os alunos realizarem as pesquisas.

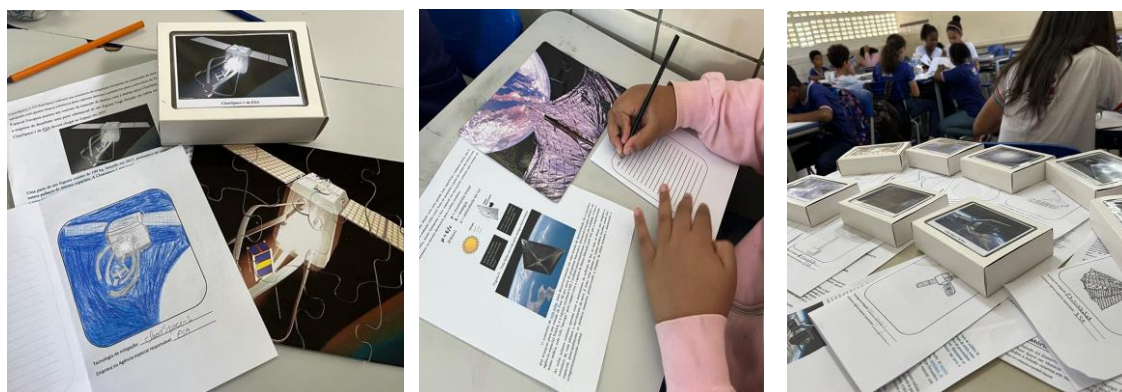
Após conclusão das pesquisas, cada grupo recebeu uma folha de papel personalizada, para escrever sobre o que pesquisou e fazer um desenho desse tipo de tecnologia para mitigação do lixo espacial. Esse material foi unificado para formar uma cartilha sobre as diversas tecnologias de mitigação que estão sendo estudadas e desenvolvidas pelas agências espaciais, como podemos visualizar na Figura 50.

Figura 49 - Montagem dos quebra-cabeças sobre as tecnologias de mitigação espacial



Fonte: Arquivo pessoal - 2022

Figura 50 - Confeção da cartilha sobre mitigação do lixo espacial



Fonte: Arquivo pessoal – 2022

A oficina seguiu com o uso do caderno de atividades, finalizando essa etapa da pesquisa, ver a Figura 51. O Quadro 14, retrata os detalhes da oficina temática com seus objetivos, recursos, metodologia e avaliação.

Figura 51 - Conclusão do caderno de atividades



Fonte: Arquivo pessoal – 2022

Quadro 14 - Planejamento da quinta oficina temática

| Oficina 5: Mitigação do lixo espacial | |
|--|--|
| <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Discutir sobre possíveis formas de amenizar a situação do acúmulo de lixo espacial; ● Conhecer algumas tecnologias que estão sendo estudadas para mitigação do lixo espacial; ● Reconhecer que ações de mitigação são necessárias para manutenção dos avanços aeroespaciais. | |
| Estratégias metodológicas | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Apresentação de slides com fotos, vídeos e simulações de tecnologias de mitigação. ● Debate sobre o tema. ● Montagem de quebra-cabeças sobre as diferentes tecnologias (protótipos) que estão sendo desenvolvidos pelas agências espaciais. ● Divisão em grupos para confecção de uma cartilha sobre as tecnologias de mitigação que estão sendo pesquisadas. | |
| Conteúdo | Carga horária |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Mitigação do lixo espacial | <ul style="list-style-type: none"> ● 4 horas aula |
| Recursos tecnológicos | Recursos materiais |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Internet ● Computador ● Data show (projektor) ● Impressora | <ul style="list-style-type: none"> ● Papel ofício ● Quebra-cabeças dos diversos protótipos tecnológicos para mitigação ● Lápis de cor e canetas coloridas |

| Instrumentos de avaliação |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Participação no debate sobre a mitigação do lixo espacial ● Construção da cartilha ● Exercícios no caderno de atividades: Atividades 24, 25, 27, 29 e 30 |

5.4 Produção dos Lapbooks

Lapbook é um recurso ou uma ferramenta pedagógica que promove criatividade, originalidade e autonomia para trabalhar diversos temas. No ambiente escolar, a proposta em trabalhar com lapbook é estimular os discentes a compreenderem o conteúdo de uma maneira diferenciada, onde os alunos possam explorar a temática de forma mais interativa e significativa.

A palavra lapbook deriva da língua inglesa, e em qualquer dicionário de inglês “lap” refere-se a “colo”, e “book” indica livro. Então a tradução de forma geral, seria: livro de colo. É um tipo de livro de assunto único criado pelos alunos, geralmente como um complemento de um currículo. Um lapbook geralmente consiste em uma pasta, fichário ou folha de cartolina, com pequenos pedaços de papel dobrado, recortes, desenhos, gráficos, minilivros e dobraduras feitas com papéis coloridos colados dentro. Podem ser usados desde a educação infantil até o ensino superior, e constituem-se num excelente recurso didático para reforçar o conteúdo ou temática trabalhada em sala de aula.

Nessa pesquisa após a conclusão das cinco oficinas temáticas, foi solicitado aos alunos a construção de lapbooks em equipes. Cada classe foi dividida em grupos e cada um desses grupos se responsabilizou por uma das temáticas das oficinas, ou seja, cada lapbook retratava uma oficina temática. No total tivemos a produção de 5 lapbooks por turma.

Os grupos foram orientados individualmente, e a construção de cada lapbook durou em média 2 a 3 horas aulas. A cada semana um grupo era convidado para montar o trabalho, os discentes adotaram um tamanho padrão para o lapbook, e utilizaram o computador e a impressora para produção escrita que seria incluída no trabalho. Diversos tipos de materiais também foram utilizados, tais como: papel ofício colorido e branco, envelopes, adesivos, tecido, fotos, desenhos, dobraduras, papercraft, cordão, botões, entre outros, como mostra a Figura 52.

Figura 52 - Construção dos lapbooks pelos grupos



Fonte: Arquivo próprio - 2022

Ao final da produção dos lapbooks, os grupos apresentaram para a classe o que foi elaborado e o conteúdo do seu trabalho, ver Figura 53, reforçando e suplementando o que foi aprendido sobre determinado conteúdo durante as oficinas temáticas. Associando teoria e prática e aproximando os saberes científicos à Educação Básica.

Figura 53 - Apresentação dos lapbooks pelas equipes



Fonte: Arquivo próprio – 2022

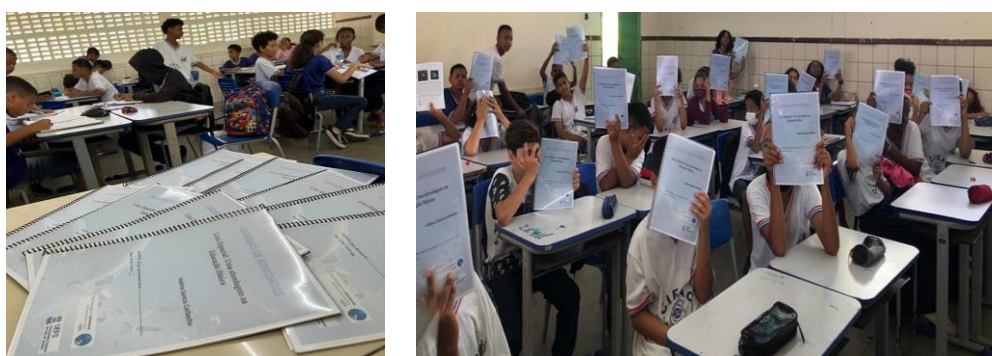
5.5 Produtos Educacionais

O conteúdo sobre temas de Astronomia desperta bastante interesse nos jovens e nas crianças, o que ajuda a justificar ainda mais o seu enfoque durante a Educação Básica. A relevância do tema desta pesquisa, a busca pela inserção da interdisciplinaridade entre Geografia e Astronomia, e a tentativa de suprir a escassez da abordagem dessa temática na Educação Básica, são as principais razões para propormos estes produtos educacionais.

5.5.1 Caderno de Atividades

Este caderno, intitulado *Lixo Espacial: Uma Abordagem na Educação Básica*, possui 30 atividades direcionadas a temática do Lixo Espacial, distribuídas entre: passatempos, leituras, produção textual e atividades diversificadas, tais como, produção de história em quadrinho e interpretação de gráficos, infográficos e charges. Estas atividades que o compõem visam desenvolver a aprendizagem e o pensamento crítico promovendo a construção de saberes. Embora tenha sido elaborado para um público-alvo específico, alunos do 6º ano do Ensino Fundamental, o material pode ser adaptado a outros níveis de ensino, observando as suas particularidades, necessidades e interesses.

Figura 54 - Produto educacional: caderno de atividades



Fonte: arquivo pessoal -2022

Nesta pesquisa o caderno de atividades foi aplicado ao final de todas as oficinas temáticas, como um recurso avaliativo do processo de aprendizagem, ver as Figura 54 e 55. A execução das atividades deste caderno visou estabelecer aproximações entre o universo acadêmico e a realidade escolar no intuito de possibilitar o diálogo entre a pesquisa e o ensino.

Figura 55 - Aplicação do caderno de atividades



Fonte: Arquivo pessoal - 2022

Estas atividades que o compõem desenvolvem a aprendizagem e o pensamento crítico promovendo a construção de saberes. Cabe ressaltar a relevância desse material que apontam caminhos, rotas possíveis para um trabalho interdisciplinar em sala de aula, entre a Geografia e a Astronomia.

5.5.2 E-book: Guia das Oficinas Temáticas

Os e-books são uma das formas de geração de conteúdo mais eficazes atualmente, simplesmente pelo fato de que grande parcela da nossa sociedade vive conectada, online. Dessa forma, por ser um livro confeccionado de forma digital e com o propósito de circular em meios digitais, a área de abrangência desse recurso pode ter uma elevada amplitude.

Este e-book intitulado *Uma Abordagem sobre o Lixo Espacial na Educação Básica: Suporte para a Formação de Professores*, foi produzido para auxiliar os professores que se interessem em aplicar a temática de estudo desta pesquisa na sua docência. O e-book descreve de forma detalhada a aplicação de todas as cinco oficinas temáticas realizadas nessa pesquisa, informando também os objetivos, as estratégias metodológicas, os recursos utilizados, os kits didáticos realizados, e os métodos de avaliação de cada uma das oficinas temáticas.

O ideal para se obter um melhor desempenho na aplicação desse material é fazer uso também do caderno de atividades, outro produto educacional desta pesquisa. Associando estes dois recursos o docente provavelmente terá uma aplicabilidade do trabalho de forma mais integral e completa. Cabe ressaltar, que o e-book é um material de consulta e suporte para desenvolver a presente proposta de trabalho, porém cabe ao professor fazer as adequações necessárias para atender as necessidades e particularidades do público alvo que deseja atingir.

5.6 Oficinas realizadas no OAA/MACT

O processo educacional também pode ser construído em espaços não-formais, que são ambientes onde ocorrem atividades diversificadas e interativas, realizadas frequentemente com a participação de visitantes, como por exemplo os museus. Os museus e centros de pesquisas são espaços importantes para divulgação da Ciência e podem contribuir como facilitadores ao ensino formal, pois são locais com muita diversidade de informações, que estimulam a curiosidade dos visitantes, e enriquecem o ensino

normalmente mais teórico ofertado pelas escolas, pois nestes espaços não formais de educação as atividades costumam associar ensino e interação prática.

Como parte integrante da 21ª Semana Nacional de Museus, com tema central: Museus, Sustentabilidade e Bem-Estar, apresentamos duas oficinas no OAA/MACT, nos dias 17 e 20 de maio de 2023, com a temática: *Satélites artificiais, lixo espacial e sustentabilidade*. Com o intuito de divulgar as questões sobre o lixo espacial para um público mais diversificado, as oficinas tiveram como objetivo geral a análise sobre o lixo espacial e as consequências que pode causar a sustentabilidade orbital terrestre.

As oficinas tiveram 60 participantes, com um público bastante diversificado, alunos do Ensino Médio, alunos do Ensino Fundamental II, professores, pais e comunidade em geral. Iniciamos as oficinas com os sites - Google Earth e o Apolo 11, demonstrando a importância dos satélites artificiais para nossa sociedade atual, seguimos com alguns slides e vídeos sobre o conceito e informações acerca do lixo espacial, e as considerações sobre as questões ambientais, econômicas e sociais que o acúmulo desse lixo espacial pode causar, encerramos esse primeiro momento com uma reflexão sobre a importância da sustentabilidade da Terra.

No segundo momento os participantes foram para a parte prática: montagem de maquete, construção de satélite artificial em papercraft, colagem de sucatas simulando o lixo espacial na maquete, montagem de quebra-cabeça sobre técnicas de mitigação e atividades de caça palavras e cruzadinha sobre o tema. A Figura 56 mostra algumas dessas atividades.

Figura 56 - Atividades realizadas no Observatório Antares



Fonte: Arquivo pessoal 2023

CAPÍTULO 6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste Capítulo será apresentado os resultados do processo de intervenção educacional, incluindo as atividades de pré e pós teste, as oficinas temáticas, a produção dos lapbooks e o uso e aplicação dos produtos educacionais – o caderno de atividades e o e-book. É importante ressaltar que estas análises foram abordadas sob uma perspectiva quanti-qualitativa, com ênfase a uma aprendizagem significativa, que valoriza o conhecimento dos discentes direcionando a novas descobertas e novos patamares cognitivos.

6.1 Pré e pós – testes

No intuito de avaliar o desenvolvimento dos discentes sobre a temática de estudo proposta nesta pesquisa, foi aplicado um pré e um pós teste, abrangendo não somente questões objetivas, como também a escrita sobre a temática central deste estudo. O Quadro 15 descreve os objetivos, os conteúdos relacionados e a quantidade de alunos participantes dessas atividades.

Quadro 15 - Descrição do planejamento do pré e pós testes

| Planejamento para as atividades de pré e pós-testes |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Investigar o conhecimento dos alunos sobre conceitos básicos de Astronomia, e principalmente sobre a problemática do Lixo Espacial nas órbitas terrestres; ✓ Planejar as estratégias metodológicas a partir do conhecimento prévio dos alunos para organização das oficinas temáticas; ✓ Verificar o aprendizado em relação às temáticas trabalhadas durante as oficinas pedagógicas; ✓ Estabelecer uma comparação quantitativa entre o pré e o pós teste; ✓ Perceber a evolução da aprendizagem alcançada pelos discentes. |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Público-alvo: 6º ano do Ensino Fundamental II |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Número total de alunos participantes: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pré-teste: 77 alunos (5 ausências registradas) ✓ Pós-teste: 74 alunos (8 ausências registradas) |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Conteúdos relacionados: Órbitas terrestres, Lixo espacial, Satélites artificiais, força gravitacional e técnicas de mitigação do lixo espacial. |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Recurso: impressão em papel ofício. |

A atividade de pré-teste tem a função de realizar o levantamento prévio dos alunos sobre o conteúdo, foi realizada no dia 16 de maio de 2022, com um total de 77 alunos presentes, durante uma hora/aula (50 minutos). A lista é composta de 25 questões objetivas,

com conteúdo que engloba noções básicas de Astronomia, órbitas terrestres, lixo espacial, técnicas de mitigação, noções de direito espacial, dinâmica de satélites artificiais e força de gravidade terrestre.

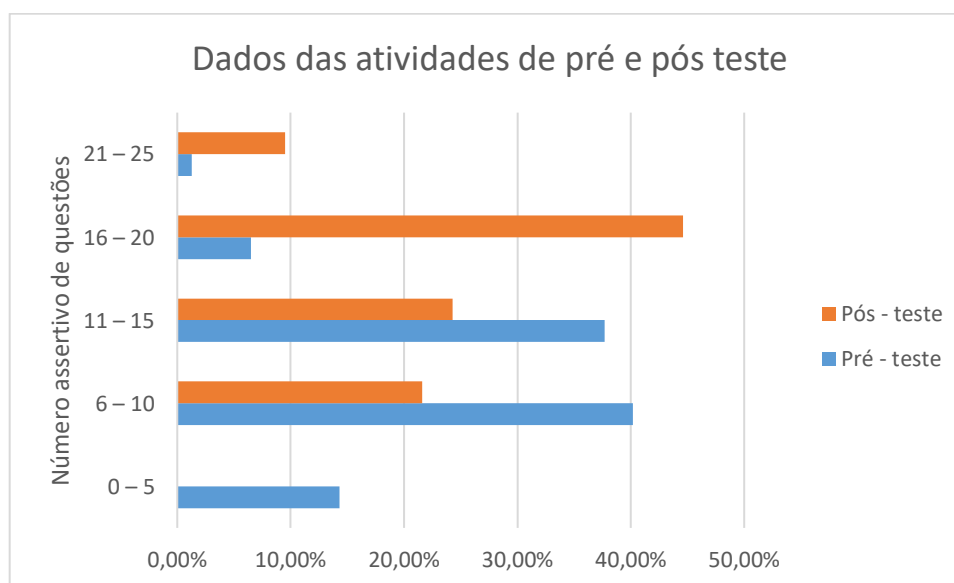
A atividade de pós teste, foi realizada no dia 23 de novembro de 2022, com um total de 74 alunos presentes, durante uma hora/aula. A lista de atividades foi idêntica à do pré-teste, e o principal objetivo era analisar a evolução, ou não, do conhecimento adquirido pelos discentes após a conclusão da pesquisa. A Tabela 2 e a Figura 57 resumem os dados obtidos com a aplicação da lista de atividades, relacionando o pré e o pós teste.

Tabela 2 – Dados obtidos pelas atividades de pré e pós teste

| Número assertivo de questões | Pré - teste | | Pós - teste | |
|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Quantidade de alunos | Valor em porcentagem | Quantidade de alunos | Valor em porcentagem |
| 0 – 5 | 11 | 14,3% | 0 | 0,0% |
| 6 – 10 | 31 | 40,2% | 16 | 21,6% |
| 11 – 15 | 29 | 37,7% | 18 | 24,3% |
| 16 – 20 | 5 | 6,5% | 33 | 44,6% |
| 21 – 25 | 1 | 1,3% | 7 | 9,5% |

Fonte: Autoria própria – 2023

Figura 57 - Gráfico sobre os dados das atividades de pré e pós testes



Fonte: Autoria própria – 2023

A interpretação dos dados demonstra que houve um aumento significativo na quantidade de questões assertivas pelos alunos. Observando a Tabela 2, na atividade de pré-teste a maior quantidade de alunos (40,2%) conseguiram acertar entre 6 a 10 questões apenas.

Comparando com a atividade pós-teste, a maioria dos discentes (44,6%) conseguiram acertar entre 16 a 20 questões. A análise quantitativa revela a evolução no aprendizado dos discentes em relação aos conteúdos trabalhados.

Ainda analisando a Tabela 2 e a Figura 57, podemos extrair que o percentual de alunos que acertaram até 10 questões no pré-teste foi de 54,5%, ou seja mais da metade dos alunos. Já no pós-teste, essa mesma faixa de alunos que acertaram até 10 questões, diminuiu para 21,6%. Ainda assim, consideramos que esse valor é alto. Neste caso, podemos atribuir algumas questões que podem ter levado a esse resultado, como por exemplo, a falta de interesse do estudante sobre a temática, a não participação em algumas atividades, ou até mesmo por questões pessoais e familiares. Em contrapartida, a análise do percentual dos discentes que acertaram entre 16 a 25 questões elevou-se de 7,8% (pré-teste) para 54,1% (pós-teste). A utilização dos questionários como ferramenta avaliativa evidenciou uma significativa evolução no processo de aprendizagem dos discentes, quando comparado os dois momentos.

Partindo para um contexto de análise quanti-qualitativa, que segundo Flick (2004 apud KERBAUY e SOUZA, 2017, p 39) “a convergência dos métodos quantitativos e qualitativos proporcionam mais credibilidade e legitimidade aos resultados encontrados, evitando o reducionismo à apenas uma opção”. Foi solicitado aos discentes que escrevessem de forma breve, o que entendiam sobre o lixo espacial. Essa solicitação foi realizada tanto no período do pré-teste, quanto no período do pós-teste, ou seja, antes e depois do processo de intervenção e aplicação do projeto.

No momento inicial (pré-teste), realizado com 77 alunos, quase a totalidade deles escreveram que nunca ouviram falar sobre tal temática, apenas 5 alunos se referiram de forma mais assertiva, como demonstrado no Quadro 16.

Quadro 16 - Conceito dos discentes sobre o lixo espacial antes da realização da intervenção educacional

| Alunos | Registro escrito |
|---------|---|
| A3 e N1 | “É o lixo que está em volta da Terra” |
| D2 | “São os satélites que estão sem uso” |
| M1 | “É aquilo que não serve mais para nada, e que fica em volta da Terra” |
| C3 | “Tudo que é lixo que tá no espaço” |

Fonte: Autoria própria 2022

Ao final da intervenção e aplicação do projeto (pós-teste), foi solicitado aos discentes que escrevessem novamente o que entendiam sobre o lixo espacial, no total de 74 alunos, apenas 6 deles não conseguiram estabelecer um conceito coerente, principalmente por que eram alunos faltosos e participaram de forma infrequente às oficinas temáticas. Em percentual temos um total de aproximadamente 91,9% dos alunos que entenderam o conceito sobre o lixo espacial. Algumas das respostas escritas pelos alunos estão no Quadro 17.

Quadro 17 - Conceito dos discentes sobre o lixo espacial após finalização da intervenção educacional

| Alunos | Registro escrito |
|--------|---|
| F1 | “Restos de satélites e foguetes na órbita da Terra, e podem causar colisões. E se a quantidade de lixo espacial continuar crescendo os GPS podem parar de funcionar.” |
| S3 | “Foguetes, satélites que estão fora de funcionamento e fragmentos deles que podem colidir com outros satélites em funcionamento causando ainda mais lixo na órbita.” |
| R4 | “Satélites e partes quebradas deles que ficam em órbita da Terra” |
| J2 | “ O lixo espacial é tudo aquilo feito pelo homem que está no espaço e não tem mais utilidade. ” |
| A3 | “É o resto de satélites que não tem mais utilidade e nem função. E podem fazer um congestionamento na órbita da Terra e atrapalhar as missões espaciais.” |

Fonte: Autoria própria 2022

Após correção das referidas atividades foi realizada uma análise quanti-qualitativa para interpretação dos dados, é nítido perceber nas respostas dadas pelos discentes que o processo de aprendizagem significativa foi construído com êxito. Várias foram as discussões, apresentações e debates que enriqueceram e dinamizaram a construção do conhecimento, o aprofundamento e a contextualização nas respostas escritas pelos alunos, bem como o aumento significativo das respostas assertivas na atividade objetiva (pré e pós-testes), nos levam a esta conclusão.

6.2 Oficinas Temáticas

O desenvolvimento das oficinas temáticas, com os alunos do 6º ano do CIEAC, foi ao mesmo tempo desafiador e instigante. Dedicção, paciência e empatia são atributos indispensáveis para trabalhar com o 6º ano, é uma série escolar onde a curiosidade é intensa, o que reflete positivamente no desenvolvimento desta pesquisa; mas, por outro lado, ainda não possuem relativamente um amadurecimento cognitivo para entender e interpretar alguns conteúdos.

Por esta razão, a escolha pelas oficinas temáticas, para estimular a participação dos estudantes no momento das atividades, o aprendizado por meio da ação, tornando o aluno como protagonista do processo de ensino aprendizagem. O ato de colocar a “mão na massa” como prática essencial para auxiliar o entendimento, e proporcionar o engajamento dos discentes a uma aprendizagem mais dinâmica sobre o conhecimento proposto.

Durante a execução das oficinas, alguns fatores dificultaram um pouco o desenvolvimento das mesmas, tais como: o tempo para executá-las, recepção ruim do sinal da internet na sala de aula e o prolongamento da parte teórica (slides). O tempo médio estimado para desenvolver cada uma das oficinas foi de aproximadamente 3 horas/aula, mas nem sempre esse tempo era suficiente para finalizar o processo. Algumas oficinas tiveram que ser fragmentadas, onde normalmente a parte prática e o caderno de atividades eram realizados na próxima aula da turma. Vale ressaltar que a participação dos alunos durante a parte teórica das oficinas era significativa, aumentando a interação sobre a temática, mas por outro lado, o tempo para desenvolver as outras etapas da oficina se tornava escasso. Esse processo foi se ajustando ao longo da intervenção pedagógica, com a mediação da professora orientadora. Como também a questão da internet, onde era feito o roteamento para uma rede móvel mais próxima da sala de aula.

Ao final de cada oficina temática era feita uma avaliação oral na turma sobre como foi a aplicação, se os conteúdos foram entendidos, e se os recursos estavam adequados para facilitar a aprendizagem. Alguns alunos se posicionavam e o retorno, de forma geral, sempre foi positivo. A avaliação escrita só ocorreu após aplicação de todas as oficinas, por que assim os discentes teriam parâmetros para compará-las, e já teriam noção de todo o processo. A Figura 58 representa a folha de avaliação do projeto, e encontra-se no Apêndice 4.

Figura 58 - Folha de avaliação do projeto

Avaliação do projeto: Lixo espacial e os possíveis riscos a exploração do espaço e ao ambiente terrestre: um enfoque na educação básica

Preencha o quadro com o valor correspondente a sua opinião, utilizando a seguinte escala: 1 (ruim), 2 (regular), 3 (bom) e 4 (excelente)






| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| As oficinas corresponderam as suas expectativas? | | | | |
| Qualidade dos materiais utilizados | | | | |
| Clareza da linguagem utilizada nas oficinas | | | | |
| Oportunidade para reflexão sobre os temas | | | | |
| Aplicação da oficina 1: Gravidade, satélites e órbitas da Terra | | | | |
| Aplicação da oficina 2: Lixo espacial e suas consequências | | | | |
| Aplicação da oficina 3: Sustentabilidade no ambiente espacial | | | | |
| Aplicação da oficina 4: Direito Espacial Internacional | | | | |
| Aplicação da oficina 5: Mitigação do lixo espacial | | | | |
| Caderno de atividades | | | | |

Responda com suas palavras:

| | |
|---|--|
| O que é o Lixo Espacial? | |
| O que o Lixo Espacial que se encontra na órbita da Terra pode causar? | |
| Comente como os avanços na exploração do espaço podem ser comprometidos pelo Lixo espacial. | |
| O que o Lixo Espacial pode causar ao cair na superfície da Terra? | |
| Cite uma atitude que as Agências espaciais devem realizar para diminuir o problema do lixo espacial na órbita da Terra e na superfície terrestre. | |

| | |
|--|--|
| Por que é importante praticar a Sustentabilidade na órbita terrestre? | |
| De quem é a responsabilidade em recolher o lixo espacial na órbita da Terra? | |
| O que é a Mitigação do Lixo espacial e por que ela é importante? | |

Para finalizar comente como foi a experiência vivida em cada uma das oficinas temáticas:

| | |
|--|--|
|  | |
|  | |
|  | |
|  | |
|  | |

Alunos: _____ Turma: _____

Fonte: Autoria própria – 2022

Essa avaliação escrita engloba não só as oficinas, como também a avaliação do produto educacional – caderno de atividades. A aplicação da folha de avaliação teve a duração de uma hora aula e estavam presentes 72 alunos, que tiveram que pontuar as ações do projeto, tendo a seguinte escala: 1 ruim, 2 regular, 3 bom e 4 excelente. Além disso, os discentes tiveram que escrever como foi a experiência vivenciada em cada uma das oficinas, e responder algumas questões pertinentes sobre a temática de cada oficina realizada.

Para iniciar a análise desses dados, iremos reproduzir a Tabela presente na folha de avaliação, Figura 58, com os resultados obtidos pelas respostas dos discentes, os valores estão em percentual. Prosseguindo a discussão, será descrito separadamente os resultados de cada oficina, bem como a análise das respostas referentes as temáticas de cada uma delas.

Tabela 3 – Resultado da avaliação do projeto.

Avaliação do projeto: Lixo espacial e os possíveis riscos a exploração do espaço e ao ambiente terrestre: um enfoque na Educação Básica

| Preencha o quadro com o valor correspondente à sua opinião, utilizando a seguinte escala: 1 (ruim), 2 (regular), 3 (bom) e 4 (excelente) | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|------|-------|-------|-------|
| As oficinas corresponderam às suas expectativas? | 2,7% | 5,5% | 33,3% | 58,5% |
| Qualidade dos materiais utilizados | ---- | 13,8% | 38,8% | 47,4% |
| Clareza da linguagem utilizada nas oficinas | ---- | 29% | 42% | 29% |
| Oportunidade para reflexão sobre os temas | 2,7% | 15,3% | 54% | 28% |
| Oficina 1: Gravidade, satélites e órbitas da Terra | ---- | 5,5% | 20,8% | 73,7% |
| Oficina 2: Lixo espacial e suas consequências | ---- | 13,8% | 25% | 61,2% |
| Oficina 3: Sustentabilidade no ambiente espacial | ---- | 16,6% | 16,6% | 66,8% |
| Oficina 4: Direito Espacial Internacional | ---- | 16,6% | 38,8% | 44,6% |
| Oficina 5: Mitigação do lixo espacial | 2,7% | 13,8% | 16,6% | 66,8% |
| Caderno de atividades | ---- | 2,7% | 33,3% | 64% |

Fonte: Autoria própria - 2023

Os quatro primeiros tópicos da Tabela 3, se referem de forma geral à aplicação das cinco oficinas temáticas. Com relação a correspondência das expectativas que os discentes tinham sobre as oficinas, 91,8% assinalaram boa e excelente, e 8,2% disseram que as oficinas atenderam às suas expectativas de forma regular e ruim. O planejamento para realização das oficinas foi feito para estimular o aprendizado e valorizar o aluno como sujeito desse processo de ensino e aprendizagem. A análise desses dados nos leva a entender que o objetivo foi alcançado com sucesso.

Quanto a qualidade dos materiais utilizados 86,2% indicam ter sido bom e excelente. Os recursos utilizados na aplicação das oficinas foram diversificados, dinâmicos e dependia da criatividade do próprio estudante, fazendo-o produzir e dinamizar seu aprendizado, a exemplo temos: história em quadrinho, produção textual, cartilha compartilhada, construção da maquete e dos satélites em papercraft, como também dos lapbooks.

O tópico – clareza da linguagem utilizada nas oficinas – obteve 71% de respostas boa e excelente, e 29% de respostas regular. O uso de muitos termos relacionados a Astronomia foram introduzidos pela primeira vez no cotidiano escolar dos discentes, tais como: microgravidade, estação espacial internacional, síndrome de Kessler, arrasto atmosférico, órbita, lixo espacial, mitigação e outros. Esses conceitos foram trabalhados com

o material do estudo prévio, e durante as oficinas nas partes teóricas e práticas, e no caderno de atividades, ou seja, os conceitos foram trabalhados antes, durante e depois da realização de cada uma das oficinas temáticas, justamente para tentar suprir essa carência conceitual.

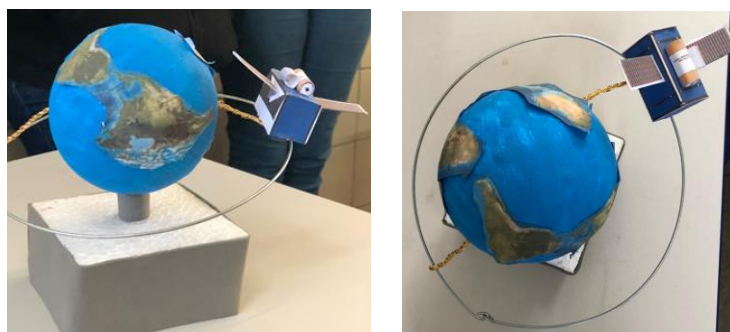
No último tópico geral da Tabela 3, tivemos 82% dos estudantes que indicaram que as oficinas oportunizaram uma reflexão boa e excelente sobre os temas. Em todos os momentos de aplicação das oficinas temáticas, os alunos eram estimulados a participar, não faltaram perguntas, reflexões, dúvidas, debates, que enriqueciam a interação entre o conteúdo e o aprendizado. Mas atingir a totalidade é algo muito complicado, pois envolve um universo de pessoas bastante diverso, e mesmo oportunizando diversos meios e recursos didáticos para o aprendizado, nem sempre ele ocorre no mesmo nível e na mesma intensidade para os envolvidos.

- **Oficina 1: Gravidade, Satélites Artificiais e Órbitas da Terra**

Com base nos dados da Tabela 3 essa oficina temática registrou 94,5% de boa e excelente aplicabilidade. Foi desafiante realizá-la, inicialmente por ser a primeira, e também pela expectativa em como os alunos iriam reagir. Porém, a realização da oficina foi satisfatória, foram utilizados slides e vídeos para articular os conceitos relacionados à gravidade e as definições das diversas órbitas terrestres. Os alunos interagiram através de questionamentos, muitos deles possuem interesses por temas relacionados a Astronomia, facilitando assim a participação.

Durante a parte prática, os grupos escolheram através do Aplicativo *Merge Object Viewer*, o tipo de órbita que iriam representar em sua maquete, bem como o satélite que iriam montar. A maquete construída pelos grupos foi a representação da Terra em bola de isopor, em seu entorno anexaram uma órbita e nessa órbita incluíram o satélite artificial em papercraft, como demonstra a Figura 59.

Figura 59 - Maquete construída pelos discentes em grupo



Fonte: Arquivo pessoal - 2022

Os grupos prepararam a apresentação, dividiram as tarefas e organizaram a maquete. Foi nítido o empenho dos discentes, eles literalmente colocaram a “mão na massa”, as intervenções necessárias foram realizadas pela professora orientadora. Todos os grupos finalizam suas tarefas, apenas um grupo não conseguiu montar o papercraft do satélite, mas foi auxiliado por componentes de outro grupo. Segue algumas falas dos alunos em relação à oficina, no Quadro 18.

Quadro 18 - Comentários sobre a realização da oficina temática 1

| Aluno | Registro escrito |
|-------|--|
| K1 | “A oficina foi muito boa por que aprendemos muitas coisas sobre o espaço próximo da Terra, como gravidade e como os satélites são lançados no espaço.” |
| L4 | “Foi uma experiência muito top para a gente, ver as órbitas da Terra e fazer o projeto em grupo.” |
| J5 | “Essa atividade foi muito interessante, pois através dessa atividade podemos ter um reconhecimento maior e melhor sobre as órbitas da Terra e seus satélites.” |
| G3 | “Foi um pouco difícil fazer e colocar a órbita na maquete, mas tivemos uma maior participação do grupo, e também sentimos vergonha e nervosismo na apresentação da maquete.” |
| D3 | “Essa com certeza foi a oficina mais trabalhosa do projeto, foi difícil e divertida, aprendemos que existem vários tipos de satélites que estão em várias órbitas da Terra.” |

Fonte: Autoria própria - 2022

Sabemos que o excesso de informações que essa oficina trouxe para as turmas provocou uma certa instabilidade, mas a escolha dos recursos e da estratégia a ser utilizada suavizou o processo. Os conteúdos foram abordados de maneira contextualizada, possibilitando a interação entre o conhecimento científico e o que os discentes vivenciam, permitindo a formação de uma aprendizagem significativa. Os grupos concluíram a oficina com o caderno de atividades, reforçando o que foi compartilhado e aprendido durante a sua execução.

Para Marcondes et al. (2007), as oficinas temáticas são necessárias para a inter-relação da ciência com a realidade do aluno, facilitando assim o processo de ensino-aprendizagem. Deve-se abordar dados, informações e conceitos para que os alunos possam conhecer a realidade, avaliar situações e soluções e propor formas de intervenção na sociedade.

- **Oficina 2: Lixo Espacial: Classificação e Consequências**

De acordo com a Tabela 3, a realização dessa oficina temática obteve 86,2% de aplicabilidade boa e excelente, um índice quantitativo elevado de aceitação. Vale ressaltar que essa oficina foi dividida em 2 etapas. A primeira etapa foi iniciada com a discussão coletiva sobre o lixo espacial, conceito e características, os alunos possuíam a leitura de um texto informativo sobre o tema (estudo prévio), o que facilitou uma interação favorável, que se seguiu durante toda a parte teórica da oficina. A parte prática ocorreu com a colagem de sucatas na órbita em torno da Terra projetada na maquete, construída na oficina 1, para simular o lixo espacial que se encontra em torno do nosso planeta. A utilização de recursos e instrumentos experimentais, que foram construídos e realizados pelos alunos, despertam a curiosidade e o interesse pelos fenômenos científicos.

A parte prática da oficina temática continuou com o jogo denominado de Jenga, onde em grupos os estudantes teriam que unir o equilíbrio das peças do jogo com as informações que deveriam ser respondidas sobre o tema da oficina. Nesse tipo de atividade, os alunos se envolvem bastante aumentando a disputa entre os grupos. Foi importante perceber a interação dentro de cada grupo: a discussão sobre a pergunta, o respeito ao ouvir a fala do colega, a postura em agir com honestidade, a preocupação em responder corretamente, e a ajuda para retirar as peças do jogo, caso não acertassem a resposta. Foi de suma relevância esse momento, pode-se perceber o que foi conquistado em termos de aprendizado e o que ainda falta ser consolidado, para realizar nova intervenção.

Na folha de avaliação do projeto, ver Figura 58, foi solicitado aos discentes que escrevessem sobre as seguintes questões: O que é o lixo espacial? O que o lixo espacial que se encontra na órbita da Terra pode causar? Como os avanços na exploração do espaço podem ser comprometidos pelo lixo espacial? Foram selecionadas algumas respostas que compõem o Quadro 19.

É notável perceber que ocorreu uma construção de conhecimento, mesmo utilizando uma linguagem simples e muitas vezes informal, os discentes conseguiram sistematizar o conceito sobre o lixo espacial e manter uma associação de causa e efeito, que esses objetos podem causar em órbita terrestre.

Quadro 19 - Comentários referentes a oficina 2

| Alunos | Registro escrito |
|--------|---|
| MV | “ Tudo aquilo feito pelo homem que está no espaço e não tem mais utilidade é o lixo espacial. Ele pode criar problemas de congestionamento na órbita da Terra ” |
| A3 | “É o resto de satélites que não tem mais utilidade e nem função. E podem fazer um congestionamento na órbita da Terra e atrapalhar as missões espaciais.” |
| F4 | “Restos de satélites e foguetes na órbita da Terra, e podem causar colisões e atrapalhar a exploração do espaço, no futuro.” |
| S3 | “Foguetes, satélites que estão fora de funcionamento e fragmentos deles que pode colidir com outros satélites em funcionamento causando ainda mais lixo na órbita.” |
| AC2 | “Restos e partes de satélites que não servem mais para nada, em órbita da Terra, e podem gerar problemas aos outros satélites que prestam ainda.” |
| JP | “Quando tem muito lixo na órbita é difícil achar um lugar para colocar os satélites, pois tá congestionada e pode colidir.” |

Fonte: Autoria própria - 2022

No último momento, além do caderno de atividades, ocorreu um pequeno debate com os alunos para analisar se a oficina tinha contribuído para a associação dos conceitos científicos e construção do conhecimento, o que foi válido e trouxe positividade nas falas dos discentes.

A segunda parte dessa oficina temática iniciou-se com a retomada dos conteúdos, para reativar os conhecimentos já trabalhados, e também subsidiar as atividades que foram desenvolvidas nessa parte da oficina. Em duplas, os discentes receberam tabelas com dados retirados do relatório anual da ESA (2022), para confeccionar gráficos de barras, linhas e circulares, utilizando o papel milimetrado, enfatizando aqui a interdisciplinaridade da Astronomia com outras disciplinas, neste caso com a Matemática. Além de desenhar o gráfico, a dupla deveria interpretá-lo e escrever suas conclusões.

A dificuldade maior nessa atividade foi a construção do plano cartesiano dos gráficos, muitos alunos nunca tinham confeccionado gráficos e nem sabiam o que fazer com os dados da tabela. A intervenção foi realizada pela professora orientadora utilizando o quadro e pilotos coloridos para facilitar a visualização. Além da orientação geral, as duplas foram solicitando explicações individualizadas, e foram conseguindo realizar a proposta. Apesar da dificuldade inicial, as duplas conseguiram realizar a interpretação do gráfico de forma satisfatória. Foi registrado algumas falas dos alunos nesse momento de análise dos

gráficos, como: “Foi difícil no início, mas gostei muito, foi a que eu mais aprendi.”, “Essa atividade foi bem difícil e trabalhosa, mas conseguimos.”, “Foi legal fazer a atividade do gráfico, ouvimos, discutimos o que pode acontecer com o lixo que está em volta da Terra.”

A análise dos dados contidos nos gráficos foi escrita na própria folha que ele foi construído, e todas as duplas perceberam que a quantidade de lixo espacial vem aumentando na órbita da Terra, e devido a isso existe previsão também do aumento de colisões. Algumas análises dos gráficos realizadas pelas duplas estão apresentadas no Quadro 20.

Quadro 20 - Registro sobre a interpretação dos gráficos

| Alunos | Análise dos gráficos |
|---------|--|
| MI e L3 | “A diferença entre os anos de 1970 e 2020 é grande, tínhamos poucos detritos na órbita da Terra, mas agora são muitos. A SpaceX lança muitos satélites.” |
| F2 e I1 | “O país que possui mais satélites ativos é os Estados Unidos com 49%, o Brasil nem aparece nos dados.” |
| MB e E | “As colisões vão aumentar porque temos mais detritos na órbita, o gráfico mostra que em 2025 teremos mais ou menos 850 colisões.” |
| D5 e K2 | “Quanto mais perto da Terra maior será o alerta de colisões, a órbita LEO está congestionada.” |

Fonte: Autoria própria - 2022

Percebe-se que as análises são simples e diretas, as duplas relataram o que viram de imediato na confecção dos gráficos, alguns conseguiram associar a outras questões já comentadas nas oficinas, como por exemplo: a baixa participação do Brasil no envio de satélites; o congestionamento da órbita baixa da Terra; e o provável e crescente aumento de colisões devido a maior quantidade de lançamento de satélites nas últimas décadas, principalmente por empresas privadas.

As duplas ainda utilizaram os cubos com imagens do lixo espacial na superfície da Terra e em órbita, para verbalizar sobre possíveis situações de risco que poderiam causar, os problemas e as consequências. No caderno de atividades foram realizadas questões com interpretação de gráfico para associar e reforçar o que já haviam praticado durante a realização da oficina.

A realização dessa oficina foi desafiadora, trabalhar a interdisciplinaridade em uma atividade prática, promover a interação das duplas, desenvolver habilidades e conhecimento, e associar às temáticas já trabalhadas. O sucesso dessa oficina ocorreu porque os sujeitos envolvidos estavam comprometidos em superar os desafios e valorizar a aprendizagem.

● Oficina 3: Sustentabilidade do Ambiente Espacial

Conforme demonstrado na Tabela 3, tivemos 83,4% de indicação excelente e boa para a aplicação da oficina temática 3. Foi a oficina mais tranquila para ser trabalhada com os estudantes, depois de compreendido a noção sobre o que é a sustentabilidade, através de slides e debates, os alunos assistiram a um vídeo do YouTube que demonstrava o retorno do Estágio 1 do foguete Falcon 9 da SpaceX, a sua base de lançamento. E assim, a discussão sobre sustentabilidade se tornou mais simples e mais próxima do entendimento dos discentes, ou seja, por meio de uma situação concreta foi desenvolvido o estímulo para apropriação do conhecimento.

Na folha de avaliação do projeto, como mostra a Figura 58, foi perguntado aos alunos as seguintes questões: Por que é importante praticar a sustentabilidade na órbita da Terra? Cite uma atitude que as agências espaciais devem realizar para diminuir o problema do lixo espacial na órbita da Terra e na superfície terrestre? Foram selecionadas algumas respostas que constam no Quadro 21.

Quadro 21 - Registro sobre o conteúdo da oficina 3

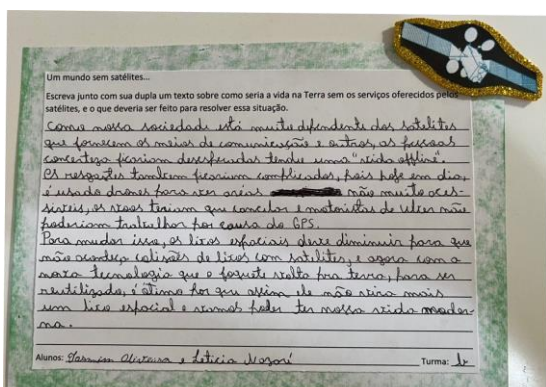
| Aluno | Respostas |
|-------|--|
| V2 | “Para diminuir a poluição na órbita, a volta da parte de um foguete para ser usada de novo em outro lançamento, já ajuda bastante.” |
| S3 | “Para que possamos continuar a exploração sem comprometer o nosso futuro. As agências devem fazer a mitigação e reutilizar o estágio 1 dos foguetes, por exemplo.” |
| DW2 | “Para ter a órbita cada vez mais limpa e livre. Devem usar satélites com materiais, como o alumínio que é menos resistente, para pegar fogo ao entrar na nossa atmosfera.” |
| G3 | “Para continuar com os avanços espaciais e termos mais serviços com os satélites. Desenvolver máquinas que possam coletar esse lixo e trazê-lo para a Terra. |
| T4 | “Para que lá na frente à órbita não esteja totalmente poluída e sem espaço para novos satélites, e que não se choquem com satélites com utilidade.” |
| I1 | “Para evitar a formação de detritos. As agências devem produzir satélites com materiais que sejam mais fáceis de queimar quando entra na atmosfera” |

Fonte: Autoria própria – 2022

Ao analisar essa escrita dos alunos é possível perceber as associações que estão fazendo sobre as temáticas trabalhadas nas outras oficinas. Além da parte discursiva, com os slides, imagens e o vídeo, os alunos realizaram na aula anterior a oficina, uma leitura prévia sobre sustentabilidade, onde estabeleceram o conceito a respeito desse tema. O conhecimento científico se transformando em aprendizado, segundo Libâneo (2005, apud CHAGAS e SOVIERZOSKI, 2014) a educação deve ser uma prática mediadora pela qual o discente, com a intervenção do professor e com sua própria participação enquanto sujeito ativo do aprendizado, transcorre de uma experiência inicialmente fragmentada para um patamar mais organizado e unificado.

A oficina seguiu com a leitura do texto: E se os satélites artificiais deixassem de funcionar? O intuito era manter uma correlação entre a falta de sustentabilidade na órbita terrestre com o mau funcionamento dos satélites, ou até mesmo, a não funcionalidade dos mesmos. Dessa forma, associando os temas trabalhados nas outras oficinas a ideia da sustentabilidade orbital, trazendo à tona a importância da aplicabilidade dessa ação. Nos textos produzidos em duplas pelos alunos, podemos destacar a correlação que eles construíram, Figuras 60 e 61, ao lado das imagens foi ampliado uma parte do texto produzido pelos alunos.

Figura 60 - Produção textual em dupla sobre satélites artificiais

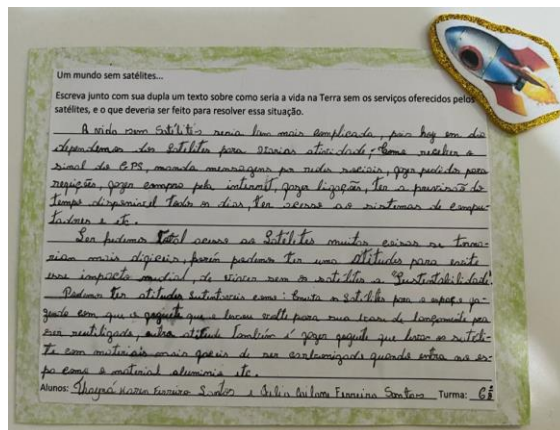


“Como nossa sociedade está muito dependente dos satélites que fornecem os serviços dos meios de comunicação e outros, as pessoas com certeza ficariam desesperadas tendo uma vida “off-line”(…) Para mudar isso, o lixo espacial precisa diminuir, para que não aconteça colisões deles com satélites que funcionam, e vamos poder ter nossa vida moderna.”

Fonte: Arquivo próprio - 2022

Figura 61 - Produção textual em dupla sobre a importância dos satélites artificiais

“A vida sem satélites seria bem mais complicada, pois hoje em dia dependemos dos satélites para várias atividades, (...), porém podemos ter uma atitude de sustentabilidade, para evitar esse impacto mundial, como: reutilização de partes dos foguetes que levaram os satélites para o espaço, fazer satélites com materiais mais fáceis de serem carbonizados, e criar uma forma de limpar as órbitas. ”



Fonte: Arquivo próprio - 2022

Após a produção dos textos, as duplas realizaram a apresentação das suas ideias para a classe, onde o discurso se fortaleceu na necessidade em manter a sustentabilidade da órbita terrestre, principalmente na órbita LEO. As duplas fizeram várias suposições para validar a sustentabilidade no espaço próximo à Terra, tais como: a realização da limpeza na órbita; a diminuição dos lançamentos de satélites; e a reutilização de partes dos veículos de lançamento, como também comentaram sobre a importância dos satélites para a vida moderna.

Vale ressaltar a importância da utilização dos conhecimentos adquiridos nas outras oficinas temáticas, aqueles conhecimentos já presentes e internalizados na estrutura cognitiva do aluno, que auxilia na construção da aprendizagem mais significativa. Reforçando que a aprendizagem significativa fica caracterizada pela interação entre conhecimentos já adquiridos e os novos conhecimentos. “Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva” (MOREIRA, 2012 apud CHAGAS e SOVIERZOSKI, 2014, p 38)

- **Oficina 4: Direito Espacial Internacional – Estudo de Caso**

Com 83,4% de aplicabilidade boa e excelente, conforme demonstrado na Tabela 3, a oficina temática 4 foi iniciada com uma situação problema, uma hipotética situação em que os alunos teriam que utilizar os conhecimentos prévios relacionados a logística em julgar ações cotidianas que podem inclusive fazer parte do dia a dia deles. Isso para reforçar a ideia sobre senso de justiça e entender que toda ação produz uma reação.

Ausubel (1980 apud CHAGAS e SOVIERZOSKI, 2014) com base na teoria de psicologia educacional, defendeu que o fator mais importante e influenciador na aprendizagem seria aquilo que o aluno já sabe, ou seja, os conhecimentos prévios. Sendo assim, os educadores passaram a ser orientados para investigar esse conhecimento e ensinar a partir deles, criando uma aprendizagem significativa, pois, permite maior abertura para compreensão dos alunos, ao associar as novas informações a outras já existentes, os sujeitos tanto aprendem a nova informação, quanto de certa forma, conseguem evoluir o significado da anterior. Além disso, o novo conhecimento terá uma inclusão na estrutura cognitiva, facilitando a atividade de assimilar e compreender o que se aprende no contexto escolar.

Vale ressaltar que o tema dessa oficina foi trabalhado através de estudo de casos reais que ocorreram tanto na órbita da Terra quanto na superfície terrestre, envolvendo problemas causados pelo lixo espacial, como: colisões, acidentes, alertas, desastres. Trabalhar este tema através de estudos de casos foi uma estratégia necessária para facilitar o entendimento dos discentes, dada a complexidade do tema.

Após a parte teórica onde foi comentado aspectos básicos sobre o direito espacial internacional, foram distribuídos painéis informativos e ilustrativos que retratavam essas situações reais, e em equipes os alunos anotavam possíveis soluções para cada caso específico com base em algumas normas e leis que regem o espaço. Ressaltando que os estudantes optaram sempre pela questão do bom senso na análise das situações problemas, várias intervenções foram realizadas nos grupos, e a interação entre os componentes foi ainda mais intensa, em uma interação mútua. Sobre essas anotações realizadas pelos grupos foram selecionadas algumas que seguem no Quadro 22.

Quadro 22 - Reflexões de estudos de casos

| Estudo de casos | Respostas das equipes |
|---|--|
| Que espaço exterior teremos nos próximos 50 anos? Mais hostil e perigoso do que ele já é por sua própria natureza? Dedicado exclusivamente a atividades pacíficas e construtivas para todos os países? (Monserrat, 2007) | “Se os países se conscientizarem em fazer a limpeza da órbita da terra, daqui a 50 anos vamos ter um espaço limpo para as atividades, mas se não tivermos nenhuma atitude o espaço estará bastante poluído, o que dificultará as atividades dos satélites, interferindo nas nossas vidas na Terra.” (Equipe TK, J3, I2, E4) |
| | “Depende se os outros países se conscientizarem e fazerem uma limpeza dos detritos espaciais ou não, e se não acontecer o espaço estará mais poluído e pode causar mais acidentes e colisões.” (Equipe L4, S1, K2 e D3) |

| | |
|--|---|
| Em fevereiro de 2009 ocorreu a primeira colisão já registrada entre satélites. O satélite russo, Kosmos 2251 desativado, colidiu contra um satélite privado de comunicações dos Estados Unidos, Iridium 33 a 78 Km de altitude sobre o território da Sibéria, gerando uma nuvem de escombros. De quem é a responsabilidade pela retirada de tais objetos do espaço? (NASA, 2010) | “As agências espaciais que devem usar tecnologia para tirar o lixo espacial da órbita da Terra.” (Equipe N1, JC, A5, BD) |
| | “Quem deve se responsabilizar pelos danos deve ser a empresa que criou e lançou o satélite.” (Equipe V2, B1, PH, K1) |
| | “A responsabilidade é dos russos por que eles tinham um satélite desativado na órbita” (Equipe M3, VE, S2, MC) |
| Em 2007 uma esfera de titânio do foguete francês Ariane 3 caiu sobre uma casa em Kasambya, na Uganda. Existem leis internacionais para esse tipo de situação? (UFMG, 2010) | “Sim, mas essas leis não são muito claras e não resolve os problemas” (Equipe A4, Y3, AC, M6) |
| | “O direito espacial internacional tenta organizar, mas os países têm que se responsabilizar pelas consequências.” (Equipe J4, D5, F2, K3) |
| | “Existem sim, só que elas não funcionam do jeito que deveria ser. Isso também não impediria que alguns desses detritos atinjam a superfície terrestre, podendo causar incêndios, danos e poluição. Os países devem ser responsáveis e criar um espaço mais sustentável.” (Equipe R2, W1, K4, B5, Y4) |

Fonte: Autoria própria - 2022

Foram selecionados apenas 3 questionamentos para compor o Quadro 22, mas ao total foram utilizados 8 durante a dinâmica com os grupos, e em sistema de rodízio dos painéis informativos todos os grupos tiveram acesso a todos os questionamentos e desenvolveram a escrita sobre cada estudo de caso. O Quadro 23 demonstra os questionamentos presentes nos painéis dessa atividade em grupo.

Quadro 23 - Texto dos painéis informativos sobre os estudos de casos

| Painéis | Estudos de Caso |
|---------|---|
| 1 | Que espaço exterior teremos nos próximos 50 anos? Mais hostil e perigoso do que ele já é por sua própria natureza? Dedicado exclusivamente a atividades pacíficas e construtivas para todos os países? |
| 2 | Os objetos espaciais que mais comumente atingem a superfície da Terra são restos de foguetes (Grecco, 1996; Sobreira, 2005). Estes restos consistem, na maioria das vezes, de estágios contendo tanques de combustíveis e oxigênio líquido vazios, que se desprendem do foguete para diminuir-lhe o peso (Clarke, 1968). Possivelmente estes pedaços de |

| | |
|---|--|
| | foguetes podem atingir áreas habitadas e provocar possíveis danos. Quem poderá se responsabilizar pelos danos? |
| 3 | Em 2007 uma esfera de titânio do foguete francês Ariane-3 caiu sobre uma casa em Kasambya, na Uganda (UFMG, 2010). Existem leis internacionais para esse tipo de situação? |
| 4 | Em fevereiro de 2009 ocorreu a primeira colisão já registrada entre satélites. O satélite russo, Kosmos-2251 desativado colidiu contra um satélite privado de comunicações dos Estados Unidos, Iridium 33 a 780 km de altitude sobre o território da Sibéria, gerando uma nuvem de escombros. A NASA, estimou que a colisão gerou cerca de 1000 fragmentos maiores que 10 centímetros, além de uma quantidade não calculada de pedaços menores. De quem é a responsabilidade pela retirada de tais objetos do espaço? |
| 5 | Imagine dirigir em uma estrada com mais carros, bicicletas e vans quebrados do que veículos em funcionamento. Esta é a cena que nossos satélites enfrentam na órbita da Terra. Na verdade, desde o início da era espacial, houve mais detritos, “lixo espacial”, em órbita do que satélites operacionais. Então, como vamos limpar essa bagunça? (ESA, 2021) |
| 6 | Em outubro de 2008, após mais uma manobra para evitar colisão com um detrito residual de um satélite Kosmos, a ISS já contabilizava um total de oito manobras evasivas, de outubro de 1999 a maio de 2003 (NASA, 2010). Em 2011 uma parte do satélite chinês destruído em abril de 2007 quase atingiu a ISS, fazendo com que os astronautas ficassem em alerta. Porém em junho do mesmo ano outro lixo quase colidiu com a estação, passando a somente 250 metros de distância. As contribuições da pesquisa espacial para a sociedade justificam e compensam o acúmulo dos detritos em órbita? |
| 7 | Em 1997, partes de um foguete Delta 2 se espalharam entre o Texas e Oklahoma, nos Estados Unidos, e um fragmento de isolante térmico atingiu uma pessoa, que felizmente não apresentou ferimentos graves. |
| 8 | De quem é a responsabilidade pela retirada de tais objetos do espaço? Que medidas poderiam ser tomadas para minimizar as circunstâncias geradas pelo acúmulo de detritos espaciais na órbita terrestre? |

Fonte: Autoria própria - 2022

Na folha de avaliação do projeto, Figura 58, foi solicitado que os estudantes respondessem a seguinte questão: De quem é a responsabilidade em recolher o lixo espacial na órbita da terra? Tivemos quase como totalidade as seguintes respostas: “Das agências espaciais que mandam os satélites para o espaço”, “Dos países envolvidos na exploração espacial.” Apenas 2 alunos, no universo de 72 respostas, escreveram: “De ninguém, pois as leis no espaço não são rígidas e são fracas e falhas.”, “De ninguém ainda, pois as leis no espaço não são firmes.” É importante ressaltar que as discussões durante esta oficina temática também tiveram esse norteamento, pois é relevante entender que esse ramo do direito espacial ainda necessita de ajustes e muita colaboração dos países envolvidos.

A oficina seguiu com os grupos desenvolvendo a imaginação e exercitando a criatividade com a construção de uma história em quadrinho, ver Figura 62, sobre a temática

da oficina, porém, alguns grupos não conseguiram desenvolver na atividade a abordagem solicitada, e produziram suas histórias sobre a exploração do espaço, o congestionamento da órbita terrestre, e até mesmo o sonho em ser astronauta. Entendendo que a arte em criar é processada pela vontade do ser, foram aceitas as atividades, que além de estarem contextualizadas com o tema desta pesquisa, ainda retratam a singularidade de cada grupo. Finalizada com o caderno de atividades para reforçar as competências estudadas na oficina.

Figura 62 - Produção das histórias em quadrinho



Depoimentos dos discentes:

“Nessa oficina a gente teve perguntas com tempo para responder com o nosso conhecimento, e depois construímos uma história em quadrinho sobre o espaço.” (Aluno J5)

“Essa foi a que mais pediu a nossa criatividade.” (Aluno S3)

“Essa foi bem divertida, fizemos até história em quadrinhos, e aprendemos muito também.” (Aluno L6)

Fonte: Arquivo pessoal – 2022

● Oficina 5: Mitigação do Lixo Espacial

Com base nos dados da Tabela 3 essa oficina temática registrou 83,4% de boa e excelente aplicabilidade. A parte teórica dessa oficina baseou-se principalmente na análise de vídeos sobre os protótipos que estão sendo criados pelas agências espaciais com a proposta para mitigação do lixo espacial. Os vídeos foram excelentes ferramentas didáticas que auxiliaram os discentes a entender o processo de mitigação na órbita terrestre, unindo teoria e prática.

Na folha de avaliação, ver Figura 58, os alunos responderam a seguinte questão: O que é a mitigação do lixo espacial e por que ela é importante? O Quadro 24 demonstra algumas das respostas fornecidas.

Quadro 24 - Respostas dos discentes sobre o conteúdo da oficina 5

| Alunos | O que é a mitigação do lixo espacial e por que ela é importante? |
|--------|--|
| Y5 | “É o processo de limpeza da órbita terrestre, é importante para diminuir a quantidade e o congestionamento.” |

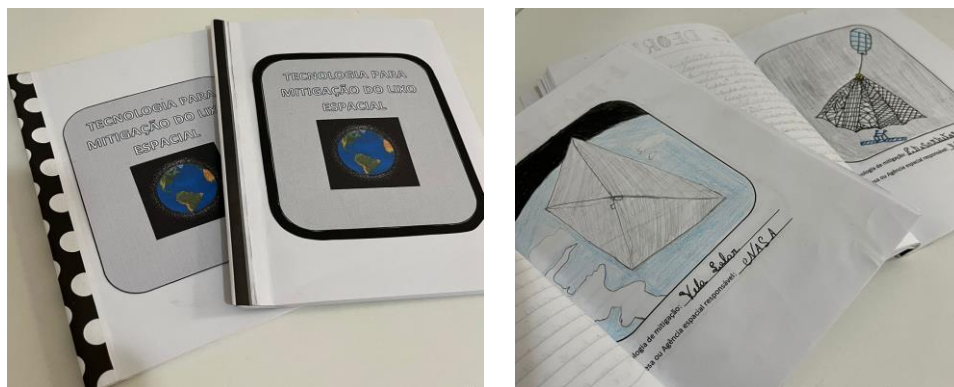
| | |
|----|---|
| A3 | “É o jeito de tornar o espaço sustentável, para garantir que os avanços no espaço não sejam comprometidos.” |
| L4 | “É a ação de tirar o lixo da órbita da Terra, para não causar maiores problemas.” |
| I2 | “Recolher o lixo na órbita da Terra para evitar que elas fiquem comprometidas.” |

Fonte: Arquivo pessoal- 2022

Os alunos responderam em totalidade a essa questão de forma similar as respostas que aparecem no Quadro 24, caracterizando que tanto o conceito quanto sua importância foram entendidos, principalmente devido ao uso dos vídeos que simulam a ação da tecnologia para a mitigação. Assim, é perceptível mais uma vez no desenvolvimento desse projeto, que as práticas devem ser alicerçadas para alcançar o objetivo.

O andamento da oficina ocorreu com a montagem de quebra cabeças com imagens das diversas formas de tecnologias de mitigação, e após montagem os alunos teriam que pesquisar sobre essa tecnologia para confeccionar uma cartilha. Por uma questão de logística, foi necessário utilizar o computador em sala de aula para os grupos realizarem a pesquisa, o que facilitou o trabalho dos grupos, pois eles tinham que desempenhar várias funções: pesquisar, escrever, desenhar, montar e organizar a cartilha. O trabalho foi satisfatório, os grupos se empenharam na produção da oficina, e foram os sujeitos de todo o processo, desde a participação na parte teórica, a responsabilidade em realizar a pesquisa, até a confecção da cartilha como produto final e coletivo da oficina, ver Figura 63.

Figura 63 - Cartilha sobre as tecnologias para mitigação do lixo espacial



Fonte: Arquivo próprio - 2022

Quando solicitado para descreverem a experiência dessa oficina temática, tivemos relatos como: “Achei interessante, nunca mais tinha brincado de quebra cabeça e adorei montar e criar a cartilha coletiva da sala.”, “Interessante porque pudemos ver a ideia da

tecnologia limpando a órbita no vídeo, e depois fomos pesquisar sobre ela e montar a cartilha.”, “ Maravilhosa, foi uma experiência muito boa, brincamos e aprendemos, fizemos a nossa primeira produção escrita. Essa foi a mais divertida do projeto.”

Essa oficina temática foi enriquecedora, fez surgir lembranças do universo infantil dos discentes, o uso dos recursos de desenho, pintura e quebra-cabeças, emergiu neles sentimentos prazerosos, o que também ajudou a promover a aquisição de novos conhecimentos. Para Barreto (2008):

Educar ludicamente desenvolve as funções cognitivas e sociais, interioriza conhecimentos, mobiliza as relações funcionais, permite a interação com seus semelhantes, contribui para a melhoria do ensino, qualificação e formação crítica do educando. (BARRETO, 2008, p.72)

A oficina foi finalizada com a aplicação do caderno de atividades que reforça o conteúdo trabalhado, revisitando os conhecimentos abordados e contemplando os saberes conquistados. Dessa forma, foi encerrada a aplicação das oficinas temáticas, que trouxeram um enriquecimento científico significativo para os discentes, através da associação entre teoria e prática, se aproximando dos saberes científicos através de vivências e experiências, e tendo como base o protagonismo dos estudantes.

Sobre as oficinas realizadas no OAA/MACT, além de promover a divulgação da temática sobre o lixo espacial, que como já vimos é um tema pouco explorado na educação formal, também proporcionaram momentos de troca de conhecimento e interesse pelo aprendizado.

6.3 Lapbooks

O lapbook é uma construção criativa utilizando diversos tipos de materiais de baixo custo, que está presente no contexto do *learning by doing* (aprender fazendo), onde o aluno torna-se o sujeito da própria aprendizagem. De acordo com Gottardi (2016 apud FREITAS et al, 2021), o lapbook é uma construção feita de cartões de vários formatos e tamanhos, que podem conter também outros materiais, onde abordam de forma dinâmica toda a informação sobre determinado conteúdo. Dessa forma, para finalizar o processo de aplicação dessa pesquisa com os alunos do 6º ano do CIEAC, foi utilizado a construção de lapbooks como um recurso pedagógico, onde a proposta era fazer com que os discentes se inserissem no centro do processo de ensino-aprendizagem, sendo os protagonistas dessa ação.

Nesse sentido, a construção de lapbooks no ensino da Geografia, da Astronomia e de outras ciências, surge como uma inovação pedagógica considerada como elemento impulsionador para estabelecer uma conexão entre teoria e a prática, onde os discentes revisitam o conteúdo e os conceitos, estimulam o ato reflexivo e o processo criativo, para assim, promover o protagonismo no seu processo de construção dos saberes. De acordo com a BNCC (2017):

Cabe, ainda, às Ciências Humanas cultivar a formação de alunos intelectualmente autônomos, com capacidade de articular categorias de pensamento histórico e geográfico em face de seu próprio tempo, percebendo as experiências humanas e refletindo sobre elas (...). (BRASIL, 2007, p. 353)

Após o término da aplicação das 5 oficinas temáticas, com o conteúdo desta pesquisa já trabalhado e exercitado, as turmas foram divididas em grupos, e estes tinham a função de construir um lapbook sobre um dos temas abordados pelas oficinas temáticas. Assim, utilizando-se desta estratégia significativa, os alunos foram levados a reflexão dos conteúdos trabalhados através de uma metodologia ativa que contribui para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa. Para Libâneo, “Na educação básica no Brasil nos últimos anos surgiu a demanda por inovação de métodos pedagógicos que contemplem o desenvolvimento da aprendizagem dos sujeitos inseridos em diversos contextos socioculturais.” (LIBÂNEO, 2010, p.16).

O uso do lapbook, ao ser aplicado com os alunos do 6º ano do Ensino Fundamental permitiu uma maior conexão dos estudantes com o conteúdo, pois as competências desenvolvidas durante as oficinas temáticas foram sintetizadas em um material concreto. A cada semana um grupo era convidado a criar e montar o lapbook, esses momentos foram marcados pelo diálogo sobre os conceitos científicos e a importância da temática estudada. Foi perceptível, que de forma geral, os alunos demonstravam entendimento sobre sua temática, vários processos de intervenção com a professora orientadora foram realizados, principalmente acerca da divisão e distribuição espacial no lapbook. Muitos grupos utilizaram os textos e pesquisas dos estudos prévios que antecederam cada oficina temática, como também as leituras no caderno de atividades foram bastante consultadas. Apesar de trabalhosa, a construção dos lapbooks teve excelente aceitação dos alunos e proporcionou mais um momento de socialização dos saberes trabalhados, de forma teórica e prática durante toda a execução dessa pesquisa, ver Figura 64.

Figura 64 - Montagem e construção dos lapbooks



Fonte: Autoria própria - 2022

A utilização desse recurso nesta pesquisa foi bastante proveitosa, os alunos demonstraram satisfação por fazer/criar o lapbook, alguns grupos demonstraram ansiedade para serem escolhidos, pois queriam realizar logo a atividade. A elaboração foi iniciada com a socialização de modelos de lapbook apresentados pela professora orientadora, depois cada grupo fez à retomada dos conceitos e informações estudadas durante cada oficina temática, e seguimos com a seleção dos materiais e dados necessários para a construção do produto final.

Durante a elaboração os alunos puderam desenvolver a criatividade, o resgate dos conhecimentos, e a ação protagonista nas tomadas de decisão para a finalização do trabalho de forma exitosa. Nesse sentido, de acordo com Nascimento e Coutinho (2016), a metodologia ativa no ensino estimula a aprendizagem e a participação dos alunos em sala de aula, bem como o desenvolvimento de aptidões afetivas, emocionais, mentais e cognitivas.

As oficinas produzidas e aplicadas neste trabalho estão resumidas em um formato de produto educacional, o e-book intitulado - *Uma Abordagem sobre o Lixo Espacial na Educação básica: Suporte para a Formação de Professores*, onde os docentes podem se orientar para realizar a aplicação dessas atividades comentadas ao longo desta pesquisa.

6.4 Caderno de Atividades

O caderno de atividades intitulado *Lixo Espacial: Uma Abordagem na Educação Básica*, que se constitui como um dos produtos educacionais dessa pesquisa, também foi avaliado pelos discentes, com base nos dados da Tabela 3, e registrou 97,3% de boa e

excelente aceitação e aplicabilidade. Foi desafiante realizá-lo, inicialmente pela ausência de material que aborde sobre esta temática, como também pela proposta em promover atividades lúdicas e que despertem o interesse dos discentes em completá-lo, tais como: passatempos, leituras, produção textual, produção de história em quadrinho, interpretação de gráficos, infográficos e charges, desenhos, atividade direcionadas, dentre outras.

A proposta do caderno de atividades desta pesquisa é que ele seja um recurso didático e avaliativo para ser utilizado ao final de todas as oficinas temáticas, buscando reforçar a aprendizagem, aprofundar os conhecimentos, auxiliar na formação do pensamento crítico dos discentes, promover a construção de saberes, e estabelecer uma interdisciplinaridade entre Geografia e Astronomia. Visando assim, a melhoria da qualidade do ensino da área específica em que foi desenvolvido, por isso é fundamental a sua aplicação em sala de aula.

Durante o processo de intervenção desta pesquisa, os discentes teriam que realizar as atividades do caderno em classe, ao final de cada conclusão das oficinas temáticas. A grande maioria dos alunos demonstravam euforia para utilizar o caderno, especialmente se as atividades a serem realizadas fossem desafios, jogos, passatempos, ou seja, atividades lúdicas e criativas. Com isso, os estudantes desenvolveram o prazer em receber e realizar as atividades propostas pelo caderno, vale ressaltar que o caderno era utilizado em sala de aula e recolhido após uso, os alunos não podiam levar o material para suas residências, pois muitos poderiam esquecer em casa, e além disso com o caderno em mãos poderiam adiantar as atividades ainda não trabalhadas nas oficinas.

O caderno é formado por 30 atividades, as 2 primeiras referem-se a questões gerais da Astronomia: formação do universo, formação do sistema solar, formação da Terra, os planetas do sistema solar, e a definição de astros como Sol, Lua e estrelas. Essas atividades foram incluídas para contextualizar a temática que seria abordada e para amenizar as dificuldades dos discentes em relação a estes conteúdos. As outras 28 atividades estavam associadas a temática do lixo espacial, tema central desta pesquisa, destas, apenas uma delas não foi utilizada, a atividade 23, pois para realizá-la era necessário o uso da internet, que justamente neste dia não estava em funcionamento.

Algumas atividades eram motivo de disputa entre os alunos, tipo as atividades com os jogos, as cruzadinhas e adivinhações, nestas o empenho era notável. Em outras, alguns alunos realizavam em duplas ou pequenos grupos, num diálogo e interação mútua, que auxiliava o desenvolvimento da reflexão, da escrita e do raciocínio lógico. Em algumas

atividades, existiram dúvidas e dificuldades, sanadas com a intervenção da professora orientadora.

Com a conclusão da aplicação das oficinas temáticas, foram concluídos também os cadernos de atividades, onde apenas 6 deles não conseguiram ser finalizados, por serem de alunos faltosos. As correções dos cadernos de atividade eram feitas por amostragem, ao final de cada oficina, eram escolhidos aleatoriamente 15 cadernos, onde eram contemplados os acertos e contabilizados os erros, e estes últimos eram trabalhados na sequência das aulas com a turma, onde eram feitas as correções e adequações.

No quadro 25 apresentamos alguns depoimentos sobre o uso do caderno de atividades pelos discentes.

Quadro 25 - Registros sobre o caderno de atividades

| Alunos | Depoimentos |
|--------|--|
| VE | “Acho muito legal o caderno de atividades, o que a gente vê na oficina tem lá no caderno como atividade, e as atividades são legais. Eu gosto.” |
| E2 | “Às vezes tem umas atividades difíceis, mas a pró ajuda e lembra a gente do assunto. Prefiro o caderno de atividades do que o livro, por que nele a gente estuda, brinca, e se informa.” |
| A4 | “Gosto dele, apesar de que quando é para escrever muito eu fico com preguiça, mas o assunto é fácil por que a professora já fez a oficina e está fácil de responder.” |
| F2 | “O caderno é muito bom, eu queria levar para casa, mas ainda não pode, gostei da leitura sobre os satélites, das curiosidades e da atividade de cruzadinha.” |

Fonte: Arquivo próprio - 2022

A construção deste produto educacional foi inspirada para a prática em na sala de aula, onde os conteúdos trabalhados foram fundamentados e onde novas e diferenciadas propostas de atividades fossem oferecidas para elucidar as temáticas que fomentaram sua construção. Dessa forma, ressaltamos a sua relevância para associar e possibilitar o diálogo entre a pesquisa e o ensino. A utilização do caderno de atividades e do e-book, podem auxiliar outros docentes que forem trabalhar com essa temática de estudo, para dinamizar o conhecimento e contribuir com o processo de ensino e aprendizagem.

CAPÍTULO 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

O céu sempre despertou a curiosidade humana, fenômenos como, os eclipses solares e lunares, o dia e a noite, as estações do ano, os movimentos planetários, as estrelas, entre outros, são alguns dos eventos naturais que levaram o ser humano a tentar entender o planeta Terra, desde a sua posição no espaço até a sua constituição física.

Desde 1957, a cada década subsequente, conseguimos constatar o aumento do lixo espacial na órbita terrestre, o que pode ocasionar constantes colisões, destruição de satélites, interferir em missões e alterar rotas dos veículos espaciais, gerando custos com combustíveis, e reduzindo a vida útil dos mesmos. No ambiente terrestre, caso o material não seja incinerado completamente pelo atrito com a atmosfera durante a reentrada, também podem haver riscos, principalmente quando o objeto faz uma reentrada não controlada, o que pode ocasionar quedas do lixo espacial em áreas habitadas.

Por esta razão a pertinência desta pesquisa para ampliar e divulgar essa problemática que se acentua ainda mais com os avanços tecnológicos e com as necessidades atuais da nossa sociedade contemporânea por mais serviços via satélite. Para tanto, a presente pesquisa propõe um repensar desse problema sob a ótica da sustentabilidade espacial. É preciso diminuir a permanência desses detritos em torno da Terra, é pertinente assegurar leis e normas através do direito internacional espacial para que os países envolvidos possam cumprir, regularizar as ações espaciais para não correremos o risco de impactá-las, gerando consequências ainda maiores ao ambiente espacial e ao terrestre.

Portanto, um dos objetivos desta pesquisa é aproximar os saberes científicos aos saberes escolares, trabalhar a temática lixo espacial na perspectiva do ensino para estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental. É fato que o ensino no contexto escolar deve possibilitar ao aluno a construção do conhecimento; contudo, quanto mais reflexivo for o ensino, maiores serão as possibilidades do aluno construir conhecimentos significativos. Diante disso, não há como pensar em ensino reflexivo e construção de conhecimentos significativos sem pensar em interdisciplinaridade. Afinal, a realidade precisa ser analisada por meio de uma articulação entre o local e o global (MORIN, 2006). Nessa perspectiva, a Astronomia apresenta estreita relação e se encaixa perfeitamente ao ensino de Geografia, essa interdisciplinaridade pode resultar e valorizar discussões de temas atuais e desafios impostos pelas constantes transformações tecnológicas, científicas, ambientais e territoriais, que caracterizam a sociedade contemporânea, e suas repercussões socioeconômicas.

A perspectiva do desenvolvimento deste trabalho foi alcançarmos os objetivos gerais e específicos estabelecidos, bem como fortalecer os objetivos atitudinais implicitamente embutidos durante todo o processo de intervenção educacional realizado. Como também na busca pela resposta da questão norteadora da pesquisa: Como o lixo espacial pode representar um possível risco à exploração do espaço e ao ambiente terrestre? A revisão bibliográfica foi a base conceitual para entendermos a real situação da problemática do lixo espacial no espaço em torno do nosso planeta. Após a fundamentação teórica podemos avançar no estudo desta temática através de leituras, oficinas, vídeos, trabalho de campo e atividades práticas, e sobre essa situação a conclusão mais assertiva e necessária é assumir a sustentabilidade no meio espacial.

Além da reflexão sobre a questão norteadora que priorizou a base científica desta pesquisa, podemos anexar também a ausência da relação entre a temática apresentada com relação a educação: O lixo espacial e a sustentabilidade orbital da Terra estão sendo abordados no ensino fundamental? De forma geral, esta temática ainda é pouco difundida, em especial a nível de educação básica. Na pesquisa realizada aos PCN e a BNCC, nada foi mencionado sobre o lixo espacial e sua problemática ambiental. Na análise dos livros didáticos, utilizados especialmente pelo 6º ano do ensino fundamental, a abordagem ao tema é escassa e pontual, existe um “vácuo” da temática, reforçando o que já era perceptível no início da proposta de realização desta pesquisa.

Por esta razão a proposta da pesquisa-intervenção com o intuito de aproximar os estudantes ao tema de estudo dessa pesquisa – lixo espacial, e as suas consequências globais para o planeta Terra; relacionando-o com a sociedade, o tempo e o ambiente em que está inserido para favorecer a eles a construção de um novo olhar sobre a realidade que o envolve. Assim, a proposta de realização das oficinas temáticas, envolvendo teoria e atividades práticas de forma lúdica, criativa e desafiante, para ampliar e promover maior discussão sobre o tema. As oficinas temáticas trouxeram como resultados uma maior reflexão dos discentes sobre a relação entre o homem e o meio, abordando uma ação de causa e efeito, alargando os saberes e fortalecendo a relação de pertencimento a atitudes mais sustentáveis ao planeta Terra.

Os produtos educacionais construídos durante esta pesquisa são: um caderno de atividades intitulado: *Lixo Espacial: Uma Abordagem na Educação Básica*, que foi desenvolvido para ser utilizado durante todo o processo de realização das oficinas para aprofundar e concretizar os conhecimentos socializados durante as aulas, como também para

tentar sanar a ausência dessa temática no ensino; e um Guia no formato de e-book intitulado: *Uma Abordagem sobre o Lixo Espacial na Educação Básica: Suporte para a Formação de Professores*, confeccionado para auxiliar os docentes que forem trabalhar com a temática, buscando assim uma maior visibilidade e divulgação do tema no âmbito do ensino.

Portanto, ressaltamos que é extremamente válido a interdisciplinaridade do estudo entre a Geografia e a Astronomia, parceria que deve ser ampliada no ambiente de ensino, e paralelo a esta parceria, outras áreas do conhecimento podem e devem ser inseridas para fortalecer ainda mais a formação dos discentes, propiciando a eles o interesse e a busca pelo conhecimento científico, estimulando-os a ganharem mais autonomia e confiança no processo de ensino-aprendizagem. Contribuir assim para a formação de sujeitos mais críticos e conscientes de suas ações e posição no Universo.

REFERÊNCIAS

AEB – Agência Espacial Brasileira. Disponível em: www.aeb.gov.br. Acesso em 18 de outubro de 2021.

ARRIADA, E.; VALLE, H.S. **Educar para transformar: a prática das oficinas**. Revista Didática Sistêmica, v. 14, n. 1, p. 3-14, 2012.

Disponível em: <https://periodicos.furg.br/redsis/article/view/2514>. Acesso em 17/05/2022.

BARRETO, N. R. U.SSO. **Livro didático público e o uso de “passatempos” nas aulas de química**. Disponível em:

<https://meuartigo.brasescola.uol.com.br/educacao/o-ludico-como-estrategia-para-um-melhor-aprendizado-biologia.htm> Acesso em: 01/03/2023.

BITTENCOURT NETO, O. de O. **Direito Espacial Contemporâneo: responsabilidade internacional**. Curitiba: Juruá, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: 3º e 4º ciclos do Ensino Fundamental – Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1998.

BRASIL. Lei nº 9.394/96 – **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília: MEC, 1996.

BRITO, T. P. **Estudo da evolução de detritos espaciais sujeitos às perturbações do potencial terrestre, J2 e J22, luni-solar, pressão de radiação solar e arrasto atmosférico**. Programa De Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade Federal do ABC, 2019.

BRITO, T. P., CELESTINO, C. C., MORAES, R. V. **A brief scenario about the “space pollution” around the Earth**. Journal of Physics: Conference Series 465 (012020), p. 1-6, 2013.

CARVALHO, J. P. S., SANTOS, J.C.; LIMA, J. S.; BREJÃO, L.F.; PRADO, A. F. B. A. **A Single-Averaged Model for the Solar Radiation Pressure Applied to Space Debris Mitigation Using a Solar Sail**. Symmetry Vol. 15, 1107, p. 1-15, 2023.

CARVALHO, J. P. S.; MORAES, R. V. de; PRADO, A. F. B de A. **Analysis of the orbital evolution of space debris using a solar sail and natural forces**. Revista Advances in Space Research, Vol 70, p. 125–143, 2022.

CARVALHO, J. P. S., TRESACO, E., PRADO, A. F. B. A. **Perturbações orbitais sobre uma vela solar**. In: Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics, Vol. 5, nº 1, 2017.

CARVALHO, J. P. S. **Orbital evolution of a solar sail around a planet**. Proceeding series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics, Vol. 4, nº 1, 2016.

CARVALHO, J. P. S.; LIMA, J. dos S.; GONÇALVES, C. M. **Poluição do Ambiente Espacial: o problema do lixo no espaço**. Revista Scientia, Salvador, Vol. 6, nº 2, p. 61-80, 2021.

CARVALHO, T. F. G de; RAMOS, J. E. F. **A BNCC e o ensino da astronomia: o que muda na sala de aula e na formação dos professores**. Revista Currículo & Docência, Vol. 2, nº 02, 2020.

CHAGAS, J. J. T; SOVIERZOSKI, H. H. **Um diálogo sobre aprendizagem significativa, conhecimento prévio e ensino de ciências**. Universidade Federal de Alagoas, PPGECIM e Setor de Comunidades Bentônicas LABMAR/ICBS, 2014. Acesso em:04/03/2023

CIPOLINI, A. **Não é fita, é fato: tensões entre instrumento e objeto – um estudo sobre a utilização do cinema na educação**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

CLARKE, A. C. **O Homem e o Espaço**. Rio de Janeiro: José Olympio Editora, 1968.

COPUOS. **Conference room paper by the Chair of Working Group on the Long-term Sustainability of Outer Space Activities**, UN DOC. A/AC.105/2018/CRP.20. 2018. https://www.unoosa.org/oosa/oosadoc/data/documents/2018/aac.1052018crp/aac.1052018crp.20_0.html. Acesso em: 05/11/ 2021

COSTA, F. C. da. **Detritos espaciais em órbita terrestre baixa: mecanismos regulatórios e sustentabilidade das atividades satelitais**. 2021. 171 f. Tese (doutorado) - Universidade Católica de Santos, Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Direito Ambiental Internacional, 2021. <https://tede.unisantos.br/handle/tede/6665>. Acesso em 17/10/2021

ESA. **ESA's Annual Space Environment Report**, Darmstadt, Germany: ESA, 2022. Disponível em: https://space-economy.esa.int/article/33/what-is-the-space-economy#_ftn1. Acesso em: 27/06/2022.

ESA. **ESA's Annual Space Environment Report**, Darmstadt, Germany: ESA, 2021. Disponível em: https://space-economy.esa.int/article/33/what-is-the-space-economy#_ftn1. Acesso em:22/10/ 2021.

ESA. **Space debris mitigation: The case for a code of conduct**. 2020, online. Disponível em: https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers. Acesso em: 18/10/2021.

FREITAS, R. L. de. et al. **Lapbook como metodologia ativa no ensino de Direitos Humanos**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, Vol. 7, nº 6, 2021. Acesso em 10/03/2023.

GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D. T. [organizado por]. **Métodos de pesquisa** /coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GOROVE, S. **Sources and Principles of Space Law**. In: JASENTULIYANA, Nandasiri (Coord.). **Space Law: Development and Scope**. Westport: Praeger Publishers, 1992.

GLEISER, M. **Micro Macro: Reflexões sobre o homem, o tempo e o espaço.** São Paulo: Publifolha, 2005.

GRECCO, D. Sai de Baixo. **Globo Ciência**, São Paulo, nº 61, ago. 1996.

IADC. Space Debris Mitigation Guidelines. Issued by IADC Steering Group and Working Group 4. IADC-02-01 Rev.3, June 2021.

JOHNSON, N. L. Developments in space debris mitigation policy and practices. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering**. Vol. 221, nº 6, p. 907–909, 2007. Disponível em: doi:10.1243/09544100jaero166. Acesso em: 03/11/2021.

KERBAUY, M. T. M., SOUZA, K. R. **Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação.** Educação e Filosofia, Uberlândia, Vol. 31, nº 61, p. 21-44, jan. /abr. 2017. Acesso em 16/08/2022.

KESSLER, D. J.; COUR-PALAI, B. G. Collision Frequency of Artificial Satellites: The Creation of a Debris Belt. **Journal of Geophysical Research**, 1978.

LANGHI, R. & NARDI, R. **Educação em astronomia: Repensando a formação de professores.** São Paulo, SP: Escrituras, 2012.

LIBÂNEO, J. C. **As Teorias Pedagógicas Modernas Revisitadas pelo Debate Contemporâneo na Educação.** Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade. 2010.

MARCONDES, M. E. R. et al. **Oficinas Temáticas no Ensino Público visando à Formação Continuada de Professores.** São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2007. Acesso em: 01/03/2023

MCINNES, C. R. **Solar Sailing: Technology, Dynamics and Mission Applications**, Springer-Praxis Series in Space Science and Technology, Springer-Verlag, 1999.

MONSERRAT FILHO, J., **Introdução ao Direito Espacial.** Associação Brasileira de Direito Aeronáutico e Espacial. Brasília, 1997.

_____, **Direito e Política na Era espacial: podemos ser mais justos no espaço do que na Terra?** São Paulo: Vieira & Lent, 2007.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** UFRGS, 2012. Disponível em file: [http://oqueefinal%20\(1\).pdf](http://oqueefinal%20(1).pdf). Acesso em 25/03/2023

MORENO, M. F. **O Direito Espacial Como Norte da Exploração Espacial.** Trabalho de Conclusão de Curso. UEL – Universidade Estadual de Londrina, 2008, 146 p.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma reformar o pensamento**. 8a ed. -Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

_____. **Complexidade e transdisciplinaridade: a reforma da universidade e do ensino fundamental**. Natal: EDUFRN, 1999.

MOURÃO, R. R. de F. **Lixo Espacial: a ameaça às naves espaciais e aos astronautas**. *Eco21*, Rio de Janeiro, 21 mar. 2001. Disponível em: <<http://www.eco21.com.br/textos/textos.asp?ID=96>>. Acesso em: 05/10/2021.

NASA. **Commercial Market Assessment for Crew and Cargo Systems** (PDF). 2010. Disponível em: <https://standards.nasa.gov/standard/osma/nasa-std-871914>. Acesso em: 03/10/2021

NASA. **Space Debris and Human Spacecraft**. 2021. Disponível em: <https://www.nasa.gov/mission_pages/station/news/orbital_debris.html>. Acesso em: 05/10/2021.

NASA. **Selects crew, cargo launch partners**». *Spaceflight Now*. 2006. Disponível em: <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/pdfs/odqnv17i3.pdf>. Consultado em 21/11/2021.

NASCIMENTO, T.E.; COUTINHO, C. **Metodologias ativas de aprendizagem e o ensino de Ciências**. Revista Multiciência online. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões– Campus Santiago, 2016. Acesso em: 05/03/2023.

NATIONAL ORBITAL DEBRIS RESEARCH AND DEVELOPMENT PLAN; Subcommittee on Space Weather, Security, and Hazards; Committee on Homeland and National Security of the National Science & Technology Council, 2021. Disponível em: <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2021/01/National-Orbital-Debris-RD-Plan-2021.pdf>. Acesso em 20/03/2023.

NOGUEIRA, S. **Rumo Ao Infinito. Passado e futuro da aventura humana na conquista do espaço**. São Paulo: Globo. 2005.

OECD. “**Space launch activities worldwide**”, in *The Space Economy at a Glance 2011*, OECD Publishing, Paris. 2011.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio histórico**. São Paulo: Scipione, 2006. Acesso em 25/03/2023.

PAULA, M. B. & CELESTINO, C. C. **The impact of Space Law and space debris mitigation measures on the debris scenario around the Earth**. *Journal of Physics: Conference Series*. 1365. 012022, p. 1-8, 2019.

PRADO, A. F. B. A. **Trajetórias espaciais e manobras assistidas por gravidade**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.

PRADO, A. F. B. A.; KUGA, H. K. **Fundamentos de Tecnologia Espacial**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.

SANCHES, F. de O. **O Trabalho de Campo e Análise da Paisagem: proposta metodológica no Parque Nacional de Itatiaia**. In: Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, Vol. 4, nº 4, 2011. Acesso em 11/03/2023

SILVA, P. A. S.; GOMES, R. de J.; LELIS, D. A. de J. **A importância das oficinas pedagógicas na construção do conhecimento cartográfico: novas proposições metodológicas para o ensino de geografia**. Grupo de Estudos e Pesquisas, Educação e Contemporaneidade, São Cristóvão, SE, 2012. Disponível em:
<https://www.passeidireto.com/arquivo/56655042/a-importanciadasoficinas-pedagogicas-na>. Acesso em 17/05/22.

SPACEEX. Falcon user's guide. 2021.

SUPERABRIL. Disponível em: <http://super.abril.com.br>. Acesso em 30 de outubro de 2021.

SWF. Secure World Foundation. Relatório anual, 2018. Disponível em: <https://swfound.org/>. Acesso em 21/03/2023.

TRESACO, E.; ELIPE, A.; CARVALHO, J. P. S. **Frozen Orbits for a Solar Sail Around Mercury**. Journal of Guidance, Control, and Dynamics, Vol. 39, nº. 7, p. 1659-1666, 2016.

TRONCHETTI, F. **Fundamentals of Space Law and Policy**. New York: Springer. 2013.

UFMG - Observatório Astronômico Frei Rosário. Lixo Espacial, Renato Las Casas. Serra da Piedade, Caeté, Minas Gerais. <http://xingu.fisica.ufmg.br:8087/oap/public/index.html>, acesso em 27/10/2021.

UNDSETH, M.; JOLLY; OLIVARI, M. **Space sustainability: The economics of space debris in perspective**, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, nº. 87, OECD Publishing, Paris, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/a339de43-en>. Acesso em: 25/10/ 2021.

UNOOSA. **Members of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space**. Disponível em: <https://www.unoosa.org/oosa/en/members/index.htm>>. Acesso em: novembro 2021.

UNOOSA. **COMMITTEE ON THE PEACEFUL USES OF OUTER SPACE**. COPUOS 2020 Session. 2020. <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/index.html>. Acesso em: novembro 2021.

VILHEMA DE MORAES, R. **Ação da pressão de radiação solar e do arrasto atmosférico sobre órbitas de satélites artificiais**. Tese de Doutorado, INPE, 1979.

VON DER DUNK, Frans. International space law. In: **Handbook of Space Law**. Edited by Frans von der Dunk and Fabio Tronchetti. USA: Edward Elgar Publishing, Inc. 2015.

VYGOTSKY, L. S. **Formação social da mente**. 7. ed. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2007.

YAKOVLEV, M. The IADC Space Debris Mitigation Guidelines" and Supporting Documents. In: **Proceedings of the Fourth European Conference on Space Debris**, Darmstadt, Germany, p. 18-20, 2005. Disponível em: <http://adsabs.harvard.edu/pdf/2005ESASP.587.591Y>. Acesso em: 30 de outubro de 2021.

APÊNDICE 1: ATIVIDADE DE PRÉ-TESTE 1**Levantamento do conhecimento prévio dos alunos****Atividade de desenho do Sistema Solar**

Faça o desenho do Sistema Solar, com os planetas e os principais corpos celestes. Lembre-se de localizar o planeta Terra. Capriche!



- a) Qual o nome da nossa galáxia? _____
- b) Qual o nome do nosso Sistema planetário? _____
- c) Qual a posição da Terra em relação ao Sol? _____
- d) Qual o nome do nosso satélite natural? _____
- e) Cite duas características que proporcionam a existência da vida na Terra

APÊNDICE 2: ATIVIDADE DE PRÉ-TESTE 2

Levantamento do conhecimento prévio dos alunos

Astronomia

A astronomia é uma ciência que se ocupa do estudo dos corpos celestes, suas posições, movimentos e tudo que está relacionado a eles. Os corpos celestes são qualquer entidade física significativa cuja existência no universo é confirmada através da ciência, tais como: o sol, os planetas, a lua, os asteroides, os meteoros, entre outros. A Astronomia estuda desde as menores estruturas espaciais até as maiores escalas do universo.

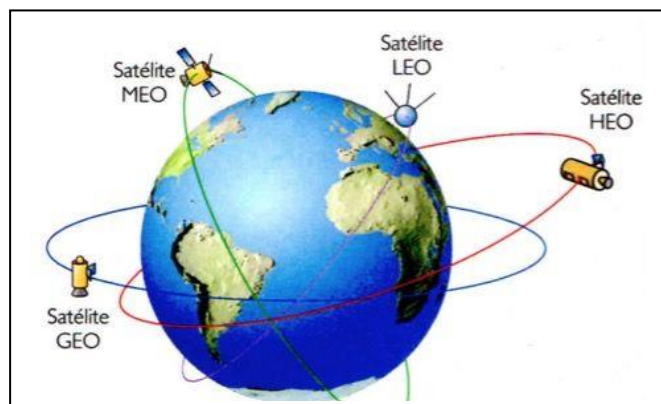
1. A ciência que estuda o universo e os corpos celestes explicando sua origem, características e seus movimentos é chamada de:
 - a) Geografia
 - b) Astronomia
 - c) Astrologia
 - d) Biologia
2. O nome do Sistema planetário que a Terra está inserida é:
 - a) Solar
 - b) Lunar
 - c) Andrômero
 - d) Lácteo
3. Em relação ao Sol, o planeta Terra encontra-se em qual posição:
 - a) Segunda
 - b) Terceira
 - c) Quinta
 - d) Quarta
4. Todos os planetas do Sistema Solar giram ao redor do Sol. Cada planeta descreve um caminho que é chamado de:
 - a) Órbita
 - b) Rotação
 - c) Revolução
 - d) Lunação

5. O campo gravitacional do planeta Terra é capaz de:

- a) repulsar os corpos celestes ao seu redor
- b) atrair os corpos celestes ao seu redor
- c) neutralizar os corpos celestes que se aproximam
- d) elevar os corpos celestes para órbitas mais altas

6. A órbita terrestre que se encontra mais próxima à superfície terrestre é:

- a) Órbita baixa (LEO)
- b) Órbita média (MEO)
- c) Órbita Geoestacionária (GEO)
- d) Órbita Heliossíncrona (HEO)



7. O lixo espacial é definido como:

- a) o lixo que produzimos no nosso dia a dia e que se acumula nos aterros sanitários.
- b) material descartado pela indústria aeroespacial na superfície terrestre.
- c) todo e qualquer corpo celeste que se encontra no Sistema Solar.
- d) é qualquer objeto fabricado pelo homem situado em órbita da Terra que não possui mais finalidade ou utilidade.

8. A órbita terrestre que apresenta a maior quantidade de lixo espacial é:

- a) Órbita Geoestacionária (GEO)
- b) Órbita Heliossíncrona (HEO)
- c) Órbita baixa (LEO)
- d) Órbita cemitério

9. A alternativa incorreta é:

- a) A quantidade de lixo espacial vem crescendo ao longo dos anos
- b) Os satélites artificiais que não estão mais ativos são considerados lixo espacial
- c) Serviços como: internet, GPS e transmissão de TV são realizados pelos satélites artificiais.
- d) Resíduos de lixo espacial não atingem a superfície terrestre

10. Crescimento desenfreado do número de objetos na órbita terrestre aumentando a probabilidade de colisões, isso causaria reações em cadeia, gerando cada vez mais colisões e a criação de um cinturão de lixo e detritos em volta da Terra. Esse efeito é chamado de:

- a) Movimento diurno da Terra
- b) Síndrome de Kessler
- c) Rotação das Luas Galileanas

d) Efeito Coriolis

11. A constante colisão entre o lixo espacial pode ocasionar:

- a) terminaria por afetar as missões espaciais.
- b) maiores descobertas científicas.
- c) aumento de lançamentos de naves tripuladas.
- d) ganho econômico aos países envolvidos.

12. A maior quantidade de lixo espacial quando alcança a superfície terrestre atinge:

- a) as casas e construções urbanas devido ao crescimento das cidades.
- b) o solo e o relevo terrestre, principalmente as áreas elevadas.
- c) os oceanos e mares pois cobrem cerca de 70% da superfície.
- d) as pessoas e os animais por que estão em constante locomoção na superfície.

13. A alternativa que demonstra uma ação relacionada a sustentabilidade aeroespacial é:

- a) Lançar uma quantidade maior de satélites para melhorar os serviços de internet.
- b) Fazer manobras de desvio da Estação Espacial Internacional para evitar colisões.
- c) Reutilização de partes de foguetes para uso em outros lançamentos.
- d) Substituir as placas de energia solar dos satélites para usar apenas combustíveis.

14. Em fevereiro de 2009 ocorreu à primeira colisão já registrada entre satélites, um satélite russo desativado colidiu contra um satélite privado de comunicações dos Estados Unidos a 780 km de altitude sobre o território da Sibéria gerando uma nuvem de escombros e aumentando a quantidade de lixo espacial. Nessa situação, segundo as leis que regem o Espaço, os países envolvidos:

- a) Ambos têm culpa pela colisão entre os satélites.
- b) A Rússia não deveria se comprometer pois o seu satélite já estava desativado.
- c) Os Estados Unidos foi responsabilizado pelo incidente, por que não efetuou manobra de emergência.
- d) As leis que regem o Espaço ainda necessitam de ajustes, rigidez e funcionalidade prática. Por isso os países envolvidos não sofreram punições.

Observe a figura abaixo e responda as questões 15 e 16:



15. Na figura o planeta Terra está cercado de:

- a) Lixo espacial
- b) Satélites artificiais ativos
- c) Satélites naturais
- d) Corpos celestes

16. A expressão no “rosto” do planeta está demonstrando:

- a) Surpresa, por que nunca percebeu tantos objetos em seu entorno.
- b) Espanto, pois não existe nenhum tipo de objeto nas órbitas da Terra.
- c) Desespero, pois pode interferir nos avanços e descobertas sobre o Espaço.
- d) Agonia, mas esses objetos não representam possíveis problemas econômicos e ambientais.

17. Leia a tirinha e assinale a alternativa incorreta:



Fonte: Quino (2003, p. 150, tira 3).

- a) Os satélites artificiais ativos são monitorados pelo país que o enviou ao Espaço.
- b) Os satélites artificiais quando entram na atmosfera terrestre perdem altitude e caem na Terra, atraídos pela força de gravidade exercida pelo planeta Terra.
- c) Provavelmente se esse satélite reentrou na atmosfera terrestre deveria estar em órbita baixa (LEO).
- d) Todos os satélites que não estão mais sendo usados desaparecem misteriosamente no Espaço.

18. Falar de sustentabilidade no Espaço é:

- a) Refletir como retirar o lixo espacial em volta da Terra.
- b) Explodir os satélites inativos para diminuir a quantidade do lixo espacial.
- c) Agir de forma natural pois o lixo espacial irá sair para orbitar outros planetas.
- d) Analisar a velocidade do lixo espacial na órbita da Terra.

19. Leia a tirinha e assinale a alternativa correta sobre o uso dos satélites artificiais:



Fonte: Quino (2003, p.199, Tira 3)

- São importantes apenas para tirar fotos da Terra
- Servem para fazer monitoramento do planeta, previsões meteorológicas, serviços de internet, etc.
- São usados exclusivamente para previsões meteorológicas do tempo.
- Todos os satélites servem para transmissão de dados da TV.

20. O nome do processo para diminuição do lixo espacial da órbita terrestre é:

- Lançamento
- Aterrisagem
- Mitigação
- Elevação

21. Essa figura representa uma charge sobre a questão do lixo espacial, sobre ela podemos afirmar:



- É uma imagem que pode ser real, pois a quantidade de lixo espacial vem crescendo bastante.
- É uma imagem que representa a realidade por que são os astronautas que estão “limpando” o espaço.
- É uma imagem falsa apenas porque o lixo espacial não corresponde ao real.
- É uma crítica para chamar atenção da sociedade ao problema do lixo espacial.

22. Agência dos Estados Unidos responsável pelo desenvolvimento, exploração e pesquisa espacial, criada em 1958:

- a) ESA
- b) NASA
- c) AEB
- d) Programa Espacial Russo

23. O rastreamento do lixo espacial é feito com o intuito de:

- a) evitar colisões e choques.
- b) diminuir a quantidade.
- c) aumentar a tecnologia
- d) acabar com a pesquisa

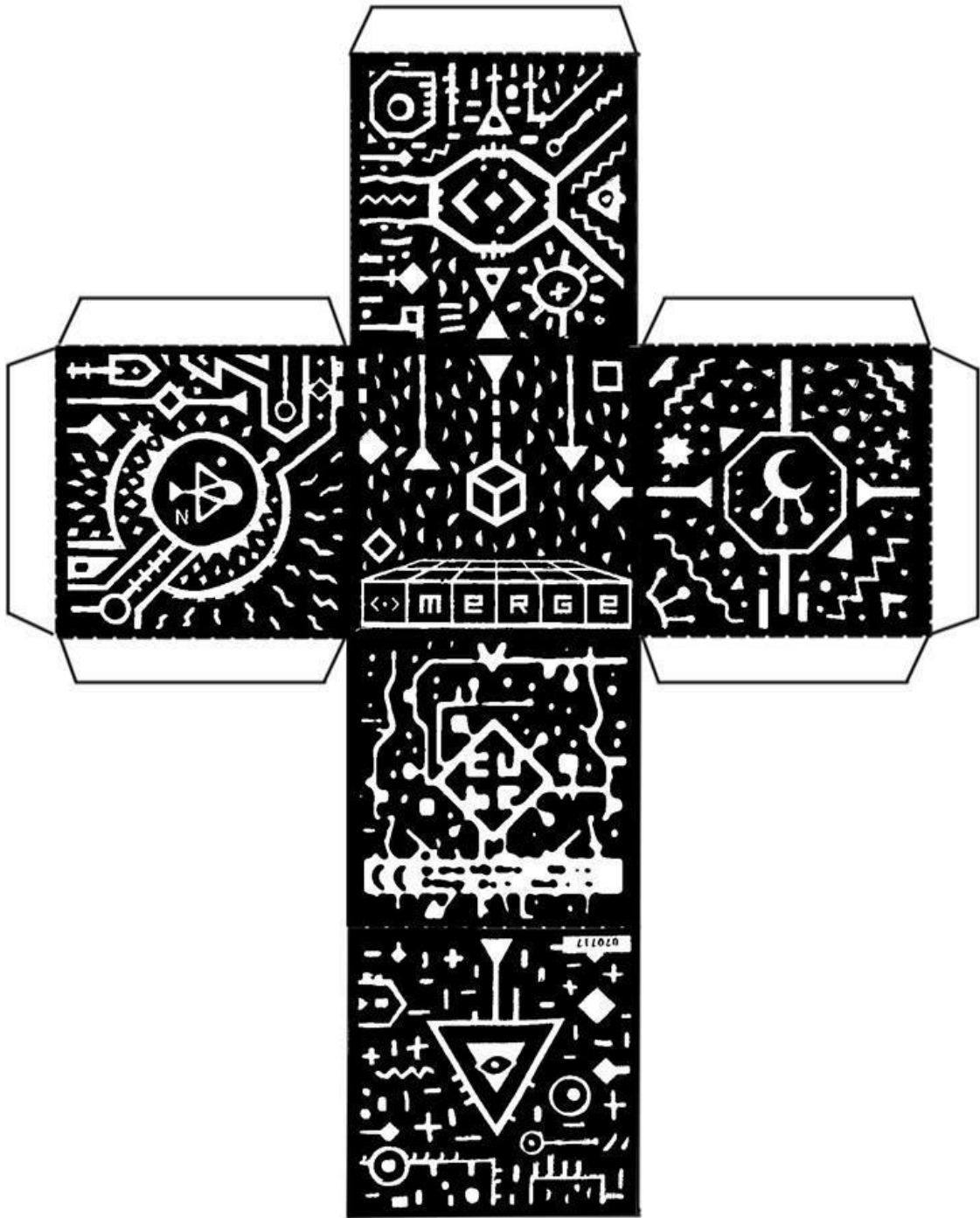
24. Assinale a alternativa **errada** sobre a seguinte questão: Ao atingir a superfície terrestre os resíduos do lixo espacial podem:

- a) polui o solo, mares e oceanos.
- b) espalhar substâncias tóxicas.
- c) ajudar a fertilizar as áreas agrícolas.
- d) destruir casas, veículos e construções.

25. Vela Solar, Raios Tratores e Balões de Hélio, são exemplos de tecnologia para usar em:

- a) Rastreamento de satélites ativos
- b) Mitigação do lixo espacial
- c) Localização de satélites naturais
- d) Descobertas e pesquisa sobre a Lua.

APÊNDICE 3: IMAGEM DO CUBO DO APLICATIVO MERGE OBJECT VIEWER



APÊNDICE 4: FOLHA DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE INTERVENÇÃO EDUCACIONAL

Avaliação do projeto: **Lixo espacial e os possíveis riscos a exploração do espaço e ao ambiente terrestre: um enfoque na educação básica**

| Preencha o quadro com o valor correspondente à sua opinião, utilizando a seguinte escala: 1 (ruim), 2 (regular), 3 (bom) e 4 (excelente) | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|---|---|---|
| As oficinas corresponderam as suas expectativas? | | | | |
| Qualidade dos materiais utilizados | | | | |
| Clareza da linguagem utilizada nas oficinas | | | | |
| Oportunidade para reflexão sobre os temas | | | | |
| Aplicação da oficina 1: Gravidade, satélites e órbitas da Terra | | | | |
| Aplicação da oficina 2: Lixo espacial e suas consequências | | | | |
| Aplicação da oficina 3: Sustentabilidade no ambiente espacial | | | | |
| Aplicação da oficina 4: Direito Espacial Internacional | | | | |
| Aplicação da oficina 5: Mitigação do lixo espacial | | | | |
| Caderno de atividades | | | | |

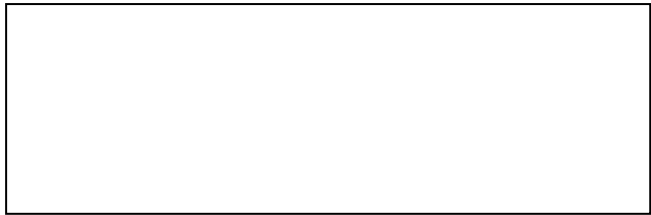
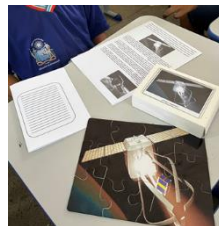
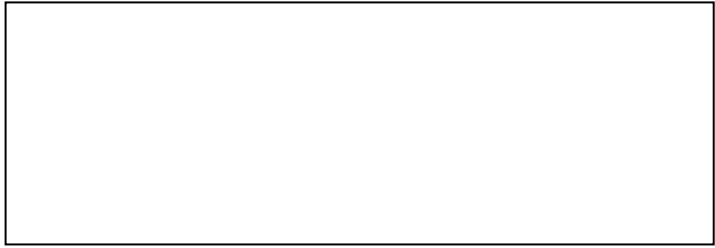
Responda com suas palavras:

| | |
|---|-------------------|
| O que é o Lixo Espacial? | <hr/> <hr/> <hr/> |
| O que o Lixo Espacial que se encontra na órbita da Terra pode causar? | <hr/> <hr/> <hr/> |
| Comente como os avanços na exploração do espaço podem ser comprometidos pelo Lixo espacial. | <hr/> <hr/> <hr/> |

| | |
|--|-------------------|
| <p>O que o Lixo Espacial pode causar ao cair na superfície da Terra?</p> | <hr/> <hr/> <hr/> |
| <p>Cite uma atitude que as Agências espaciais devem realizar para diminuir o problema do lixo espacial na órbita da Terra e na superfície terrestre.</p> | <hr/> <hr/> <hr/> |
| <p>Por que é importante praticar a Sustentabilidade na órbita terrestre?</p> | <hr/> <hr/> <hr/> |
| <p>De quem é a responsabilidade em recolher o lixo espacial na órbita da Terra?</p> | <hr/> <hr/> <hr/> |
| <p>O que é a Mitigação do Lixo espacial e por que ela é importante?</p> | <hr/> <hr/> <hr/> |

Para finalizar comente como foi a experiência vivida em cada uma das oficinas temáticas:





ALUNO: _____ TURMA: _____

ANEXO 1: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PARA O(A) ALUNO(A):

Você aluno(a) está sendo convidado(a) a participar, **como voluntário(a)**, de uma atividade de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Astronomia, Mestrado Profissional, da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS.

O título da Pesquisa é “XXXXXXXXXXXX” e tem como objetivo produzir o trabalho de conclusão de curso do mestrando/pesquisador XXXXXX.

Os resultados desta pesquisa e imagem do(a) aluno(a), poderão ser publicados e/ou apresentados em encontros e congressos sobre Ensino e Astronomia. As informações obtidas por meio dos relatos (anotações, questionários ou entrevistas) serão confidenciais e asseguramos sigilo sobre sua identidade. Os dados serão publicados de forma que não seja possível a sua identificação.

É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento, bem como a participação nas atividades da pesquisa. Em caso de dúvida sobre a pesquisa você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável.

PARA OS PAIS OU RESPONSÁVEIS:

Após ler com atenção este documento e ser esclarecido(a) de quaisquer dúvidas, caso aceite a participação da criança ou adolescente na pesquisa, preencha o parágrafo abaixo e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável.

Eu, _____, responsável pelo(a) aluno(a) _____, nascido(a) em ____/____/____, autorizo a participação do(a) aluno(a) na pesquisa, e permito gratuitamente, _____, responsável pela pesquisa, o uso da imagem do(a) referido(a) aluno(a), em trabalhos acadêmicos e científicos, bem como autorizo o uso ético da publicação dos relatos provenientes deste trabalho. Declaro que recebi uma cópia do presente Termo de Consentimento. Por ser verdade, dato e assino em duas vias de igual teor.

_____ de _____ de 20xx

Assinatura do responsável pelo(a) aluno(a)

Contatos: Orientador(a) Responsável: **Prof(º) Dr(ª)**

E-mails: <e-mails orientador(a) e discente>

Telefone: (75) 31618289.

Endereço: Av. Transnordestina, S/N. Bairro Novo Horizonte. CEP: 44036-900. Feira de Santana Bahia.

Assinaturas: _____ (Orientador(a): **Prof(º) Dr(ª)**)

_____ (Coorientador(a): **Prof(º) Dr(ª)**)

_____ (Discente: **Prof(a)**).