



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
NATURAIS

CARLA MAGNA MOURA DA SILVA SANTOS

A GEOMETRIA FRACTAL E A DEFICIÊNCIA VISUAL NO
CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS INCLUSIVO E DA
EDUCAÇÃO INTEGRATIVA STEAM

CUIABÁ

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
NATURAIS

CARLA MAGNA MOURA DA SILVA SANTOS

A GEOMETRIA FRACTAL E A DEFICIÊNCIA VISUAL NO
CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS INCLUSIVO E DA
EDUCAÇÃO INTEGRATIVA STEAM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais da Universidade Federal de Mato Grosso (PPGECN/UFMT), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Naturais, na Linha de Pesquisa Processos de Ensino e Aprendizagem em Educação Científica.

Prof.^a Dr.^a EDNA LOPES HARDOIM
ORIENTADORA

CUIABÁ

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

M196g Santos, Carla Magna Moura da Silva.
A Geometria Fractal e a Deficiência Visual no Contexto do Ensino de Ciências Inclusivo e da Educação Integrativa Steam / Carla Magna Moura da Silva Santos. -- 2022
87 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Edna Lopes Hardoim.
Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências Naturais, Cuiabá, 2022.
Inclui bibliografia.

1. Cerrado. 2. Realidade Aumentada. 3. Geometria da Natureza. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "A Geometria Fractal e a Deficiência Visual no Contexto do Ensino de Ciências Inclusivo e da Educação Integrativa Steam"

AUTORA: MESTRANDA CARLA MAGNA MOURA DA SILVA SANTOS

Dissertação defendida e aprovada em 20 de JUNHO de 2022

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. DOUTORA EDNA LOPES HARDOIM (PRESIDENTE DA BANCA / ORIENTADORA)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO - UFMT

2. DOUTORA MARIA SALETI FERRAZ DIAS FERREIRA (EXAMINADORA INTERNA)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO - UFMT

3. DOUTORA ZARYF ARAJI DAHROUG PACHECO (EXAMINADORA EXTERNA)

INSTITUIÇÃO: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO - IFMT

4. DOUTORA ROSINA DJUNKO MIYAZAKI (EXAMINADORA SUPLENTE)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO - UFMT

CUIABÁ, 20/06/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Rosina Djunko Miyazaki, Usuário Externo**, em 20/06/2022, às 17:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria Saleti Ferraz Dias Ferreira, Usuário Externo**, em 20/06/2022, às 17:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **EDNA LOPES HARDOIM, Usuário Externo**, em 20/06/2022, às 18:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Zaryf Araji Dahroug Pacheco, Usuário Externo**, em 20/06/2022, às 19:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4819866** e o código CRC **845FBABB**.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus por nortear minha vida e aos meus pais, Rosivalda Castro da Silva e Sebastião Moura da Silva, que foram fundamentais em meu processo educacional, sendo meus maiores incentivadores, aos meus irmãos Carlos Magno, César Magno (*in memoriam*) e Alexandre Magno.

Dedico, ainda, ao grande amor da minha vida. Companheiro de jornada e meu esposo Odenilton Júnior e minha filha amada Rita de Cássia que juntos contribuíram, decisivamente, para que esta dissertação pudesse ser concluída, por último, mas não menos importante, dedico esta dissertação a minha amada orientadora Edna Hardoim, sem ela este sonho não teria sido realizado.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre colocar pessoas maravilhosas em meu caminho, as quais me fazem acreditar em um mundo melhor e mais inclusivo e me encorajam a prosseguir. Obrigada por nunca soltar a minha mão e me guiar em todos os momentos.

Aos meus pais, Rosivalda e Sebastião, que nunca mediram esforços para me ensinar o caminho do bem, e sempre me apoiaram em todas as etapas da minha vida. Sem vocês, eu não chegaria até aqui. Muito obrigada por tudo! Obrigada por acreditarem no meu sonho e sempre me motivarem a seguir em frente.

Ao meu amado esposo Odenilton Júnior, por todo amor, carinho, compreensão e apoio em tantos momentos difíceis desta caminhada. Obrigado por permanecer ao meu lado: eu Te amo!

A minha querida e super amada filha Rita de Cássia, por toda paciência e amor.

A minha orientadora, Professora Doutora Edna Lopes Hardoim pela oportunidade de realizar este trabalho. Obrigada pela confiança e por me atender com paciência todas as vezes que necessitei. Agradeço por todos os ensinamentos compartilhados, de forma admirável, e por me guiar nos primeiros passos das pesquisas. Muito obrigada por tudo! A senhora é um grande exemplo de força e serenidade. Obrigada por me oferecer um ombro amigo sempre que precisei. A senhora, minha eterna gratidão!

As membras da banca examinadora, Prof.^a Dr.^a Zaryf Araji Dahroug Pacheco, Prof.^a Dr.^a Maria Saleti Ferraz Dias Ferreira e Prof.^a Dr.^a Rosina Djunko Miyazaki pelas enormes contribuições que enriqueceram meu trabalho.

Ao Centro de Apoio e Suporte à Inclusão da Educação Especial (CASIES), ao Diretor Alessandro Rodrigues da Silva e a Secretária Ângela Aparecida Perotoni, por terem dado todo apoio para que eu pudesse cursar o mestrado sem prejuízos ao meu trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigada!

“A Geometria Fractal não é apenas um capítulo da matemática, mas aquele que ajuda todo homem a ver o mesmo mundo de forma diferente.”

Benoit Mandelbrot

RESUMO

Esta pesquisa, que abordou a Geometria Fractal em alguns elementos do Cerrado, consiste em uma proposta interdisciplinar e inclusiva empregando a Abordagem STEAM. A questão orientadora da investigação foi como seria a percepção dos alunos, sobretudo dos estudantes com deficiência visual, sobre as formas geométricas de elementos naturais. Teve-se como objetivo geral proporcionar oportunidades equânimes de aprendizagem a todos os estudantes, de forma a dar acessibilidade também a educandos com deficiência visual. É necessário mostrar aos professores que a barreira da aprendizagem não está no aluno pelo fato dele ser cego, surdo, ou por algum outro impedimento sensorial, físico ou cognitivo, mas sim na maneira com que os conhecimentos lhes são apresentados. Aportado em uma abordagem qualitativa com o requerido rigor científico foi realizado um estudo de caso com dezesseis alunos, do 7º ano do Ensino Fundamental, em uma escola de Cuiabá-MT. Incorporando elementos de pesquisa-ação, apoiados em pressupostos da epistemologia de Lev Vygotski, aplicou-se o projeto “O tal fractal”, a partir do qual foi desenvolvido um roteiro didático como produto educacional. Foi possível observar nesta pesquisa que mesmo um conteúdo que pareça desafiador como a geometria fractal pode ser utilizado, com grande proveito, em sala de aula, quando se inova nos métodos didáticos. Desse modo, a pesquisa possibilitou o máximo de abstração dos conhecimentos nas componentes curriculares da Biologia, da Matemática e das Artes, apresentadas por meio de recursos didáticos inovadores e integrativos como a Realidade Aumentada, 3D e materiais inclusivos, acessíveis. Para além da revolução que a geometria fractal trouxe para o estudo das formas, essa se mostrou como um conhecimento que gerou curiosidades, provocou questionamentos e motivou os estudantes a buscarem respostas aos desafios a eles apresentados, ajudando no desenvolvimento de algumas habilidades requeridas no âmbito social e profissional.

Palavras-chave: Cerrado. Realidade Aumentada. Geometria da Natureza.

ABSTRACT

This research that addressed Fractal Geometry in some elements of the Cerrado Bioma, consists of an interdisciplinary and inclusive proposal in the STEAM approach. The investigation guiding question was what would be the perception of students, especially those ones with visual impairments, about the geometric shapes of natural elements? Our general goal was to provide equitable learning opportunities to all students in order to provide accessibility also to students with visual impairments. It is necessary to show teachers that the learning barrier is not in the student because he is blind, deaf, or for some other physical, sensory or cognitive impairment, but in the way in which the knowledge is presented to them. Based on a qualitative approach, with the required scientific rigor, we carried out a case study with 16 students from the 7th year of Elementary School, in a school in Cuiabá-MT. Incorporating action research elements, supported by Lev Vygotski's epistemology assumptions, we applied the project "O tal fractal", from which we developed a didactic script as an educational product. Considering the research results, it was possible to observe that even content that seems challenging such as fractal geometry can be used as a great advantage in the classroom. Thus, allowing the maximum abstraction of knowledge in the curricular components of Biology, Mathematics, and Arts, presented through innovative teaching resources such as Augmented Reality, 3D and inclusive, accessible materials. In addition to the revolution that fractal geometry has brought to the study of shapes, it is shown as a knowledge that generates curiosity, provokes questions and motivates students to seek answers to the challenges presented to them, helping them to develop some required skills in the social and professional sphere.

Keywords: Cerrado. Augmented Reality. Geometry of Nature.

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1 – Quadro nº 16, Jackson Pollock.....	24
Figura 2 - Estrutura colonial de <i>Bacillus subtilis</i>	25
Figura 3 - Hierarquia fluvial, formando fractais.....	26
Figura 4 - Bacia de drenagem do rio Paraguai com exutório na estação fluviométrica de Porto Murtinho.	26
Figura 5 - Espécie caducifólia registrada no cerrado mato-grossense com arquitetura que a torna um excelente modelo didático para estudo dos fractais.	27
Figura 6 - Fases da STEAM	32
Figura 7 - Tronco Mamica de Porca.....	42
Figura 8 - Jenipapo vista de cima	42
Figura 9 - Jacarandá.....	43
Figura 10 - Jenipapo	43
Figura 11 - Quebra-cabeça Físico.....	58
Figura 12 - Quebra-cabeça Virtual	58
Figura 13 - Observação da semente de Jacarandá.....	58
Figura 14 - Autossemelhança do galho seco	58
Figura 15 - Brócolis em RA	60
Figura 16 - Fractais nas Árvores em RA	60
Figura 17- Organizando o Varal.....	64
Figura 18 - Varal Fractal	64
Figura 19 - Desenvolvendo no Paint 3D	64
Figura 20 - Últimos detalhes para apresentação.....	64
Figura 21 - RA em ação.....	64
Figura 22 - Cenário Virtual	64
Figura 23 - Os fractais	65
Figura 24 - Socializando o conhecimento	65
Figura 25 - Rio Minecraft.....	65
Figura 26 - Árvore no Minecraft	65
Gráfico 1 - Dispositivos a que os alunos têm acesso, relacionados pelos respondentes.	56

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Fases da STEAM.....	44
Quadro 2 - Levantamento de teses e dissertações no catálogo da BDTD de 2009 a 2019.....	51
Quadro 3 - Levantamento de teses e dissertações no catálogo da BDTD de 2009 a 2019. Descritores: "Geometria" AND "Ensino" AND "Deficiente Visual"	53
Quadro 4 - Resultado do questionário aplicado no primeiro dia.....	55
Quadro 5 - Resposta do Questionário Final.....	67
Quadro 6 - Resposta do Questionário Final.....	68
Quadro 7 - Resposta do Questionário Final.....	71
Quadro 8 - Resposta do Questionário Final.....	72

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABProj	Aprendizagem Baseada em Projetos
MAACI	Método de Aprendizagem Ativa na Perspectiva Colaborativa e Inclusiva
PcD	Pessoa com Deficiência
PDV	Pessoa com Deficiência Visual
STEAM	Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TBR	Taxonomia de Bloom Revisada
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
1 ALGUNS DESAFIOS SOBRE A VIABILIDADE DA GARANTIA DO DIREITO À INCLUSÃO DE PESSOAS COM IMPEDIMENTOS	17
1.1 EDUCAÇÃO INCLUSIVA.....	18
1.2 DEFICIÊNCIA VISUAL.....	19
2 GEOMETRIA FRACTAL	21
2.1 GEOMETRIA FRACTAL: DEFINIÇÕES, CARACTERÍSTICAS, AUTOSSIMILARIDADE OU AUTOSSEMELHANÇA	21
2.2 APLICAÇÕES DA GEOMETRIA FRACTAL	23
2.3 FRACTAIS NA NATUREZA.....	25
2.4 FRACTAIS EM ELEMENTOS DO CERRADO	27
3 STEAM: UMA ABORDAGEM NA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	29
3.1 MAACI - MÉTODO DE APRENDIZAGEM ATIVA NA PERSPECTIVA COLABORATIVA E INCLUSIVA.....	32
3.1.1 Aprendizagem Baseada em Projetos	35
3.2 AULA DE CAMPO.....	36
4 PERCURSO METODOLÓGICO	39
4.1 A PESQUISA EM CONTEXTO.....	39
4.2 O LOCAL E OS PARTICIPANTES	40
4.3 ASPECTOS ÉTICOS	40
4.4 A COLETA DE DADOS.....	41
4.5 O PRODUTO EDUCACIONAL.....	43
4.5.1 Etapas da pesquisa	45
4.5.1.1 Primeiro Encontro: Geometria, onde podemos encontrar?.....	46
4.5.1.2 Segundo Encontro: Descobrimo a tal Geometria na Natureza!	47

4.5.1.3 Terceiro Encontro: Aprofundando os conhecimentos	48
4.5.1.4 Quarto Encontro: Mãos na Massa.....	48
4.5.1.5 Quinta Etapa: Apresentando o Produto Final	49
4.5.2 Análise da evolução cognitiva dos conceitos sobre Geometria Fractal e suas relações com elementos encontrados na natureza: A Taxonomia de Bloom Revisada....	50
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
5.1 DA QUESTÃO, UM ESTADO.....	51
5.2 ORGANIZAÇÃO DO ROTEIRO	54
5.2.1 - 1º Encontro - Apresentar, conhecer e instigar	54
5.2.2 2º Encontro – Problematizando a Geometria: uma tempestade de ideias....	57
5.2.3 3º Encontro - Investigando e Conectando dados	58
5.2.4 4º Encontro - A hora da criação do aluno	61
5.2.5 5º Encontro - Comunicando e refletindo sobre “O TAL FRACTAL”	63
5.3 A AVALIAÇÃO FINAL DOS COLABORADORES DA PESQUISA.....	66
CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICE A	84

INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Educação Especial, na Perspectiva da Educação Inclusiva, de 2008, define o público-alvo da Educação Especial como sendo os alunos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades/superdotação (BRASIL, 2008). O Estado de Mato Grosso possui 20.075 estudantes matriculados como público-alvo da Educação Especial, segundo dados do Censo Escolar 2020 divulgados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Desses estudantes identificados como público-alvo da Educação Especial, 147 são cegos e 1.423 baixa-visão (BRASIL, 2020).

Ainda que tenham ocorrido progressos consideráveis, as escolas continuam apresentando dificuldades em avançar nas práticas educativas, na perspectiva inclusiva (FREITAS et al., 2021), que necessitam ser diversificadas, de forma a dar acessibilidade ao conhecimento a todos os estudantes. Mantoan (2003, p. 30) afirma que: “a inclusão também se legitima, porque a escola, para muitos alunos, é o único espaço de acesso aos conhecimentos. É o lugar que vai proporcionar-lhes condições de se desenvolverem e de se tornarem cidadãos”. Nesse contexto, Néry e De Sá (2019, p. 4) dizem que: “não basta apenas que os alunos com deficiência estejam na escola para adaptar-se a ela, é necessário que as escolas acolham os alunos e estejam aptas para se adaptarem às suas necessidades e singularidades.”.

Ainda se encontram dificuldades de inclusão e de acessibilidade aos conteúdos desenvolvidos em escolas regulares, que possuem estudantes com deficiência visual matriculados. Considerando que se vive em uma cultura pautada nas pessoas videntes, praticamente tudo ainda é construído pensando no visual e nas pessoas que enxergam, o que foi constatado por Siaulyš (2010), ao mencionar que 80% das informações que são recebidas no dia a dia são fornecidas por meio da visão.

Esses estudantes, muitas vezes, apresentam dificuldades de compreensão dos conteúdos relacionados à matemática, que é uma disciplina baseada em vários conceitos visuais. Abreu (2013, p.11) diz que: “O ensino da Matemática a portadores dessa deficiência é dificultado quando não adotamos meios para que haja a visualização de alguns elementos importantes na obtenção e compreensão dos conceitos matemáticos”. Trabalhar algumas áreas da matemática também é, por vezes, abstrato, desvinculado do cotidiano, não fazendo sentido para alguns estudantes, o que dificulta sua aprendizagem.

A escolha do tema Geometria Fractal como temática a ser pesquisada decorre exatamente da dificuldade do professor em trabalhar conceitos que, normalmente, são elaborados pelos estudantes visualmente, limitando a formação da representação mental do estudante com deficiência visual, a qual se sabe fica a cargo da cognição, que “concebe meios para compreender, refletir e pensar o conhecimento humano” (RODRIGUES, FUJITA e DAL’EVEDOVE, 2018, p.71).

A “Geometria é considerada por muitos, inclusive professores de Matemática, como uma área extremamente difícil, é a área menos escolhida pelos professores nas capacitações” (ABREU, 2013, p.68). Para o professor de matemática parece ser ainda mais difícil trabalhar imagens em turmas inclusivas, que tenham alunos com deficiência visual, pois a visão parece ser a principal experiência sensorial da maioria dos indivíduos. É preciso insistir na busca ou no desenvolvimento de métodos educacionais, que auxiliem os estudantes na construção dessas representações mentais de maneira independente da visão. Como diz Reily (2008, p. 247) as: “representações simbólicas e metafóricas da deficiência têm o objetivo de subverter o seu poder” e os coloca no mundo real, concreto.

Diante do exposto, como professora de matemática e mestranda de um Programa em Ensino de Ciências Naturais houve interesse pela integração de conceitos de ambas as áreas, surgindo questões, tais como, se os alunos conheciam a maneira de descrever as inúmeras formas naturais encontradas no ambiente, considerando as suas irregularidades e, também, por serem multifacetadas. Então, as respostas deveriam vir a partir da pergunta básica que se faria aos alunos: Qual a geometria da natureza? Suas respostas levariam a uma situação de pesquisa e sobre a qual se deveria obter mais informações. Formulou-se, então, o problema de pesquisa: *como seria a percepção dos alunos, sobretudo dos cegos, sobre as formas geométricas de elementos naturais?*

As aplicações da Geometria Fractal estão presentes no cotidiano de maneira diversificada e, muitas vezes não significativas, e em várias estruturas das Ciências, Biologia, Tecnologias, Engenharias, Química, Artes, além da Matemática, e isso reforça a importância de trazer nesta dissertação o uso da abordagem STEAM, que é uma maneira de se implantar, em sala de aula, a interdisciplinaridade (PUGLIESE, 2020).

Nesta pesquisa se traz também o bioma Cerrado como uma temática interdisciplinar e espaço no qual os estudantes poderão observar a presença dos padrões fractais nas raízes, folhas e nas ramificações das árvores. Traz-se a autossimilaridade estatística (aproximada), que é a

aquela principalmente encontrada em objetos naturais, e observada quando se amplia um objeto várias vezes e se percebe que as partes são parecidas e não idênticas.

Os recursos didáticos, geralmente, utilizados no ensino regular, que poderiam proporcionar ao estudante com deficiência visual a visualização de um objeto geométrico, por exemplo, são escassos e, por vezes, ineficientes, levando em consideração que precisam ser concretos, manipulativos para serem usados e compreendidos pelo estudante com deficiência visual. Nesse contexto, métodos de aprendizagem ativa empregados na Educação integrativa STEAM, a exemplo da aprendizagem colaborativa e da metodologia de projetos (BACICH, 2020) podem contribuir para a inclusão e dar acesso a todos os estudantes de uma turma, ultrapassando diferentes impedimentos, como a cegueira, por exemplo. Neste contexto, é preciso pesquisar e atualizar o uso de abordagens metodológicas educacionais inclusivas.

A Educação STEAM atribui à Arte uma função formativa similar aos demais campos do saber que a compõem e, com relação às representações mentais de estudantes cegos, é “preciso determinar onde e como emergem, e como funcionam nos diferentes gêneros artísticos [...]” (LINTON, 1998, p. 129).

Nesse contexto, ao propor o projeto se pretendia desenvolver um recurso educativo que pudesse auxiliar no processo de ensino e aprendizagem da matemática, de forma inclusiva, ou seja, que desse oportunidades de acesso ao conhecimento a todos estudantes de uma sala de aula diversa, embora nesta pesquisa o foco esteja na inclusão da pessoa cega. Uliana (2013, p. 598) diz que: “no meio educacional, os estudantes cegos precisam usar os sentidos remanescentes para captar as informações, visualizar e interpretar. O sentido do tato ativo tem sido o mais explorado, no atual sistema de ensino, na tentativa de suprir a deficiência ou a falta da visão”.

No ensino de Biologia e de Matemática, os professores possuem grande dificuldade em trabalhar conceitos, pois para serem abstraídos pelo educando, exigem que seja feito um paralelo com a visualização, muitas vezes, imediata. É importante ressaltar que esta ação poderá ser adotada por outros professores para tornarem suas aulas inclusivas.

Essa pesquisa teve como objetivo geral proporcionar oportunidades de aprendizagem a todos os estudantes com equidade, especificamente, aos educandos deficientes visuais, muitas vezes deixados à deriva no sistema educacional, seja por falta de preparo da escola ou por desconhecimento das possibilidades metodológicas já existentes.

E os objetivos específicos foram estabelecer, por meio da pesquisa, diferentes aspectos referentes à geometria fractal e suas representações no mundo natural; investigar se métodos

ativos e inclusivos, em uma abordagem STEAM, podem contribuir para a aprendizagem de conceitos básicos da Geometria Fractal e desenvolver e testar um produto educacional que proporcione acessibilidade aos alunos para conhecimento da geometria fractal e testar, junto com os estudantes colaboradores da pesquisa, a eficiência do produto educacional.

1 ALGUNS DESAFIOS SOBRE A VIABILIDADE DA GARANTIA DO DIREITO À INCLUSÃO DE PESSOAS COM IMPEDIMENTOS

Os professores, muitas vezes, desconhecem as possibilidades de tornarem suas aulas inclusivas, e não levam em conta o potencial do seu aluno com deficiência, focando mais em seu impedimento visual do que na natureza e no desenvolvimento das potencialidades humanas, como afirmam Hardoim et al. (2013).

Nesse sentido, como educadores se deve considerar as Inteligências Múltiplas, propostas por Gardner (1983) - Linguística-Verbal, Naturalista, Interpessoal, Intrapessoal, Visual-espacial, Corporal-Cinestésica, Musical e Lógico-matemática, que devem ser exploradas por intermédio de atividades que utilizem outros canais de aprendizagem como os receptores sensoriais, que definem os demais sentidos no sistema nervoso central, como a audição, o paladar, o olfato, o tato e a propriocepção ou cinestesia - sensibilidade corporal de receptores encontrados em músculos, tendões, ligamentos, articulações ou pele. Aqui, lembre-se o educador de que ao pensar nas atividades é preciso saber que “Determinadas regiões do corpo apresentam maior sensibilidade e maior precisão para identificar o estímulo. A sensibilidade tátil é a que tem melhor precisão. Não é à toa que a leitura em Braille se executa com a superfície dos dedos indicadores e médios e não com a palma da mão” (NETO, 2021, on-line).

É necessário, ainda, valorizar capacidades para além das cognitivas, como as emocionais e seus contextos socioculturais (aspectos não cognitivos), como o próprio Gardner cita em sua revisão da proposta apresentada anteriormente por ele e colaboradores (GARDNER, 2020). Ao desconhecer todas essas possibilidades e o conjunto de motivações para o desenvolvimento de suas capacidades, vários professores que deveriam investir nos potenciais de seus alunos com algum tipo de impedimento acabam por desistir de lhes facilitar o acesso ao conhecimento abordado com os demais estudantes da turma.

Todavia, compete ressaltar que esta não é uma questão relativa, exclusivamente, ao professor, que via de regra é culpabilizado pelo insucesso da aprendizagem dos alunos. Dias (2021), em seus estudos sobre indicadores qualitativos na escolarização de estudantes com transtorno do espectro autista, no contexto da educação inclusiva, chama a atenção para o processo de escolarização desses estudantes, que nesse entendimento também se adequam a Pessoas com Deficiência Visual e a outras PcD, e discorre sobre as seis dimensões da escolarização: Estratégias Pedagógicas e de Aprendizagem; Gestão Escolar; Família;

Ambiente; Parcerias Intersectoriais Articuladas; Estruturas de Organização Inclusiva e as Políticas Públicas, fazendo refletir sobre os atores e processos que devem ser envolvidos para o fortalecimento da identidade inclusiva nas escolas brasileiras de ensino regular.

1.1 EDUCAÇÃO INCLUSIVA

Escolas inclusivas devem reconhecer e responder às necessidades diversas de seus alunos, acomodando ambos os estilos e ritmos de aprendizagem e assegurando uma educação de qualidade a todos através de um currículo apropriado, arranjos organizacionais, estratégias de ensino, uso de recurso e parceria com as comunidades (UNESCO, 1994, p.5).

Não bastam leis que garantam o direito do acesso à Educação. É preciso que após a matrícula, todos os alunos, incluindo aqueles com algum tipo de deficiência, encontrem condições que os motivem a permanecer e a aprender na Escola. Um dos exemplos, no Brasil, é a sua principal norma - a Constituição da República Federativa do Brasil (BRASIL, 1988) que, em seu artigo 208, assegura acesso aos níveis mais elevados do ensino, da pesquisa e da criação artística, segundo a capacidade de cada um. No ano 1996, o Congresso Nacional Brasileiro aprovou e o presidente da república sancionou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº 9394/96 que, em seu artigo 58, diz que: “Entende-se por educação especial, para os efeitos desta Lei, a modalidade de educação escolar oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação” (BRASIL, 1996).

A Declaração Mundial sobre Educação para Todos, documento elaborado na Conferência Mundial sobre Educação para Todos, realizada em 1990 na cidade de Jomtien, na Tailândia, buscou garantir a todas as pessoas os conhecimentos básicos necessários a uma vida digna, visando uma sociedade mais humana e mais justa (UNESCO, 1990). Faz-se necessário destacar, ainda, a relevância da Declaração de Salamanca, documento produzido na Conferência Mundial em Educação Especial organizada pelo governo da Espanha, em cooperação com a UNESCO, que ocorreu em Salamanca, em 1994, que colocou a Educação Especial dentro da estrutura “Educação para Todos”, dando, assim, o direito a inclusão no sistema educacional a qualquer criança, com ou sem deficiência (UNESCO, 1994).

toda criança tem direito fundamental à educação, e deve ser dada a oportunidade de atingir e manter o nível adequado de aprendizagem,
toda criança possui características, interesses, habilidades e necessidades de aprendizagem que são únicas,

sistemas educacionais deveriam ser designados e programas educacionais deveriam ser implementados no sentido de se levar em conta a vasta diversidade de tais características e necessidades, aqueles com necessidades educacionais especiais devem ter acesso à escola regular, que deveria acomodá-los dentro de uma Pedagogia centrada na criança, capaz de satisfazer a tais necessidades, escolas regulares que possuam tal orientação inclusiva constituem os meios mais eficazes de combater atitudes discriminatórias criando-se comunidades acolhedoras, construindo uma sociedade inclusiva e alcançando educação para todos; além disso, tais escolas provêm uma educação efetiva à maioria das crianças e aprimoram a eficiência e, em última instância, o custo da eficácia de todo o sistema educacional (UNESCO,1994).

1.2 DEFICIÊNCIA VISUAL

Existe um movimento mundial pela inclusão, seja essa inclusão no ambiente educacional, de trabalho e social, concedendo para essas pessoas o direito de viverem juntas, aprenderem juntas e compartilharem as experiências, as frustrações e as conquistas sem nenhum tipo de atitudes discriminatórias. Também se vive em um mundo no qual a visão é utilizada o tempo todo, e não é diferente no sistema educacional. Ter algum impedimento visual dificulta que o estudante tenha acesso a alguns temas dos componentes curriculares, e isso acaba se tornando barreiras para esses estudantes.

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), existe no Brasil 35,8 milhões de Pessoas com Deficiência Visual, destaca-se a Portaria nº 3.128/08 do Ministério da Saúde, que traz a definição da deficiência visual, dividida em dois grupos, sendo esses:

Cegueira: é a redução da acuidade visual central, pode ser desde a cegueira total (nenhuma percepção de luz) até acuidade visual menor que 20/400P (ou seja, 0,05) em um ou ambos os olhos, ou redução do campo visual ao limite inferior a 10°
Baixa-visão: quando a acuidade visual corrigida no melhor olho é menor do que 0,3 e maior ou igual a 0,05 ou seu campo visual é menor do que 20° no melhor olho, com a melhor correção óptica (BRASIL, 2008).

A causa da deficiência visual pode ser congênita ou adquirida, sendo a congênita desde o nascimento e a adquirida em outras fases da vida, seja na infância ou na fase adulta, causada por variados fatores, que podem ser doenças ou acidentes.

Nesse sentido, o estudante com a deficiência visual necessita participar de todas as atividades propostas pelo corpo docente da Unidade Escolar, para que sua aprendizagem se torne significativa, e que ocorra o desenvolvimento dos outros sentidos, e uma ferramenta importante para contribuir nesse processo é a Audiodescrição, que é um recurso que traduz as imagens em palavras.

Audiodescrição consiste na “transformação de imagens em palavras” para que informações-chave transmitidas visualmente não passem despercebidas e possam também ser acessadas por PDV total, parcial ou com baixa visão. Dizemos que a AD é um recurso tecnológico, tendo em vista sua utilização tanto para que se possa descrever/narrar, diretamente e em tempo real, os fatos para quem não enxerga, quanto para planejar, gravar, editar e disponibilizar objetos comunicacionais em áudio (VIEIRA, 2018, p. 41).

O ensino tradicional da Matemática não atende às necessidades dos estudantes com deficiência visual, conforme destacam os autores Shimazaki, Silva e Viginheski (2016, p. 150):

O ensino de Matemática, fundamentado na prática pedagógica tradicional, que reduz o ensino da disciplina à apresentação de conceitos já elaborados, ao uso do livro didático, do quadro e do giz, pode ser considerado como uma prática pedagógica excludente, uma vez que não atende à diversidade, pois não proporciona aos estudantes, especialmente aos estudantes com deficiências, diferentes caminhos e possibilidades para a elaboração do conhecimento científico, conforme suas necessidades.

2 GEOMETRIA FRACTAL

Aprende-se matemática não somente por sua beleza ou pela consistência de suas teorias, mas principalmente para que, a partir dela, o homem amplie seu conhecimento e, por conseguinte, compreenda melhor o mundo no qual ele vive (VEJAN; FRANCO, 2008, p. 3).

2.1 GEOMETRIA FRACTAL: DEFINIÇÕES, CARACTERÍSTICAS, AUTOSSIMILARIDADE OU AUTOSSEMELHANÇA

Por alguns séculos, a geometria Euclidiana foi descrita como sendo a melhor maneira de descrever o mundo em que se vive e foi ao final do século XVIII e início do século XIX que surgiram novos conhecimentos da geometria. Esses novos estudos foram denominados Geometria não Euclidiana (LISBOA, 2019). Euclides de Alexandria, em 300 a.C., é reconhecido pela autoria da sua famosa obra “Os Elementos”, que contém um conjunto de cinco postulados:

1. Uma linha reta pode ser traçada de um ponto a outro, escolhidos à vontade.
2. Uma linha reta pode ser prolongada indefinidamente.
3. Um círculo pode ser traçado com centro e raio arbitrários.
4. Todos os ângulos retos são iguais.
5. Se uma reta secante a duas outras formam ângulos, de um mesmo lado dessa secante, cuja soma é menor que dois ângulos retos, então essas retas, se prolongadas suficientemente, encontrar-se-ão em um ponto desse mesmo lado (COUTINHO, 2001, p. 34).

Alguns grandes matemáticos da história dedicaram a vida aos estudos que se opunham ao quinto postulado de Euclides. A geometria não euclidiana surgiu a partir da impossibilidade de se calcular superfícies curvas e irregulares, pois a geometria Euclidiana é uma geometria aplicada ao plano. Segundo Silva (2017, p. 13): “Permaneceu como um desafio para os matemáticos durante dezenas de séculos, até ser parcialmente contestado por Gauss, Riemann”.

Nikolai Ivanovich Lobachewski, em 1829, e János Bolyai, em 1831, anunciaram uma geometria que veio a ser conhecida como Geometria Não-Euclidiana ou Geometria Hiperbólica, que nega o postulado V de Euclides (KILHIAN, 2022). É sempre bom lembrar, como cita Ávila (2011, p.1), que “a essência da matemática está nas ideias que impulsionam a criatividade de suas teorias”. Nos moldes de outras iniciativas intelectuais na matemática, como os números negativos, irracionais e imaginários, há pouco mais de meio século, surge a Geometria Fractal para designar objetos não regulares, fragmentados (ALVES, 2007).

Foi em meados da década de 1970 que o matemático Benoit Mandelbrot sentiu a necessidade de nomear as formas irregulares observadas na natureza e os padrões encontrados dentro de um sistema, anteriormente chamados de “monstros matemáticos”. Essa parte da matemática recebeu o nome de Fractais, em que Mandelbrot se baseou no adjetivo latim *Fractus*, que significa quebrado (BARBOSA, 2005). “A principal atração da geometria fractal vem de sua habilidade de descrever a forma irregular ou fragmentada de aspectos naturais, bem como de outros objetos complexos que a geometria Euclidiana falha em analisar” (LOPES; BETROUNI, 2009, p.634).

Existem dois tipos de fractais: os geométricos (determinísticos) e os não lineares (ou aleatórios). Os fractais geométricos ou determinísticos são gerados a partir de reproduções exatas de si mesmos em menor escala. Esses, porém, não descrevem adequadamente as formas naturais. [...] Já, os fractais não lineares, apresentam um certo grau de aleatoriedade e exibem autossimilaridade (MENDONÇA; ABEGG; FACCIO, 2013, p.4).

Benoit Mandelbrot nasceu em Varsóvia, na Polônia, em 1924, era de família judia e sofreu com a 2ª Guerra Mundial. No ano de 1936 se mudou para Paris com sua família. Após passar por várias dificuldades, realizou exames de admissão da Escola Normal e da Escola Politécnica, iniciou seus estudos na Escola Normal na qual ficou pouco tempo e, em seguida, passando para Escola Politécnica, ambas escolas de renome. Sua formação acadêmica se divide entre a França e os Estados Unidos (MOREIRA, 2017). Mandelbrot trabalhou com problemas de economia na IBM (*International Business Machines Corporation*) – Centro de Pesquisas Thomas Watson e teve grande destaque nas áreas em que se propunha a atuar. De acordo com Barbosa (2005, p. 8): “Benoit Mandelbrot chegou à fama e obteve honrarias, passando a ocupar vários cargos acadêmicos, desde professor em Harvard ou professor de Fisiologia na Faculdade Einstein de Medicina.”

Uma das principais características dos fractais é a autossimilaridade ou autossimilaridade, e recebe esse nome porque suas partes se assemelham ao todo, essa semelhança pode ser exata ou aproximada em um fractal. Sobre a autossimilaridade, Capra (2006, p.118) diz: “[...] que seus padrões característicos são repetidamente encontrados em escalas descendentes, de modo que suas partes, em escalas menores, em qualquer escala, são, na forma, semelhantes ao todo.” E Capra (2006, p. 119) exemplifica: “Quanto mais denteados forem os contornos de um relâmpago ou as bordas de uma nuvem, e quanto mais acidentadas forem as formas de uma linha litorânea e de uma montanha, mais altas serão suas dimensões fractais.”

Para Mandelbrot (1975), a Geometria Euclidiana comparada com os padrões presentes na natureza, que não apresentam regularidade e são fragmentados, mostra um nível completamente diferente de complexidade. Para que essas características de padrões pudessem ser descritas seria necessária uma nova geometria, uma geometria da natureza.

Nuvens não são esferas, montanhas não são cones, linhas costeiras não são círculos, cascas de árvores não são lisas, nem a trajetória de um relâmpago é uma linha reta (MANDELBROT, 1975, p.1).

2.2 APLICAÇÕES DA GEOMETRIA FRACTAL

De acordo com Niedermeyer, Koefender e Roos (2009, p. 8) existem diversos motivos para trabalhar geometria fractal em sala de aula:

- Trabalhar conteúdo a partir de exemplos encontrados na natureza estimula a criatividade, o raciocínio lógico, motiva o educando e o auxilia na compreensão de conteúdos e conceitos matemáticos;
- Deixar de usar somente quadro, giz e livro didático, em detrimento do uso de recursos audiovisuais (computador, projeção audiovisual, lâminas), faz com que o educando se concentre mais e visualize melhor as situações apresentadas nesse ambiente enriquecido;
- A Geometria Fractal pode ser trabalhada em qualquer nível de ensino, pois ela vai de uma simples dobradura de papel até os entes matemáticos modernos, que envolvem números complexos, modelagem etc.

As propriedades fractais podem ser encontradas em diversas áreas dos conhecimentos. Os fractais têm sido grandes aliados na medicina com auxílio da tecnologia, empregando algoritmos. “Nos últimos anos, geometrias fractais e multifractais foram amplamente usadas em muitas aplicações de análise de sinais médicos (1D, 2D ou 3D), como reconhecimento de padrões, análise de textura e segmentação.” (LOPES e BETROUNI, 2009, p.634). Um dos exemplos é o uso no diagnóstico de câncer, “uma vez que um órgão cancerígeno irá apresentar uma dimensão fractal diferente da encontrada em um órgão sadio” (DAGA, 2017). Também se

observam fractais nas estruturas pulmonares e nas ramificações dos neurônios e nos batimentos cardíacos.

Na área das artes se pode citar as pinturas do artista Jackson Pollock (1912-1956), referência no movimento do expressionismo abstrato, que seguem um modelo geométrico fractal, como se pode observar na tela número 16, de 1950 (figura 1 – Quadro nº 16, Jackson Pollock). De acordo com as análises científicas de Taylor (2006), as pinturas de Pollock, por meio de gotejamentos das tintas, eram fractais.

Figura 1 – Quadro nº 16, Jackson Pollock



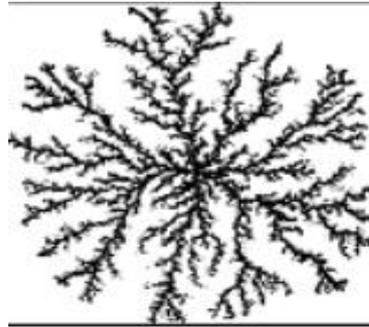
Fonte: (<https://epoca.oglobo.globo.com/cultura/noticia/2018/04/vida-e-destino->

Com auxílio da Tecnologia da Informação podem ser criadas músicas fractais, antenas para equipamentos móveis e na recepção de banda larga. Já na computação gráfica podem ser criados cenários naturais para o cinema. Rabay (2013, p. 3) diz que: “Uma outra aplicação do estudo dos fractais é na computação gráfica, bastante utilizada no cinema na criação de cenários naturais, como rios, explosões, conjunto montanhosos e plantas.” E esse uso só é possível pela observação de cenários naturais, encontrados em biomas como o Cerrado, por exemplo.

A Biologia é uma área em que se irá encontrar várias estruturas com padrões da geometria fractal, como nas ramificações das árvores, em suas raízes e folhas, nas estruturas de um brócolis e em crescimento de micro-organismos, pois “conforme as colônias de micro-organismos se proliferaram, o número da dimensão fractal referente aos meios de cultura acompanharam tal crescimento” (OLIVEIRA, 2019, p. 7). Sob estresse, “certas espécies de

bactérias e fungos podem desenvolver estratégias adaptativas e de sobrevivência como a formação de colônias complexas, por vezes com geometria fractal” (MENDONÇA; ABEGG; FACCIO, 2013, p.2) (Figura 2).

Figura 2 - Estrutura colonial de *Bacillus subtilis*



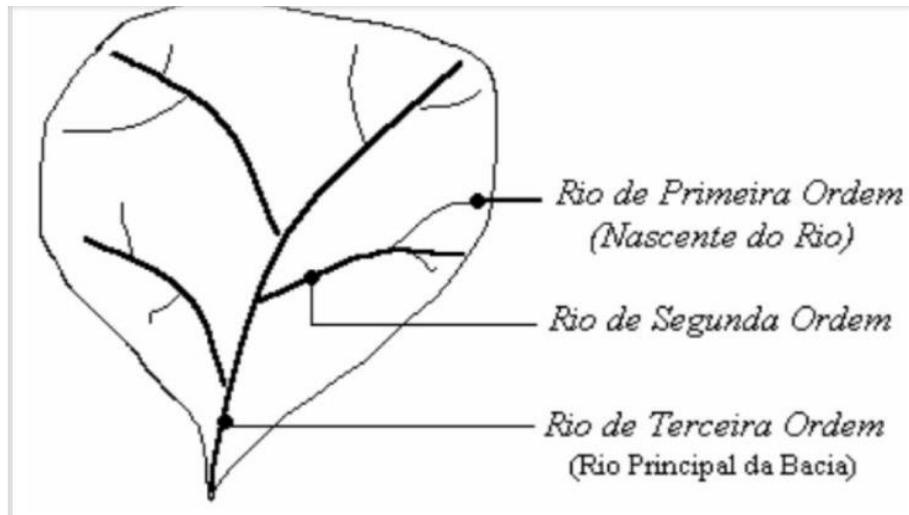
Fonte: (SALES, 2013).

2.3 FRACTAIS NA NATUREZA

“Na natureza predominam formas não-suaves e não-uniformes e muitos padrões são irregulares e fragmentados” (VON ZUBEN; BOCCATO, 2021). Na constituição do mundo, da natureza em geral, por mares e oceanos, separando os continentes e ilhas, com suas costas, suas montanhas e rios, rochas, plantas e animais, e acima as nuvens etc., se têm componentes com suas formas, nas quais dominam a irregularidade e o caos; tentar simplificá-las, empregando formas usuais da clássica geometria euclidiana, como triângulos, círculos, esferas, cones etc., seria absurdamente inadequado. “O conceito de Fractal já está construído e, sob as normas científicas da Matemática, a partir de observações e de noções desenvolvidas sobre formas da natureza” (MOURA, 2011, p.16). “A geometria dos fractais pode fornecer aproximações para essas formas.” (BARBOSA, 2005, p. 7).

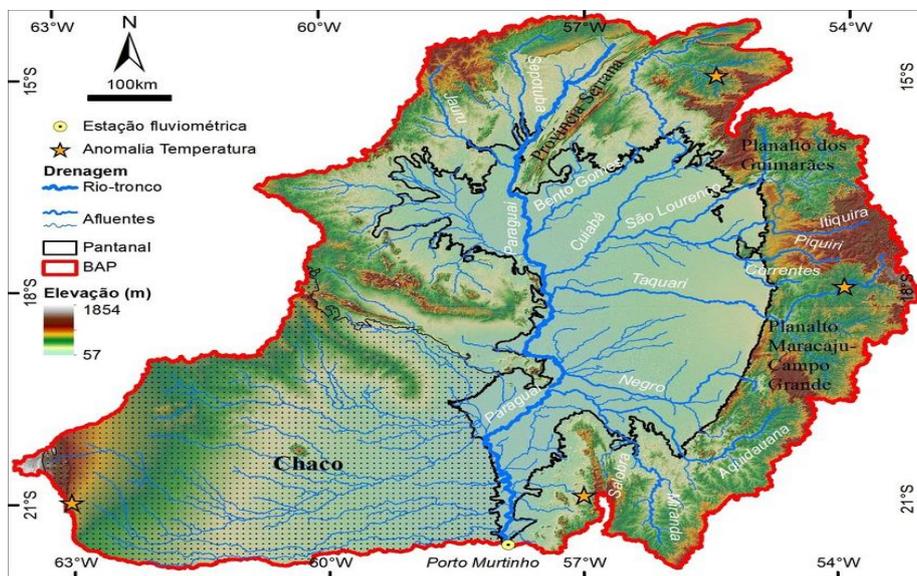
Um clássico exemplo encontrado na natureza, e quase sempre referido, são os brócolis e as samambaias que, ao terem ampliadas suas partes, apresentam estruturas similares. Se observar a estrutura dos rios, também se verá um padrão que se repete em razão da hierarquia fluvial (Figuras 3 e 4), que “caracteriza os cursos d’água como rios de primeira ordem (o principal fluxo de água a partir da nascente), rios de segunda ordem (os fluxos de água um pouco maiores, união de mais de um rio de primeira ordem) e rios de terceira ordem (o principal rio da Bacia Hidrográfica).” (<http://www.arcelormittalciencias.net/premio2019/referencias-e-indicacoes-deaprofundamento-2019/hierarquia-fluvial/>)

Figura 3 - Hierarquia fluvial, formando fractais



Fonte: (<http://www.arcelormittalciencias.net/premio2019/referencias-e-indicacoes-de-aprofundamento-2019/hierarquia-fluvial/>)

Figura 4 - Bacia de drenagem do rio Paraguai com exutório na estação fluviométrica de Porto Murtinho.



Fonte: - Bacia de drenagem do rio Paraguai com exutório na estação... | Baixar diagrama científico (researchgate.net)

Na natureza é possível encontrar objetos fractais com características autossimilares, e mesmo que esses apresentem certas irregularidades, podem ser observados padrões; um exemplo são os galhos e as folhas das árvores presentes no cerrado. Em uma árvore, o tronco cresce primeiro e, depois, os galhos principais dicotômicos crescem no tronco. A partir dos

ramos principais crescem ramos secundários, que também apresentam uma dicotomia, e nos ramos secundários crescem outros ramos secundários, e assim por diante, repetindo um padrão bifurcado, ou seja, há uma recorrência do padrão inicial. A estrutura de uma árvore¹ com seus galhos bifurcados, conforme exemplificado na Figura 5, é muito parecida com a estrutura dos rios com “formato de galhos” (YANG BO et al., 2008).

Figura 5 - Espécie caducifólia registrada no cerrado mato-grossense com arquitetura que a torna um excelente modelo didático para estudo dos fractais.



Fonte: E.L. Hardoim, 10.10.21

2.4 FRACTAIS EM ELEMENTOS DO CERRADO

O bioma Cerrado ocupa aproximadamente 22% do território brasileiro, e está como segundo maior bioma do Brasil, perdendo apenas para a Floresta Amazônica (MEDEIROS, 2011). O cerrado está localizado em grande parte do Brasil, sendo o principal Bioma da região Centro-Oeste e, em Mato Grosso, ocupa aproximadamente 38% da região Central e divide seu espaço com os biomas Amazônia e Pantanal (SANO; DE ALMEIDA; RIBEIRO, 2008).

Possui uma grande variedade florística, abriga mais de 11.000 espécies vegetais, sua vegetação está composta de gramíneas, arbustos e árvores esparsas e com caules retorcidos, raízes alongadas que são responsáveis pela captação da água durante a seca (SANO; DE ALMEIDA; RIBEIRO, 2008).

¹ Caducifolia- [Bot.] - Termo usado em Botânica para denominar plantas que perdem suas folhas em determinadas épocas; o mesmo que decídua. No Cerrado a característica interessante das plantas é que elas perdem as folhas na estação das secas. Uma curiosidade sobre a caducifolia é que, quem não conhece sobre as plantas pode olhar para as árvores e achar que estão mortas (<https://agro20.com.br/caducifolia/>)

Destaca-se que a vegetação do Cerrado *sensu lato* não possui uma fitofisionomia única em toda a sua extensão. Essa é bastante diversificada, apresentando desde associações campestres abertas, até associações florestais densas, como os cerradões. Entre estes dois extremos fitofisionômicos viceja uma gama de associações intermediárias, caracterizando o Cerrado como um verdadeiro mosaico de formas fisionômicas (MEDEIROS, 2011), que se constituem em fractais.

Ao longo das últimas décadas, Mato Grosso testemunhou um grande desenvolvimento regional, com transformação do meio urbano e dos meios rurais, estando estes últimos a serviço da produção de alimentos. As modificações provocadas pela rede urbana ao se expandir acabaram por descaracterizar a maioria do cerrado, bioma característico da região. Em Cuiabá, hoje, os testemunhos do bioma cerrado são fragmentos de vegetação, especialmente, em alguns parques urbanos como o Parque Estadual Zé Bolo Flô, local no qual se propõe o desenvolvimento de uma aula de campo voltada ao objeto de conhecimento dadas suas características, localização e por ser este um subprojeto dentro de um projeto guarda-chuva ali desenvolvido, intitulado “Connect Park: um aplicativo mobile para interações no bioma cerrado na perspectiva do ensino de ciências naturais inclusivo.”

O Parque Estadual Zé Bolo Flô é uma unidade de conservação com aproximadamente 66 hectares localizado no município de Cuiabá, Mato Grosso, na região do Coxipó da Ponte, a vegetação do parque é constituída de mata nativa, áreas alagadas, mata ciliar e cerrado (PIPER; DALA NORA, 2020). Esse Parque Estadual foi criado pelo Decreto Estadual nº 1.693, de 23 de agosto de 2000, denominado como Parque da Saúde do Estado de Mato Grosso, tendo como objetivo a proteção de uma das últimas regiões da mata em torno do rio Coxipó. Em 2002, sob o Decreto nº 4.138, de 05 de abril de 2002, foi denominado “José Inácio da Silva”, popularmente conhecido como “Zé Bolo Flô”.

O nome do Parque foi uma homenagem a uma figura folclórica da região de Cuiabá, Zé Bolo, um cidadão cuiabano que marcou a história nos anos 1960 e 1970. Homem, pobre e negro, era poeta e compositor mesmo vivendo em condição de mendicância, era figura presente na sociedade cuiabana da época, estava sempre presente em festejos religiosos e carnavais de rua.

3 STEAM: UMA ABORDAGEM NA EDUCAÇÃO BÁSICA

A abordagem STEAM se apresenta no Brasil como uma tendência inovadora que pretende modificar o *status quo* da educação atual, permitindo ao estudante, de forma autônoma, crítica, criativa, inovativa e propositiva, explorar sua curiosidade e desenvolver uma aprendizagem significativa, removendo barreiras tradicionais e as integra ao mundo real, com atividades relevantes para os estudantes (BOTERO, 2018).

Nesta proposta, os estudantes trabalham de forma integrada, colaborativa, utilizando a interdisciplinaridade para a resolução de problemas, a compreensão de fenômenos naturais e sociais e, principalmente, voltada à construção do conhecimento de forma ativa (HARDOIM *et al*, 2019).

Empregando cinco diferentes áreas do conhecimento - Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática (que formam o acrônimo em inglês STEAM), os educadores estarão “aportando” inovação e criatividade ao processo ensino e aprendizagem, o que alguns consideram como de vital importância para formar o cidadão pleno (SILVA *et al*, 2017, p.1).

Ensinar empregando a abordagem STEAM motiva os estudantes à aprendizagem ativa, a pensar coisas novas, propondo a sua implementação. Ensinar é encantar os alunos, é dar significado e utilidade para o que eles aprendem (MIYAZAKI e HARDOIM, 2019). “O modo como as crianças de uma determinada comunidade ou grupo humano se emocionam forma a cultura, é responsável por sua conservação e dá base para a conversação que surge em seu meio” (LELLIS, 2016, p.30).

É a emoção que define a ação. Para a interpretação da natureza não bastam apenas conceitos biológicos; considerando outras linguagens envolvidas, ela nos remete também para a matemática, ela inspira obras de arte, sendo, algumas vezes, necessário empregar tecnologia para uma melhor compreensão, ou detalhamento, do organismo em estudo, de forma a educar cientificamente nossos alunos da Educação Básica (MATURANA; VERDEN-ZÖLLER, 2004, p.10).

Se quer dar ao estudante um significado para os temas que aprende, de tal maneira que possa se dar conta de que um tema pode ser visto de diversas maneiras, usando diferentes sentidos. A memória sensorial permite reter as informações que chegam por meio da percepção, ou seja, pela capacidade do ser humano captar os estímulos do meio por intermédio dos sentidos, podendo ser estímulos visuais, auditivos, olfativos, gustativos, táteis ou proprioceptivos (JUNIOR; FARIA, 2015) envolvidos no processamento cerebral da informação.

A STEAM é um movimento na educação que pode contribuir no processo de ensino e aprendizagem, no âmbito da área de Ciências da Natureza, Artes e Matemática, utilizando métodos ativos, considerando as áreas do conhecimento empregadas na STEAM (Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática), com foco em aspectos transdisciplinares que permitem o uso de diferentes espaços de aprendizagem extramuros da escola.

Diante das atuais demandas da sociedade, a abordagem STEAM tem uma grande relevância, pois as áreas de ciência, de tecnologia, de engenharia e de matemática integradas podem contribuir no desenvolvimento de competências e habilidades necessárias à vida pessoal e ao futuro profissional dos alunos, além de empregando a Arte resolver, com criatividade, muitos desafios da sociedade, baseando-se na informação e na tecnologia (*National Society of Professional Engineers*, 2013). “Indivíduos com alta criatividade mantêm a integridade de suas redes neurais mesmo na velhice porque veem os estressores como desafios ao invés de obstáculos insuperáveis”, disse Nicholas Turiano (2012, p.1) em um artigo sobre criatividade.

A combinação de aspectos da abordagem STEAM nos currículos permite que alunos e educadores explorem sua criatividade em vários níveis. Para Turiano (2012), é importante ser criativo, porque melhora a qualidade geral de vida e saúde, além de ajudar as pessoas a se tornarem melhores solucionadoras de problemas.

No entanto, como a Arte foi incluída como mais um campo do saber, no contexto da STEAM? Em 2006, Georgette Yakman, então pós-graduanda na Universidade Estadual Politécnica da Virgínia, avançou um degrau no acrônimo STEM, incorporando as artes como mais uma de suas áreas, baseada em sua vivência, bem como pelas investigações da neurociência, campo interdisciplinar de estudo e pesquisa que reúne conhecimento de diversas áreas na busca de esclarecimentos sobre as funções e comportamentos mediados pelo sistema nervoso (FERREIRA, GONÇALVES e LAMEIRÃO, 2019).

A Neuroeducação, uma área relativamente nova da Neurociência, tem discutido, à luz das descobertas desta última, como ocorre o desenvolvimento cognitivo, a motivação, a linguagem e o raciocínio (FILIPIN et al., 2015), conhecimentos relevantes para a compreensão do funcionamento do cérebro, contribuindo para o desenvolvimento de novas estratégias que visem a facilitação da aprendizagem. Muitos educadores na década de 1990 mostraram entusiasmo por esse conhecimento, que poderia revolucionar a prática educacional (FERREIRA, GONÇALVES e LAMEIRÃO, 2019) e que contribuiu para a inserção das Artes na Educação STEM, ampliando a complexidade interdisciplinar.

A arte/educação é uma maneira de pensar, entender, almejar e possibilitar um ensino amplo aos estudantes, considerando que a arte é uma maneira de estar no mundo, de conviver em sociedade, de conhecer diversas culturas, de lidar com as diferenças e de se expressar (CENTRO DE REFERÊNCIAS EM EDUCAÇÃO INTEGRAL, 2019, on-line).

A abordagem STEAM visa uma Educação Científica integradora, que passa pelas etapas do Método Científico, partindo da observação, da problematização e dos questionamentos que desafiam os alunos e os preparam para lidar com problemáticas reais de seus cotidianos e a buscarem sua resolução por meio da investigação, da aprendizagem baseada em projetos, entre outros, permitindo um protagonismo que auxilia no desenvolvimento de sua autonomia intelectual e reforça sua autoestima. Nesse contexto, a Arte amplia as capacidades reflexivas e perceptivas e envolve, além da inteligência racional, a afetiva e a emocional.

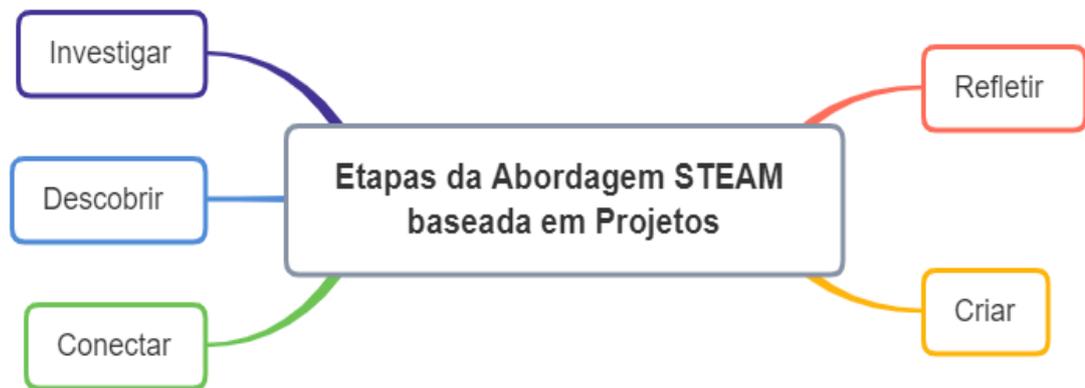
O ensino de arte possibilita o desenvolvimento de uma educação que auxilia o estudante a lidar, respeitar e conviver com diferentes pontos de vista, pois com essa disciplina ele pode se expressar integralmente, trabalhar em grupos, conhecer as opiniões, especificidades e diferenças entre ele e as pessoas com as quais se relaciona (CENTRO DE REFERÊNCIAS EM EDUCAÇÃO INTEGRAL, 2019, on-line).

O incentivo ao desenvolvimento do pensamento criativo e às habilidades do campo das artes auxilia em processos de escolhas e tomadas de decisão (SILVA et al, 2017), já que um componente essencial no processo artístico é a seletividade criativa individual, bem como a estética e o desenho dos projetos a serem desenvolvidos. A arte, talvez, seja a disciplina mais transversal, porém quase sempre foi trabalhada sem vínculo com outras disciplinas, principalmente as científicas, havendo uma separação clara entre as culturas humanista e a científica.

Os resultados de algumas pesquisas desenvolvidas por pesquisadores do Grupo de Pesquisa EDUCRI - Educação Científica, Crítica, Rica e Inclusiva (SANTOS, 2020; VUEZLER e HARDOIM, 2020; COSTA e HARDOIM, 2021, entre outros) mostraram que a STEAM é uma abordagem promissora para a Educação Básica, especialmente, por permitir a aproximação com a BNCC (RICO, 2019) e por empregar Métodos de Aprendizagem Ativa (HARDOIM et al, 2019).

Garofalo (2019), Coelho e Goes (2020), Danelon; Marques (2020); Dias (2021) adaptado de Kahlil (2021), entre outros, trazem como etapas (ou fases) básicas da STEAM: Investigar, descobrir, conectar, refletir e criar (Figura 6). Todavia, traz-se neste estudos uma proposta de adaptação destas etapas, aqui intituladas de fases, baseadas naquelas desenvolvidas ao longo desta pesquisa. Diferentemente do proposto até aqui, a Reflexão está presente ao longo de todo o processo, não constituindo uma fase específica.

Figura 6 - Fases da STEAM



Fonte: (DIAS, 2021, adaptado de KALHIL, 2021).

3.1 MAACI - MÉTODO DE APRENDIZAGEM ATIVA NA PERSPECTIVA COLABORATIVA E INCLUSIVA

O cenário e o contexto escolar em que se está vivendo se complementam e devem ser aliados quando o assunto é inovar no processo de ensino e aprendizagem. Diferentes atores como os gestores escolares, professores e alunos de diferentes gerações foram percebendo que mudanças deveriam ser feitas, para que o processo do ensinar e aprender se adequasse à nova realidade que requer cidadãos educados dentro de paradigmas que atendam a um mundo sustentado por pensamentos científicos, críticos, tecnológicos e computacionais, tendo como suporte o mundo digital e a internet.

O princípio fundamental da Educação para Todos é que *todos(as) o(a)s estudantes tenham acesso ao conhecimento*. Então, como educadora e pesquisadora se tem que oportunizar que a informação chegue a todo aluno, buscando múltiplas formas de apresentação e transformação dessas informações em conhecimento, por meio de ações e atividades motivadoras da aprendizagem.

Nesse contexto, as práticas pedagógicas precisam ser cuidadosamente planejadas, escolhidas a partir de uma abordagem pedagógica inovadora. É sempre importante lembrar da necessidade de estimulação dos diferentes sentidos que atendam à diversidade de alunos, fazendo chegar aos alunos as informações, seja por meio do cheiro, do toque, do som, do sabor, da visão e/ou da cinestesia, utilizando equipamentos próprios, e, sobretudo, proporcionando

prazer e bem-estar a todos os alunos. São procedimentos que facilitam a aprendizagem, pois a afetividade se entrelaça com processos cognitivos e, portanto, a partir dela se constrói um conhecimento (MIRANDA e SILVA, 2021).

Todavia, como falam Marques, Hardoim e Santos (2019), esta tarefa não é fácil, pois encontrar sentido e meios de proporcionar aos estudantes um ambiente para aprendizagem motivador, pode ser um verdadeiro jogo de quebra-cabeça, que necessita para além das teorias de aprendizagem e da infraestrutura, muita sensibilidade e afetividade no planejamento e execução das atividades pedagógicas, em contextos favoráveis à aprendizagem (MARQUES, HARDOIM e SANTOS, 2019, p. 1-2).

Quando bem-motivados e, sobretudo, desafiados, os alunos assumem o seu protagonismo, desenvolvem autonomia intelectual ao longo de um novo projeto, dando boas respostas aos problemas levantados e investigados, alcançando níveis de pensamento mais elaborados, mais reflexivos. O professor precisa promover estímulos multissensoriais, usar além das funções cognitivas as funções conativas e executivas, pois quanto mais sentidos estiverem envolvidos nesse processo, mais o aluno irá aprender.

Para alcançar um saber fazer inclusivo e integrativo, além da necessidade de domínio dos objetos do conhecimento, a partir de pressupostos epistemológicos bem definidos, o professor deve repensar sua prática diária junto com os seus alunos. Dessa forma, adotando a abordagem STEAM, que traz a possibilidade de empregar os Métodos de Aprendizagem Ativa, buscam-se nos pressupostos construtivistas uma articulação de princípios que permitem ao professor diagnosticar, julgar e tomar decisões fundamentais sobre sua prática pedagógica em uma sala inclusiva. Ao compreender como desenvolve sua prática pedagógica, qual o tipo de epistemologia embasa o seu fazer diário, passa a ter uma visão crítica dos seus procedimentos. Ao adotar uma postura de professor pesquisador, reflexivo, vai se constituindo um profissional que percebe o processo ensino e aprendizagem como uma via dupla: o professor é capaz de ensinar enquanto aprende e os alunos capazes de aprender e ensinar a partir de suas singularidades, como afirmam Guimarães e Saravali (2015). Nesse modelo, o construtivismo e o interacionismo ajudam na sustentação da sala de aula inclusiva.

Sabe-se que provocando inquietude, paixão, emoção, o sistema límbico é acionado em razão da natureza afetiva das percepções sensoriais. Uma das estratégias pedagógicas para atingir elevados níveis de cognição são os Métodos de Aprendizagem Ativa na perspectiva Colaborativa e Inclusiva - MAACI.

No entanto, o que são Métodos de Aprendizagem Ativa? Para Hardoim, Costa e Santos (2022, submetido) são:

Formas de ensino que utilizam experiências reais ou simuladas, visando estimular a solução de desafios reais oriundos da prática social, em diferentes contextos, e que proporcionam a formação de um indivíduo ativo, crítico, reflexivo e ético, por meio da aprendizagem significativa.

Por que Métodos? Porque são procedimentos empregados para alcançar determinada finalidade, são operacionais, devem ser dinâmicos e permitir que os estudantes apresentem e desenvolvam suas proposições visando solucionar problemas. O amplo acesso dos estudantes à internet desafia os professores a desenvolverem novas competências e habilidades, pois o ensino meramente conteudista já não faz sentido, sendo fundamental uma prática pedagógica pautada na aprendizagem ativa.

Habilidades como criatividade e pensamento crítico são essenciais no processo de construção do conhecimento. Somam-se a essas a habilidade de trabalhar colaborativamente em sala de aula inclusiva. O método de aprendizagem colaborativa, no qual a empatia e o interacionismo são imprescindíveis para que o processo de aprendizagem ocorra, superando colaborativamente os desafios cognitivos, que surgem com a problematização, que os faz (re)pensar, (re)avaliar e (re)construir conceitos a partir de novas experiências, desenvolvendo postura questionadora, argumentadora e contra argumentadora, mesmo que não encontrem respostas para suas questões iniciais, passando de estágios de pensamento de ordem inferior para habilidades cognitivas de ordem superior, construindo um pensamento científico.

Para acompanhar esse processo, o professor precisa se inteirar dos conhecimentos prévios e seus subsunçores, ou seja, as estruturas lógicas, nas quais os alunos alicerçam seu raciocínio. Portanto, inovar não se resume a uma mera escolha de métodos didáticos inovadores, há todo um princípio e teorias por trás das escolhas, todo um conhecimento do desenvolvimento cognitivo, conativo e executivo de seus alunos.

A literatura brasileira está recheada de exemplos de métodos ativos sugeridos por autores como Bacich e Moran (2018), Camargo e Daros (2018; 2021) Marques, Hardoim e Santos (2019), Steinert e Hardoim (2019), Costa e Hardoim (2021), entre outros. Também a literatura internacional tem contribuído com o desenvolvimento de métodos, de técnicas e de procedimentos ativos. As instituições de ensino e pesquisa como a *Laureate International Universities (s/d)*, entre outros, têm ampliado a compreensão sobre as possibilidades de inovação em prática pedagógica. Todavia, como dito anteriormente, não basta conhecer métodos de ensino atuais e saber como aplicá-los, pois a aprendizagem ocorre mediante um conjunto complexo de fatores.

3.1.1 Aprendizagem Baseada em Projetos

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj), por exemplo, é considerado um dos métodos ativos mais indicados na abordagem STEAM, podendo ser usado eficazmente como colaborativo e inclusivo.

A experiência como professora pesquisadora mostra com que eficiência professores da educação básica poderão usar o referido método para que os estudantes se envolvam coletivamente com a aprendizagem e desenvolvimento de conceitos. A ABProj parte da proposta do trabalho em grupos, de forma organizada e bem estruturada, trabalhando colaborativamente com temas diversos.

Bender (2014, p.15) define a ABProj: “pela utilização de projetos autênticos e realistas, baseados em uma questão, tarefa ou problema altamente motivador e envolvente, para ensinar conteúdos acadêmicos aos alunos no contexto do trabalho cooperativo para a resolução de problemas”. Os estudantes trabalham com questões e problemas reais, colaboram entre si na busca de soluções e apresentam os resultados. Entende-se que essa seja uma boa forma de tornar os alunos mais interessados no conteúdo, aumentando seu entusiasmo pelo aprendizado e melhorando o seu desempenho. A ABProj é um método motivador em que os estudantes são impulsionados a pesquisarem e desenvolverem projetos relacionados ao mundo real. Bender (2014, p. 15) diz:

A investigação dos alunos é profundamente integrada à aprendizagem baseada em projetos, e como eles têm, em geral, algum poder de escolha em relação ao projeto do seu grupo e aos métodos a serem usados para desenvolvê-lo, eles tendem a ter uma motivação muito maior para trabalhar de forma diligente na solução dos problemas (BENDER, 2014, p.15).

Em 2018, a educação no Brasil passou pela reforma do currículo em que foi proposta uma nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que tornou imprescindível aos professores o aprofundamento de estudos, e investimentos em formações com base em métodos que venham a contribuir para a implementação de currículos baseados em competências.

A ABProj se constitui um importante elemento para a elaboração de projetos estruturados, que promovam o protagonismo dos estudantes e o desenvolvimento de competências como a cultura digital, a criatividade, a colaboração, a comunicação, o pensamento crítico e a responsabilidade social, também conhecidas como algumas das chamadas “habilidades para o século XXI” (BACICH, HOLANDA, 2020, p.46).

A ABProj deverá envolver os estudantes de maneira que o projeto que eles venham a desenvolver tenha relevância em sua aprendizagem e que possam alcançar um alto nível de envolvimento com a resolução de problemas.

A maioria das ABProj desenvolvidas nas escolas envolve algumas tarefas como fazer uma tempestade mental (*brainstorming*) sobre a construção dos projetos, organização das responsabilidades entre os integrantes dos grupos, pesquisas sobre o tema proposto, tomada de decisões de forma coletiva e colaborativa, até a criação de um produto, resultante dos estudos desenvolvidos. Quando são escolhidas as práticas pedagógicas que proporcionam aprendizagens colaborativas se está visando o desenvolvimento de habilidades que possam tornar o mundo melhor, mais empático, com mais humanismo, assumindo a responsabilidade por um mundo mais compartilhado, mais esperançoso. Emprestando as palavras de Arendt (2010, p.86), para educar é preciso ter: “vontade, querer fazer, querer transformar” e, sobretudo, “É preciso que se tenha um motivo”.

Em sua Teoria Sociocultural, Vygotski (2001) defende que as relações sociais são determinantes na aprendizagem e no desenvolvimento dos indivíduos. O método da Aprendizagem Colaborativa desenvolve não somente a aprendizagem, posto que também privilegia habilidades sociais. Nas atividades colaborativas, cada colaborador, por meio da interlocução com os outros, aprende mais sobre si mesmo, sobre os outros e sobre os objetos do conhecimento, pois as tarefas são feitas em conjunto e a partir de objetivos comuns (IRALA e TORRES, 2004).

O princípio fundamental da escola inclusiva é o de que todas as crianças devem aprender juntas, sempre que possível, independentemente de quaisquer dificuldades ou diferenças que elas possam ter (UNESCO, 1994, p.5).

Como disposto na Declaração de Salamanca:

ao mesmo tempo em que escolas inclusivas proveem um ambiente favorável à aquisição de igualdade de oportunidades e participação total, o sucesso delas requer um esforço claro, não somente por parte dos professores e dos profissionais na escola, mas também por parte dos colegas, pais, famílias e voluntários (UNESCO, 1994, p.5).

3.2 AULA DE CAMPO

Em várias áreas do conhecimento é de fundamental importância a vinculação íntima da teoria com a prática, essas devem se articular, pois a teoria traz entendimento, cuja aquisição se completa com a prática, um conhecimento procedimental. A aula de campo é importante para aprendizagem dos estudantes, porque é por meio da prática que os alunos questionam a teoria,

tornando evidente que esse tipo de recurso é fundamental, por mais que muitos achem que uma aula de campo seja apenas um momento para diversão (MOREIRA; MARQUES, 2021).

Nesse contexto, traz-se a aula de campo como uma aliada ao entendimento conceitual pelos estudantes ao proporcionar artefatos pedagógicos, que costumam dar significado à teoria. Os conceitos ficam menos abstratos quando são identificados em uma aula de campo, que são mais complexas do que as aulas teóricas, principalmente, pelos alunos estarem, em maioria das vezes, mais próximos dos fenômenos estudados em diferentes domínios do conhecimento, vivenciando experiências reais, expandindo os horizontes até então desconhecidos por eles.

As atividades de campo estimulam o espírito científico dos alunos por meio do aumento da capacidade de observação, da problematização, da busca dos pressupostos que expliquem os fenômenos observados e as descobertas em diversas áreas, que vão desde componentes trabalhados no Ensino Fundamental até a pós-graduação.

Conforme Silva e Campos (2015), a aula de campo ultrapassa o simples espaço observado para alcançar uma leitura ampla sobre a paisagem, na perspectiva holística e interdisciplinar, permitindo analisar como um objeto único integra diferentes partes de um sistema maior, que é a Terra.

É preciso deixar claro que ações que envolvam esse tipo de prática precisam romper as barreiras do ensino tradicional e desenvolver uma aula em que os estudantes serão os protagonistas e o professor um grande motivador da produção do conhecimento.

A interatividade proporcionada pela Atividade de Campo, subsidiada por uma perspectiva STEAM, pode contribuir para que os professores e estudantes articulem melhor o pensamento de Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática na busca de soluções para situações concretas sendo, assim, um elo articulador entre a ciência, criatividade, sociedade e realidade (LOPES *et al*, 2017, p. 320).

As aulas de campo têm um importante papel no ensino de Ciências; as contribuições dessas aulas podem ser consideradas fundamentais por representarem um recurso pedagógico que favorece a leitura crítica de mundo, das mudanças na paisagem, das relações entre o ser humano e o ambiente, a partir de seu ordenamento, da relação entre os seres humanos e o espaço vivido, sentido, observado (SILVA e CAMPOS, 2015).

Nessa perspectiva, as aulas de campo quando bem planejadas se tornam relevantes como recurso pedagógico na educação e grandes aliadas na abordagem STEAM, uma vez que proporcionam uma aula mais dinâmica e atuam como diferencial para associar a teoria e a prática e, ainda, possibilitam um diálogo com os componentes curriculares trabalhados nesta

dissertação, e voltam o olhar dos estudantes para associarem a geometria fractal com espécies biológicas presentes no bioma cerrado.

4 PERCURSO METODOLÓGICO

4.1 A PESQUISA EM CONTEXTO

Esta pesquisa teve o desafio de ser desenvolvida durante o período da pandemia da Covid-19, causada pelo vírus SARS-CoV-2. Esta pandemia, que já é uma das maiores da história, foi oficialmente declarada como tal em março de 2020 pela Organização Mundial da Saúde (OMS). De março de 2020 até agosto de 2021, o sistema educacional do Estado de Mato Grosso esteve com as aulas presenciais suspensas. As atividades ocorreram apenas no modo que ficou sendo conceituado como ensino remoto, dificultando o início do projeto, que requeria a presença dos alunos para testarem a proposta do produto educacional.

Para conhecer as possibilidades, delineamentos, conexões, temas secundários, a opção metodológica seguiu a proposta do estado da questão. “A finalidade do "estado da questão" é de levar o pesquisador a registrar, a partir de um rigoroso levantamento bibliográfico, como se encontra o tema ou o objeto de sua investigação no estado atual da ciência ao seu alcance” (NÓBREGA-TERRIEN; TERRIEN, 2004, p. 7).

Para que fosse possível capturar as evidências manifestadas nesta investigação, optou-se pela pesquisa qualitativa. Conforme orienta Yin (2016), podem ser apontadas cinco características comuns à investigação qualitativa:

1. estudar o significado da vida das pessoas, nas condições da vida real;
2. Representar as opiniões e perspectivas das pessoas de um estudo;
3. Abranger as condições contextuais em que as pessoas vivem;
4. Contribuir com revelações sobre conceitos existentes ou emergentes que podem ajudar a explicar o comportamento social humano;
5. Esforçar-se por usar múltiplas fontes de evidência em vez de se basear em uma única fonte (YIN, 2016, p. 28).

As cinco características se conectaram diretamente com os objetivos pretendidos para a investigação, visto que, ao validar um produto, em sala de aula, pretende-se obter o máximo da proximidade com o dia a dia dos estudantes.

Ainda, considerando as características inerentes ao objeto de pesquisa e da validação do produto educacional, optou-se pela abordagem do estudo de caso com elementos da pesquisa-ação, com foco em um caminho metodológico de pesquisa rigoroso. Conforme Yin (2016, p.3) “o estudo de caso permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real”. E ainda aponta que uma de suas aplicações “é descrever uma intervenção e o contexto na vida real em que ela ocorre” (YIN, 2016, p. 4).

4.2 O LOCAL E OS PARTICIPANTES

A pesquisadora no momento da aplicação do produto não estava lotada em sala de aula regular, por esse motivo foi preciso buscar um colaborador que estivesse como regente em uma unidade escolar, sendo assim contatado um professor que apresenta competência e comprometimento com a Educação Inclusiva lotado em uma unidade escolar da rede estadual do Estado de Mato Grosso. O Prof^o. MSc. Douglas Mendonça Garin foi o colaborador escolhido para esta pesquisa, por ser graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas, no Centro Universitário UNIVAG (2007), mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais Universidade Federal de Mato Grosso (2021) e coordenador do Projeto Connect Park: Um Aplicativo Mobile Para Interações No Bioma Cerrado Na Perspectiva do Ensino de Ciências Naturais Inclusiva do qual esta pesquisa faz parte. Desde 2011 é docente concursado da Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso (SEDUC-MT), na qual tem ministrado a componente curricular de Biologia. Trata-se de um profissional que sempre procura introduzir inovações em sala de aula, pautando pela Educação Inclusiva.

Assim sendo, esta pesquisa foi desenvolvida com dezesseis alunos. Destes, quatro estudantes são pessoas com deficiência (dois baixa visão, um deficiente intelectual e um com transtorno do espectro autista), de duas turmas do 7º ano do Ensino Fundamental, período matutino, no ano de 2021, no componente curricular de Ciências, na Escola Estadual Senador Azeredo, que é uma escola centenária, localizada na Avenida Senador Metello, nº 675, bairro Porto, no município de Cuiabá, capital de Mato Grosso. Esta unidade tem em seu quadro 545 estudantes matriculados nos dois turnos de funcionamento, matutino e vespertino e atende do 1º ao 9º Ano do Ensino Fundamental, o motivo do 7º ano ser escolhido foi por ser uma sala diversa com estudantes com algum tipo de deficiência ou necessidade educacional especializada.

As atividades realizadas durante a aplicação do projeto foram consideradas como parte das avaliações somativas do componente curricular.

4.3 ASPECTOS ÉTICOS

No Brasil, o sistema de revisão de ética em pesquisa é chamado de Sistema CEP/CONEP (Comitês de Ética em Pesquisa e Comissão Nacional de Ética em Pesquisa). Atendendo ao rigor ético e científico, e com o objetivo de salvaguardar a integridade física e

moral dos envolvidos, o projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/Humanidades) da Universidade Federal de Mato Grosso, via Plataforma Brasil e aprovado sob o Parecer nº 4.026.346.

Todos os estudantes das duas turmas que estavam na escola, de forma presencial, participaram das atividades, porém se considera para fins de pesquisa apenas o trabalho com dezesseis, os que assentiram e tiveram o consentimento dos pais ou responsáveis para colaborar com a pesquisa.

O Registro de Assentimento Livre e Esclarecido (RALE) foi apresentado aos alunos no primeiro encontro e foram informados que aqueles que desejassem participar do projeto deveriam assinar o formulário se o estudante fosse menor de idade e que o Registro de Consentimento Livre e Esclarecido deveria ser assinado pelo seu responsável, autorizando o a participar da pesquisa. Os estudantes realizaram as leituras e foram esclarecidos com relação à proposta de projeto e à sua participação.

4.4 A COLETA DE DADOS

A visão panorâmica da produção científica sobre um tema favorece a compreensão da sua relevância e aponta lacunas, diversidades metodológicas, distintas formas de construção do conhecimento. Os resultados obtidos na pesquisa sobre o estado da questão indicam o que já foi desenvolvido sobre este objeto de estudo, ou seja, é uma forma de acompanhar a evolução sobre o conhecimento científico em um certo período. Este tipo de levantamento na literatura revela a riqueza de dados produzidos por outros autores em suas pesquisas em determinada área e auxilia na delimitação e caracterização do objeto de investigação.

Em outras palavras, o Estado da Questão se refere ao próprio levantamento bibliográfico, necessário a qualquer início de pesquisa ou realização de seu projeto. As fontes consultadas se referem às teses, dissertações, relatórios e estudos, sendo que têm como resultado clarear e delimitar a contribuição original do estudo no campo científico (ADAID, 2016, on-line).

Os dados da presente pesquisa foram obtidos junto às bases de dados Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Google Acadêmico e no portal de periódicos da Capes, publicizados por meio de teses, dissertações e artigo, no período compreendido entre 2009 e 2019, empregando as palavras-chave “Geometria Fractal”, “Educação Inclusiva”, e “Educação” nas buscas nas referidas bases de dados.

Os resultados são apresentados na ordem em que foram realizados os encontros e, na sequência, a criação dos produtos desenvolvidos pelos colaboradores da pesquisa, assim como as respostas ao questionário final.

Para que os estudantes pudessem observar os padrões fractais presentes em um fragmento do Bioma Cerrado (Parque Estadual Zé Bolo Flor), foram escolhidas quatro espécies vegetais que compõem o Cerrado mato-grossense encontradas no local: o jacarandá - *Jacaranda cuspidifolia*, a lixeira *Curatella americana*, a Mamica de Porca - *Zanthoxylum rhoifolium*, e o Jenipapo - *Genipa americana*. Todavia, em decorrência da Pandemia não foi possível realizar a visita ao Parque Zé Bolo Flô com os estudantes, que realizaram a pesquisa via internet e observaram as fotos que a pesquisadora tirou no referido parque, frustrando a intenção de realização da aula de campo. Os alunos videntes puderam descrever as imagens para seus colegas com baixa visão.

Compete informar ao leitor que o referido espaço é bastante adequado para este tipo de atividade, não apenas por sua localização, mas também por seu estado de conservação, e pela possibilidade de aproximação de vários espécimes, fator positivo para a inclusão dos alunos com deficiência visual, que podem usar outros sentidos, especialmente o tato, a audição e o olfato. A aprendizagem colaborativa é essencial neste tipo de abordagem.

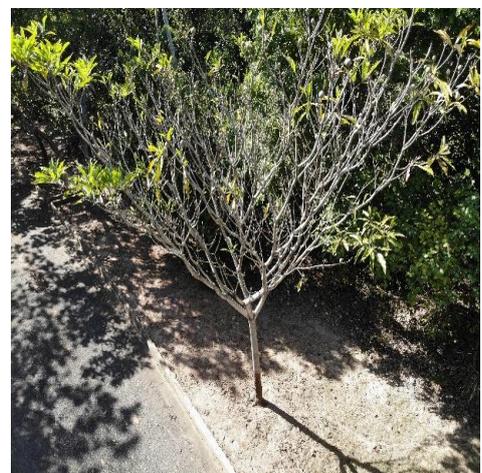
Nas figuras 7 a 10 são observadas espécies vegetais características do cerrado mato-grossense, cujas estruturas morfológicas são importantes para aulas de campo inclusivas que abordarão, por exemplo, espécimes vegetais com arquitetura nas quais é possível ser trabalhada a geometria fractal.

Figura 8 - Tronco Mamica de Porca



Fonte: E.L. Hardoim, 15.05.21

Figura 7 - Jenipapo vista de cima



Fonte: A. H. L. Hardoim, 15.05.21

Figura 10 - Jenipapo



Fonte: A. H. L. Hardoim, 15.05.21

Figura 9 - Jacarandá



Fonte: A. H. L. Hardoim, 15.05.21

4.5 O PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional, nomeado como “O Tal Fractal”, é um Roteiro Didático, produzido pela pesquisadora e sua orientadora, que visa contribuir com os professores da Educação Básica na introdução à Geometria Fractal, de maneira investigativa e inclusiva, em que todos os estudantes de uma sala de aula diversa possam ser contemplados, trazendo um ensino inovador que utiliza o Método de Aprendizagem Ativa, Colaborativa e Inclusiva (MAACI) no contexto da Abordagem STEAM e Aprendizagem Baseada em Projetos.

O Roteiro Didático foi aplicado com estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental, de uma escola estadual na cidade de Cuiabá/MT, tendo como intenção validar o Produto Educacional.

O Roteiro foi organizado em cinco encontros, planejados para serem aplicadas em duas aulas cada. Em cada um desses foram trazidas as fases da STEAM propostas nesta pesquisa, sendo essas: Investigar, Descobrir, Conectar, Criar e Socializar o Conhecimento Produzido (Quadro 1), para serem desenvolvidas de forma reflexiva e dinâmica com os estudantes em cada uma dessas, de modo que a sua construção de conceitos ocorra de acordo com os mecanismos fundamentais do desenvolvimento cognitivo (PIAGET, 1977), ou seja, que ocorram novas assimilações, acomodações e adaptações do conhecimento mediante novas situações desafiadoras. O objetivo do professor deve ser colocar os estudantes diante de problemas e estimulá-los a apresentarem possíveis respostas, hipotéticas, a serem testadas e refletidas.

Relembra-se que as fases da STEAM empregadas consistem em uma proposta modificada do que se discute na literatura até então. Justifica-se a alteração porque ao se empregar os princípios do Método Científico, inicia-se uma discussão sobre o que se observa a volta, a fim de que os alunos, pela reflexão, possam trazer para a roda de discussão problemas, fatos e/ou fenômenos observados por eles no cotidiano e que a Ciência possa produzir conhecimento a respeito ou que ajude na resolução do(s) problema(s) levantado(s).

Nesta etapa ocorre uma tempestade de ideias, também conhecida como técnica de *brainstorm*, criado por Alex Osborn, em 1939, que a definiu como “um ato de usar o cérebro para tumultuar um problema” (OSBORN, 1987, p.73), trabalhando de forma contrária ao individualismo, há o compartilhamento de ideias imaginativas e criativas, em geral intuitivas, para a solução de problemas, que ganham forma a partir da colaboração entre os pares (DUALIBI e SIMONSEN, 1990). Em geral, a técnica é usada na fase de planejamento de um projeto visando “gerar um maior número de ideias possíveis acerca de um determinado tema ou questão” (MAZZOTTI, BROEGA, GOMES, 2012).

Quadro 1 - Fases da STEAM

Fases da STEAM	Ações
Investigar	Problematização a partir de conceitos prévios e da constatação de que nem todo objeto presente na natureza pode ser representado pela geometria Euclidiana. Proposta dos alunos de hipótese a ser investigada: existe uma matemática da natureza.
Descobrir	Realização da pesquisa e obtenção de dados sobre a geometria fractal e os elementos do Bioma presentes em Cuiabá, em específico no Parque Zé Bolo Flô. Reflexão acerca dos dados obtidos na investigação.
Conectar	Relação da geometria fractal com elementos da natureza (principalmente, árvores presentes no Cerrado). Debate reflexivo sobre o tema pesquisado para conectar os resultados obtidos.
Criar	Desenvolvimento dos produtos (Cenário virtual 3D com elementos do cerrado, Varal Fractal, Podcast, Vídeo, Minecraft). Reflexões sobre a geometria fractal para aplicação na criação dos produtos, aprofundada por mais investigações.

Socializar o conhecimento	Divulgação dos seus produtos finais com os colegas e professores.
----------------------------------	---

Fonte: dados da pesquisa.

A reflexão deve ocorrer ao longo do processo, de forma cumulativa. Os alunos partem das reflexões sobre o que observam nas espécies do cerrado e sobre seus conhecimentos prévios, justificando a importância do desenvolvimento do estudo, construindo o problema de pesquisa, apresentando pressupostos que expliquem o fato/fenômeno.

Os alunos devem passar pela fase da investigação, na qual precisam coletar dados e fazer descobertas acerca do conhecimento existente sobre o tema. Refletir se as hipóteses que eles levantaram explicam ou solucionam o problema, a partir da conexão que fizerem com os dados obtidos após seu processo de descobertas. E, então, vem a fase da criação, quando colocando a mão na massa, confeccionam material didático, a partir das reflexões feitas, chegando à solução ou mitigação do problema observado, aceitando ou rejeitando suas hipóteses iniciais, apresentando, por fim, novas perguntas com o objetivo de aprofundar ainda mais no assunto e concluindo a aprendizagem do objeto do conhecimento proposto. Por último, e não menos importante, realizar a socialização do conhecimento produzido, é a comunicação, divulgação científica dos resultados, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico de outras pessoas.

4.5.1 Etapas da pesquisa

As etapas da pesquisa foram desenvolvidas em cinco encontros apresentados na sequência, para validação, com a contribuição dos alunos colaboradores para a elaboração do Roteiro Didático “O Tal Fractal” como forma de contribuir com professores de Matemática, de Ciências e de Artes, visando aulas inovadoras, dinâmicas e interdisciplinares, trazendo métodos ativos e tecnologias digitais que permitem o acesso às informações.

Sabe-se que os alunos que chegam em salas de aula hoje são nativos digitais, o que pede mudanças significativas nas estratégias pedagógicas. Este panorama muda “o paradigma de indivíduos consumidores de conhecimento para indivíduos que podem produzir, divulgar e disseminar informações” (DANELON; MARQUES, 2020, p.2). Ressalta-se que os encontros apenas iniciaram após a homologação dessa complementação do projeto anteriormente aprovado pelo CEP.

4.5.1.1 Primeiro Encontro: Geometria, onde podemos encontrar?

Habilidade Matemática: construir figuras planas semelhantes em situações de ampliação e de redução, com o uso de malhas quadriculadas, plano cartesiano ou tecnologias digitais. Reconhecer, identificar e associar as figuras geométricas ao seu cotidiano, no mundo real.

Habilidade de Ciências da Natureza: compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências.

Duração do encontro: duas aulas de 50 minutos cada

Local: sala de aula

Recursos: quebra-cabeça físico e virtual; Computador; Projetor multimídia

Ambos os quebra-cabeças foram desenvolvidos pela pesquisadora. Constituídos de peças nas formas geométricas básicas, a versão física foi elaborada com texturas diversas e cores variadas, a fim de que seja totalmente acessível para estudantes com deficiência visual. Para construir a versão virtual, foi feita uma cópia do quebra-cabeça físico utilizando o *software Paint 3D*, com as mesmas cores e, em seguida, gerada uma imagem no formato PNG. Após, a imagem foi enviada para o site jigsawplanet.com² para ser gerado o quebra-cabeça.

Os conhecimentos prévios dos alunos devem sempre ser valorizados, conforme sugerido por diferentes autores (MOREIRA, 2008; PIVATTO, 2014; SANTOS, ROSSI, 2020, entre outros). Nesta fase da aula, os alunos são orientados a refletirem sobre o dia a dia, tentando fazer associações das formas geométricas que integram o seu cotidiano, encontradas nos espaços em que vivem. No contexto da abordagem STEAM, considera-se esse um rico momento reflexivo.

² O Jigsaw Planet é um recurso lúdico que permite o desenvolvimento de atividades variadas através da criação ou exploração de puzzles digitais, a partir de imagens escolhidas por si ou pelos seus alunos ou através de imagens obtidas na Internet. Está disponível em <http://www.jigsawplanet.com/> não sendo necessário que se faça *download* de qualquer aplicação. Pode-se criar um puzzle sem ter uma conta associada, porém, torna-se mais fácil gerir os puzzles ao se criar uma.

4.5.1.2 Segundo Encontro: Descobrimos a tal Geometria na Natureza!

Habilidade Matemática: construir figuras e analisar elementos da natureza e diferentes produções humanas (fractais, construções civis, obras de arte, entre outras). Raciocinar, representar, comunicar e argumentar matematicamente, de modo a favorecer o estabelecimento de conjecturas, a formulação e a resolução de problemas em uma variedade de contextos, utilizando conceitos, procedimentos fatos e ferramentas matemáticas. Desenvolver e utilizar ferramentas, inclusive digitais, para coleta, análise e representação de dados.

Habilidade Ciências da Natureza: observar o mundo a sua volta e fazer perguntas. delinear problemas e planejar investigações. Propor hipóteses. Realizar atividades de campo (experimentos, observações, leituras, visitas, ambientes virtuais etc.). Avaliar informação (validade, coerência e adequação ao problema formulado).

Foi desenvolvido em duas aulas de 50 minutos cada, considerando que os princípios do Ensino por Investigação (SASSERON 2015, p. 64) dizem que “a partir da investigação de situações-problema em sala de aula, os alunos têm oportunidade para desenvolver liberdade e autonomia intelectuais”. No Ensino Fundamental, a Matemática por meio de seus diversos campos, como a Geometria aqui abordada, “precisa garantir que os alunos relacionem observações do mundo real a representações (tabelas, figuras, esquemas) e associem essas representações a uma atividade matemática (conceitos e propriedades)” (BRASIL, 2018, p. 265).

Após realizarem pesquisa sobre a abordagem STEAM, os estudantes, organizados em equipes de, no mínimo, três e, no máximo, cinco integrantes, foram orientados a investigar as formas da natureza, nas quais eles evidenciavam diferentes formas geométricas. Um dos objetivos do trabalho em equipe é a participação de todos os estudantes incluindo os que tenham algum tipo de impedimento, seja esse sensorial, cognitivo ou físico. Posteriormente, em uma roda de conversa presencial, os estudantes foram convidados a fazer um breve relato da experiência, e os resultados da sua pesquisa que consideraram relevantes, os estudantes foram orientados que no trajeto de volta para casa eles observassem e registrassem por meio de fotografias em seus smartphone, as árvores, as folhas, os galhos e as plantas de forma geral, para uma observação e análise dos Fractais.

4.5.1.3 Terceiro Encontro: Aprofundando os conhecimentos

Habilidade Matemática: reconhecer que os conhecimentos matemáticos são fundamentais para a compreensão e a atuação no mundo e perceber o caráter de jogo intelectual da matemática, como aspecto que favorece o desenvolvimento do raciocínio lógico e crítico, estimula a investigação e pode ser prazeroso (fruição). Elaborar explicações e/ou modelos.

Habilidade Ciência da Natureza: avaliar informação (validade, coerência e adequação ao problema formulado). Associar explicações e/ou modelos à evolução histórica dos conhecimentos científicos envolvidos, com aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica.

Novamente, foram necessárias duas aulas de 50 minutos. O objetivo deste encontro foi a observação da autossimilaridade dos fractais presentes nos elementos da natureza, e o conhecimento das ferramentas tecnológicas que os estudantes poderiam utilizar para desenvolverem o produto final do projeto, assim como sugere a abordagem STEAM. Os estudantes apresentaram as observações feitas da natureza no trajeto de casa até a escola, utilizando o *smartphone* para fazerem o registro por meio de fotografias, e os estudantes com deficiência visual apresentaram galhos e folhas recolhidos próximo as suas residências.

4.5.1.4 Quarto Encontro: Mãos na Massa

Habilidade Matemática: fruir e apreciar esteticamente diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, assim como dessas participar, de modo a aguçar continuamente a sensibilidade, a imaginação e a criatividade

Desenvolver soluções para problemas cotidianos usando diferentes ferramentas, inclusive digitais. Apresentar, de forma sistemática, dados e resultados de investigações. Desenvolver e utilizar ferramentas, inclusive digitais, para coleta, análise e representação de dados.

Habilidade Ciência da Natureza: selecionar e construir argumentos com base em evidências, modelos e/ou conhecimentos científicos.

Utilizando duas aulas com 50 minutos cada, esta etapa foi a hora de aplicar o que foi estudado e pesquisado até aquele momento. Os alunos, reunidos em equipes, decidiram qual ferramenta iriam utilizar e como seria o desenvolvimento do produto. O produto final deveria remeter à representação da Geometria Fractal presente na natureza.

A pesquisadora apresentou algumas ferramentas para que os estudantes adquirissem conhecimentos sobre os recursos tecnológicos disponíveis para a construção dos seus produtos. Neste momento, a pesquisadora utilizando como recursos o projetor multimídia, *notebook* e caixas de som, realizou uma apresentação do software Paint 3D, que utiliza imagens 3D e de Realidade Mista (RM). Com esse *software*, os estudantes podem produzir e manipular objetos em três dimensões, possibilitando aos estudantes a impulsionarem a criatividade, e ainda utilizarem o recurso de Realidade Mista, que mescla a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA), que é a sobreposição de objetos virtuais no mundo real, possibilitando que os estudantes tenham uma experiência imersiva do seu produto.

O produto final foi desenvolvido pelos estudantes ao longo da aplicação do projeto. Contudo, ressalta-se que é importante que “o seu resultado não seja o foco principal, pois o que deverá ser levado em consideração são o processo e o aprendizado construído” (BACICH e HOLANDA, 2020, p. 52).

4.5.1.5 Quinta Etapa: Apresentando o Produto Final

Habilidade Matemática: interpretar e resolver situações que envolvam dados de pesquisas sobre contextos ambientais, sustentabilidade, trânsito, consumo responsável, entre outros, apresentadas pela mídia em tabelas e em diferentes tipos de gráficos e redigir textos escritos com o objetivo de sintetizar conclusões.

Habilidade Ciências da Natureza: relatar de forma sistemática o resultado de uma coleta de dados e/ou apresentar a organização e extrapolação de conclusões, de tal forma a considerar os contra-argumentos apresentados, no caso de um debate, por exemplo.

Seguindo as etapas anteriores, foram utilizadas duas aulas de 50 minutos para a socialização do conhecimento produzido pelos alunos, em uma roda de conversa na qual os estudantes apresentaram os Produtos Finais, compartilharam seus resultados, experiências, dificuldades e aprendizados sobre a Geometria Fractal no Cerrado. E, em seguida, responderam a um questionário para registrarem suas impressões sobre o projeto “O tal Fractal”.

4.5.2 Análise da evolução cognitiva dos conceitos sobre Geometria Fractal e suas relações com elementos encontrados na natureza: A Taxonomia de Bloom Revisada

Para a Análise da evolução cognitiva dos conceitos sobre Geometria Fractal e suas relações com elementos encontrados na natureza foi utilizada a Taxonomia de Bloom Revisada (TBR), proposta por Anderson et al. (2001), uma modificação da versão original proposta por Bloom e colaboradores (1956), que consistia em um sistema de classificação para três domínios: o cognitivo, o afetivo e o psicomotor.

Todavia, este sistema inicial foi criticado por centrar mais no domínio cognitivo em níveis hierárquicos de menor para o de maior complexidade em detrimento dos outros dois domínios e, por essa razão, existem na literatura algumas propostas de modificação (ANDERSON et al., 2001; KRATHWOHL, 2002; FOREHAND, 2005; THOMPSON et al., 2008, entre outros), principalmente, pelo que afirmam Marshesan e Kunh (2018, p. 115), que os citados especialistas e outros se reuniram para analisar a possibilidade de rever os pressupostos teóricos dessa Taxonomia visto que novas teorias, novos conceitos e recursos haviam sido incorporados no campo educacional, assim como avanços psicopedagógicos e tecnológicos também haviam ocorrido.

A TBR é uma ferramenta interessante para avaliação, que tem como objetivo verificar o nível de evolução do pensamento crítico, considerando-se que contribui para o professor acompanhar os avanços obtidos por seus alunos. A TBR ou Taxonomia dos Objetivos Educacionais traz uma classificação hierárquica dos níveis cognitivos, que vão desde a habilidade de lembrar com exatidão os objetos do conhecimento abordados, como por exemplo as fórmulas matemáticas, as figuras geométricas e as principais características da geometria fractal, até um nível hierárquico de pensamento superior, no qual o aluno apresenta habilidades de uso da informação prévia para explicar uma nova situação, comparando, desdobrando a informação em diferentes componentes, demonstrando que é capaz de extrair novas informações, a partir do conhecimento preexistente.

Galhardi e Azevedo (2013, p.238) chamam a atenção de que “É importante notar que mesmo que o conhecimento seja a base da hierarquia proposta; de nenhuma maneira isto implica que ele seja um nível baixo de pensamento”. Os autores afirmam que a Taxonomia de Bloom “pode ajudar os alunos a entender como navegar em direção ao entendimento do assunto, por meio dessa estrutura conceitual concebida para auxiliar a definição de objetivos de aprendizagem” (GALHARDI e AZEVEDO 2013, p.238).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Depois de dois anos tão excepcionais vivendo realidades tão inesperadas em todos os campos, enfrenta-se agora cenários bem desafiadores e desiguais na educação. O que manter e o que modificar a partir de agora? A experiência do digital forçado deixou o país mais dividido ainda: uma parte conseguiu se sair relativamente bem, enquanto outra ficou bem para trás, seja pelas condições econômicas ou por não se adaptar ao modelo *on-line*.

Avançou na sociedade a percepção de que é possível aprender de múltiplas formas, em diferentes espaços físicos e digitais, síncronos e assíncronos; sozinhos, em grupos, redes e com mentoria; no curto e longo prazo e ao longo da vida (MORAN, 2022).

5.1 DA QUESTÃO, UM ESTADO

Conforme metodologia descrita no capítulo anterior, para o Estado da Questão foi realizado um levantamento de dissertações e teses publicadas nas plataformas de buscas: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), no Google Acadêmico e no portal de periódicos da Capes. Ao se pesquisar fazendo uso dos descritores **Geometria Fractal** e **Educação Inclusiva** concatenados, não se obteve resultado algum.

Ao serem utilizados os descritores: "Geometria Fractal" AND "Ensino" OR "Educação" na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), e utilizando um recorte temporal de 2009 a 2019, foram obtidos 83 resultados, e ao analisar a fundamentação teórica e metodológica, foram encontradas dez dissertações que atendiam à proposta do projeto (Quadro 2).

Quadro 2 - Levantamento de teses e dissertações no catálogo da BDTD de 2009 a 2019.

Título	Autor (a)	Universidade	Ano/ Cidade
Uma proposta de abordagem da geometria fractal na educação básica	<u>LISBOA, Marcelo Correia</u>	Universidade Federal do Tocantins	2019/ Palmas – TO
Uma proposta metodológica para o ensino de geometria fractal em sala de aula na educação básica	<u>NASCIMENTO, Maristel do</u>	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	2012/ Ponta Grossa - PR

Uma proposta de ensino envolvendo geometria fractal para o estudo de semelhança de figuras planas	<u>GOMES, Antônio do Nascimento</u>	Universidade Federal de São Carlos	2010/ São Carlos - SP
Estudo da geometria fractal clássica	<u>ZANOTTO, Ricardo Anselmo</u>	Universidade Federal de Goiás	2015/ Goiânia – GO
Geometria Fractal: Da natureza para sala de aula	<u>FERREIRA FILHO, José Roberto</u>	Universidade Federal de Sergipe	2015/ São Cristóvão - SE
O ensino de fractais no ensino fundamental	<u>PAIXÃO, Rogério da Silva</u>	UEM Maringá, PR Centro de Ciências Exatas	2014/ Maringá – PR
Fractais no ensino médio: a valorização da geometria a partir de uma nova experiência em sala de aula	<u>ZAMBELLI, Juliana Alonso Gadi de Jong</u>	Universidade Federal do ABC	2013/ Santo André- SP
Fractais no ensino médio: uma sequência didática	<u>ADAMI, Paulo Sérgio</u>	Universidade Federal de São Carlos	2013/ São Carlos - SP
Geometria Fractal na Educação Básica	<u>MOREIRA, VANESSA DA SILVA SA SAMPAIO</u>	Pontifícia Universidade Católica Do Rio De Janeiro	2017/ Rio de Janeiro - RJ
Uma proposta de abordagem da geometria fractal na educação básica	<u>OLIVEIRA, Lucas Maximiano de</u>	Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)	2019/ Palmas – TO

Fonte: dados da pesquisa.

Utilizando outros descritores como: "Geometria" AND "Ensino" AND "deficiente visual" na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), foram encontrados e analisados quatro resultados (Quadro 3).

Quadro 3 - Levantamento de teses e dissertações no catálogo da BDTD de 2009 a 2019. Descritores: "Geometria" AND "Ensino" AND "Deficiente Visual".

Título	Autor (a)	Universidade	Ano/ Cidade
Uma abordagem para o ensino de produtos notáveis em uma classe inclusiva: o caso de uma aluna com deficiência visual	<u>VIGINHESKI, Lúcia Virginia Mamcasz</u>	Universidade Tecnológica Federal do Paraná Ponta Grossa	2013/ Ponta Grossa – PR
Educação especial: oficina de capacitação para professores de matemática na área da deficiência visual	<u>MARTINS, Daner Silva</u>	Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Matemática.	2013/ Porto Alegre - RS
Objeto de Aprendizagem Hiper ligado com Materiais Manipuláveis para o Ensino de Geometria Espacial Para Alunos Com Baixa Visão Na Educação Básica	<u>MENDES JÚNIOR, Josino Lucindo</u>	Universidade Federal de Goiás	2016/ Goiânia - GO
Requisitos de projeto para produção de recursos didáticos táteis para estudantes cegos no processo de ensino-aprendizagem de geometria espacial	<u>ANDRADE, Rebeca Medeiros de</u>	Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul Escola De Engenharia Faculdade De Arquitetura	2019/ Porto Alegre - RS

Fonte: dados da pesquisa.

Ao analisar os resultados das buscas e, posteriormente, os trabalhos selecionados, observa-se que, em sua maioria, os que envolvem a geometria fractal como tema principal têm como foco a educação matemática. Poucos trabalhos foram desenvolvidos em uma abordagem interdisciplinar, que possa promover a intersecção entre as componentes curriculares, tais como a matemática e a biologia. Outra carência observada foi a de trabalhos que tenham considerado a acessibilidade, possibilitando, assim, que sejam trabalhados em uma perspectiva inclusiva, principalmente, com foco na deficiência visual.

Desse modo, entende-se que este trabalho desenvolvido se mostre como relevante para esta problemática, e se espera que os professores das áreas de ciências, matemática e outras

como artes possam ser sensibilizados e se interessarem por esta temática. Por fim, como não foram obtidos nos resultados das buscas, parece relevante a continuidade da pesquisa.

No trabalho de Paixão (2014), o autor propõe a inclusão da geometria fractal no Ensino Fundamental e traz possibilidades de tornar a aprendizagem da matemática mais significativa para os estudantes, trazendo a interdisciplinaridade e mostrando as limitações da Geometria Euclidiana para as representações da natureza. Essa proposta vem ao encontro do que preconiza a STEAM.

Evidenciou-se que os alunos com deficiência visual foram contemplados com os recursos didáticos empregados, mas conforme afirma Mendes Júnior (2016), que desenvolveu uma dissertação sobre o ensino de geometria espacial para alunos com baixa visão na Educação Básica, uma parceria e articulação entre os professores de matemática e o de atendimento educacional especializado facilitaria muito o processo de ensino e aprendizagem. A mediação da docente pesquisadora foi fundamental para potencializar a resolução de atividades propostas.

5.2 ORGANIZAÇÃO DO ROTEIRO

5.2.1 - 1º Encontro - Apresentar, conhecer e instigar

No Estado de Mato Grosso, as aulas presenciais em formato híbrido foram retomadas no dia 03/08/2021, seguindo orientações da Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso (SEDUC). As escolas retornaram seguindo os protocolos de biossegurança e planos de contingência, e, por essa razão, os estudantes foram organizados em dois grupos, sendo esses Grupos A e B e deveriam ir à escola seguindo o cronograma disponibilizado pela Unidade Escolar, em uma semana iria o Grupo A e na semana seguinte o Grupo B, e os estudantes, em que os pais desejassem poderiam continuar seus estudos 100% remoto.

Os primeiros encontros ocorreram em 4 dias, no dia 19/08/2021, com a turma do 7º ano B Grupo 1, em 20/08/2021 com a turma do 7º ano A Grupo 1, 26/08/2021 com a turma 7º ano B Grupo 2 e 27/08/2021 com a turma do 7º ano A, grupo 2. Seguindo as orientações do Roteiro Didático, o primeiro encontro foi a apresentação geral do projeto “O tal fractal”, expondo os objetivos da pesquisa e como os estudantes poderiam se tornar colaboradores.

Foi realizada a apresentação, explicando-se o que é o Mestrado Profissional e a importância deste para a educação, além da importância da parceria com o professor regente da disciplina de Ciências e da Unidade Escolar como Instituição.

Como os encontros aconteceram logo após o retorno das aulas, os estudantes estavam em fase de adaptação e organização. Como a maioria estava no primeiro ano matriculado nesta unidade de ensino, os estudantes ainda estavam em fase de se conhecerem e se mostraram animados com a proposta de aula diferenciada.

Em seguida, foi disponibilizado um questionário aos estudantes para a diagnose prévia, conforme iam surgindo as dúvidas estas eram esclarecidas e dialogadas. No Quadro 4 se pode observar os resultados coletados com o primeiro questionário, com os percentuais de respostas positivas e negativas às questões apresentadas aos estudantes.

Quadro 4 - Resultado do questionário aplicado no primeiro dia

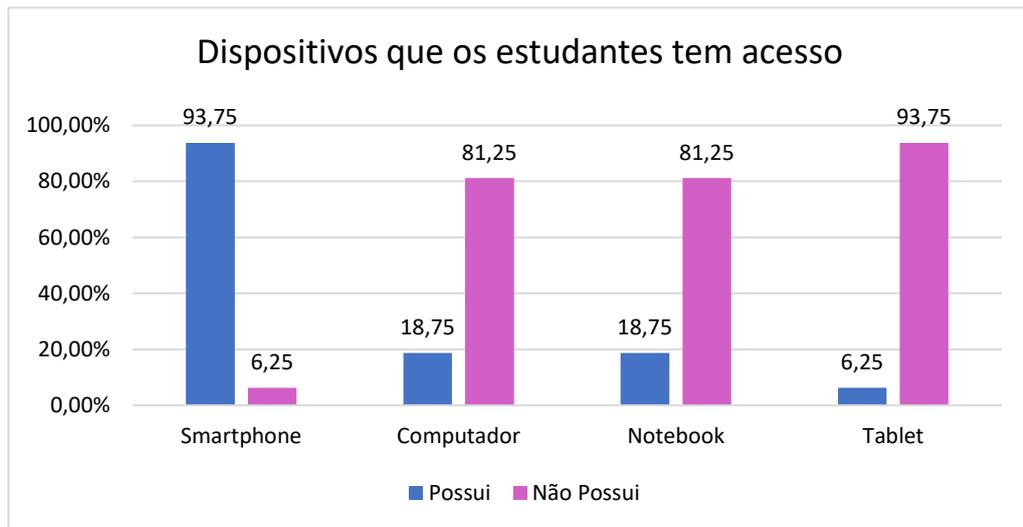
Pergunta	Sim (%)	Não (%)
Conhece ou já estudou Geometria?	18,75	81,25
Conhece ou já estudou Geometria Fractal?	6,25	93,75
Já desenvolveu algum trabalho escolar utilizando a abordagem STEAM?	12,5	87,5
Já realizou alguma atividade com Realidade Aumentada?	18,75	81,25
Conhece o software Paint 3D?	37,5	62,5
Você conhece ou já ouviu falar de Inclusão?	37,5	62,5
Já estudou com alguma Pessoa Com Deficiência (PCD)?	37,5	62,5

Fonte: dados da pesquisa.

Conforme os dados obtidos no questionário para a diagnose, 56,25% dos colaboradores da pesquisa se identificam como sendo do sexo masculino e 43,75% do feminino. A idade variou entre 12 e 14 anos, sendo 12 estudantes com 12 anos (75%), 3 com 13 anos (18,75%) e 1 com 14 anos (6,25%). Desses estudantes, 4 possuem algum tipo de deficiência - 2 Baixa Visão sendo que um ainda se encontrava em processo de perda progressiva, 1 com deficiência Intelectual moderada e 1 com Transtorno do Espectro Autista moderado. Do total de estudantes, 9 responderam que era o seu primeiro ano na escola, um que estava na escola há dois anos, e os demais já estudavam ali há mais de 3 anos.

Um dado relevante para esta pesquisa foi o acesso aos dispositivos eletrônicos (smartphone, computador, notebook, tablet). Do total, 93,75% responderam que tinham acesso a algum dos dispositivos relacionados na questão e 6,25% não tinham acesso a dispositivo nenhum. No gráfico 1, o acesso aos dispositivos fica mais evidente.

Gráfico 1 - Dispositivos a que os alunos têm acesso, relacionados pelos respondentes.



Fonte: dados da pesquisa.

Observa-se que 75% dos estudantes disseram ter acesso ao *Wi-fi*, 12,5% a internet 4G e 12,5% disseram ter acesso ao *Wi-fi* e a internet 4G. O dispositivo que a maioria dos estudantes tem acesso é o *Smartphone*, provavelmente, isso ocorre em função do custo inferior do smartphone comparado com os demais dispositivos, os estudantes responderam que têm acesso à internet, seja por *Wi-fi* ou 4G. Terra (2016, p. 29) diz que “Os smartphones vieram para revolucionar as telecomunicações e o seu grande potencial midiático fez com que os aparelhos se tornassem muito utilizados.”

O Smartphone se tornou para maioria dos estudantes um objeto fundamental para realização de pesquisas propostas e para o enriquecimento dos seus conhecimentos. A integração das mídias, sendo complementadas com a conexão via internet, torna o smartphone um aparelho completo, não necessitando de outros dispositivos (TERRA, 2016). Esses dados são relevantes, pois se trabalha com a abordagem STEAM, que prevê o uso de dispositivos eletrônicos, embora essa não seja uma condição obrigatória para realizarem algumas pesquisas.

Seguiu-se questionando os estudantes se eles conheciam ou já tinham estudado algum objeto do conhecimento que envolvesse a geometria, 81,25% dos estudantes disseram que não, e relacionado com a Geometria Fractal 93,75% disseram não terem estudado essa temática e que nunca tinham ouvido falar. Trazendo a Taxonomia de Bloom Revisada para auxiliar na análise dos dados desta pesquisa, observa-se que os estudantes se encontravam no primeiro nível da hierarquia que é a do conhecimento, sendo neste nível que o estudante irá concordar ou reconhecer informações, ideias, e princípios na forma (aproximada) em que foram

aprendidos (LIMA, 2009). Normalmente, não há grandes aquisições ou assimilações e, principalmente, reflexões no primeiro encontro.

5.2.2 2º Encontro – Problematizando a Geometria: uma tempestade de ideias

Logo no início do segundo encontro, os alunos pareceram bastante animados. Apresentaram os Termos assinados pelos seus responsáveis e se mostraram ansiosos para o início da aplicação do Projeto. As atividades foram iniciadas com a aplicação do quebra-cabeça físico desenvolvido pela pesquisadora. Apenas para lembrar, o quebra-cabeça é constituído pelas formas geométricas básicas, construído com diferentes texturas e marcações em relevo para que os estudantes com comprometimento visual pudessem manusear com total acessibilidade.

No primeiro contato com o jogo, os estudantes foram capazes de identificar as formas geométricas e descreveram como no exemplo do Aluno A: *“Professora eu sei o que é esse quebra-cabeça, é quadrado, triângulo e círculo”*.

Com o desenvolvimento da atividade foi possível observar que, apesar da maioria dos estudantes terem respondido anteriormente não terem estudado o conteúdo de Geometria, de fato, eles apenas não relacionaram o objeto do conhecimento com as formas geométricas. Ao terem o contato, constatou-se que todos os estudantes conheciam as formas apresentadas por meio do quebra-cabeça.

Após a montagem do quebra-cabeça físico (Figura 11), foi apresentado o quebra-cabeça virtual (Figura 12). Vale relembrar que as duas versões possuem a mesma configuração, desse modo, visando manter incluídos na atividade os estudantes com deficiência visual. A maioria dos estudantes relatou que nunca tinha tido contato com um quebra-cabeça virtual, e se mostrou motivada e participativa com a atividade.

Para que todos os estudantes tivessem a oportunidade de montar o quebra-cabeça virtual, a pesquisadora disponibilizou dois notebooks e um tablet, e em conjunto com alguns alunos rotearam a internet 4G dos seus smartphones. Essa ação se justificou pelo motivo da escola não dispor de laboratório de informática e a internet estar em manutenção no período.

No primeiro contato com o notebook e com o tablet, houve estudantes que apresentaram algumas dificuldades, como o manuseio do mouse e o arraste das peças que compõem o jogo. No entanto a partir da intervenção e da orientação da pesquisadora, logo as dificuldades foram superadas.

Figura 11 - Quebra-cabeça Físico



Fonte: dados da pesquisa (2021).

Figura 12 - Quebra-cabeça Virtual



Fonte: dados da pesquisa (2021).

Neste momento se traz a primeira fase da abordagem STEAM, que é a **INVESTIGAÇÃO**, sendo incentivados os estudantes a aprofundarem os conceitos que eles apresentaram durante a montagem do quebra-cabeça geométrico, e a partir da execução do jogo buscar mais dados e informações sobre a geometria e a fazer conexão desse conteúdo com outras áreas do conhecimento, sempre perpassando pelo momento da **REFLEXÃO**, durante a tempestade de ideias.

5.2.3 3º Encontro - Investigando e Conectando dados

Por estar em período de Pandemia houve a impossibilidade de realizar a aula de campo no Parque Zé Bolo Flô, o que foi compensado empregando em sala de aula três vídeos, que podem ser encontrados na plataforma do YouTube e partes das espécies investigadas, tais como galhos secos, folhas e sementes como se pode observar nas figuras 13 e 14.

Figura 13 - Observação da semente de Jacarandá



Fonte: dados da pesquisa (2021).

Figura 14 - Autossemelhança do galho seco



Fonte: dados da pesquisa (2021).

O primeiro vídeo - Programa na Trilha: Parque Zé Bolo Flô - Parte 2 - Parques Urbanos Cuiabá (<https://www.youtube.com/watch?v=ynuRSAb2wR0&t=3s>) traz uma breve apresentação do Parque Estadual Zé Bolo Flô, com duração de 4:47 min., foi produzido pelo Canal I7TV Produções. O segundo - Você conhece o Cerrado? (<https://www.youtube.com/watch?v=orGhCBbK4Iw&t=22s>) versava sobre o Cerrado durante 2:47 min., e está no Canal WWF-Brasil, e o terceiro vídeo - Introduzindo a geometria dos fractais: a geometria da natureza, (<https://www.youtube.com/watch?v=MwHC5N4JGIE&t=4s>), com 9:02 min., apresenta uma breve introdução sobre a Geometria Fractal, e pode ser encontrado no Canal Tecnologias no Ensino, no decorrer das apresentações dos vídeos os estudantes auxiliaram os colegas com deficiência, fazendo as descrições das imagens.

Após as apresentações dos vídeos aos estudantes, observou-se que eles assistiram com muita atenção e apresentaram algumas dúvidas referentes à localização do Parque, e curiosidades sobre o nome Zé Bolo Flô.

Quando se propôs que os alunos assistissem a um vídeo sobre os objetos do conhecimento - os fractais na natureza, desejava-se que eles se apropriassem e refletissem criticamente a respeito do que viam e compreendiam no processo da investigação. Assim, em razão dos vídeos serem um meio com o qual os alunos estão familiarizados e por meio de vários deles recebem suas informações (boas ou ruins), a experiência tem mostrado que um vídeo de 3 a 5 minutos, em média, pode ser bem mais produtivo do que um aluno ter que ouvir uma aula expositiva do professor por 50 minutos.

Utilizando métodos ativos de aprendizagem, e já implementando a segunda fase da STEAM, que é a da **DESCOBERTA**, sendo solicitados que eles pesquisassem sobre suas dúvidas e curiosidades relacionadas ao Parque e Geometria Fractal presente no Bioma Cerrado. Após esse momento de pesquisa, discussões e **REFLEXÕES**, passou-se para a próxima etapa do projeto.

Após os momentos de pesquisas e debates entre os integrantes das equipes foi possível observar que houve a relação dos conteúdos que poderiam ser trabalhados no produto e o reconhecimento da utilização das ferramentas tecnológicas, a STEAM reconhece esta fase como a de **CONECTAR**, os estudantes começaram a relacionar a Geometria fractal com as árvores presentes no Bioma.

Ao se trabalhar com a abordagem STEAM há a expectativa de que o estudante coloque a mão na massa, que trabalhe de forma prática. Assim, a pesquisa teve como objetivo que os

estudantes criassem um produto com o qual pudessem demonstrar os conhecimentos adquiridos/assimilados sobre a Geometria Fractal e suas evidências no Cerrado. Para tanto, foi solicitado que os estudantes se organizassem em Equipes com, no máximo, quatro integrantes. O trabalho em Equipe é de forma coletiva, com uma visão de aprendizagem por pares, colaborativa e, principalmente, promove a inclusão das PcD.

Trabalhar em equipe oportuniza o reconhecimento de diferentes caminhos de pensamento e solução de problemas, possibilita a valorização da diversidade em seus amplos aspectos e oportuniza compreender e trabalhar com pensamentos divergentes. Seria, então, um terceiro elemento potente, que vai ao encontro das competências delineadas como relevantes para o século XXI e que sustentam o movimento STEAM (PIRES, 2020, p. 76.).

Cabe ressaltar aqui o que Filatro e Cavalcanti (2018, p.138) trazem sobre métodos imersivos cujos princípios essenciais são o “engajamento e diversão usando tecnologias imersivas que oportunizam aprendizagem experiencial”. Esse é considerado pelas autoras como metodologias inovativas, que promovem uma ruptura da organização escolar tradicional.

Entre os benefícios em se utilizar a Realidade Aumentada (RA) (Figuras 15 e 16) em sala de aula, se pode citar que essa estimula a curiosidade e o interesse dos estudantes em nível intelectual e emocional. É abrangente quanto à possibilidade dos assuntos que podem ser trabalhados. Flexível transversalmente, respeita as diferenças individuais por incluir diversos estilos de aprendizagem e garante que ninguém fique de fora. Permite que os professores façam modificações conforme a necessidade de diferentes classes, além de oportunizar que os próprios estudantes criem materiais. Por ser portátil, pode ser compartilhado, o que permite que seja trabalhado, em sala de aula ou em casa, em atividades extracurriculares e até mesmo como passatempo (MORALES; GARCIA, 2017).

Figura 15 - Brócolis em RA



Fonte: dados da pesquisa (2021).

Figura 16 - Fractais nas Árvores em RA



Fonte: dados da pesquisa (2021).

As outras ferramentas apresentadas foram o Podcast e o vídeo, que também são inovações pedagógicas, e podem contribuir para aprendizagem dos estudantes. De acordo com Santos (2021, p. 61): “Ainda que o podcast seja uma inovação como ferramenta pedagógica e alguns professores possam ficar assustados com a proposta, vale ressaltar que essa exploração pode ser realizada em conjunto com os alunos.”

Podcast é uma ferramenta tecnológica de produção de áudio, que vem sendo difundida nos últimos anos e ganhou força na Pandemia, os professores podem utilizar como recurso didático pedagógico. De acordo com Bottentuit Junior e Coutinho (2009, p. 2118): “o Podcast permite ao professor disponibilizar materiais didáticos como aulas, documentários e entrevistas em formato de áudio que podem ser ouvidos a qualquer hora e em diferentes espaços geográficos.”

Levando em consideração o trabalho colaborativo, Bottentuit Junior e Coutinho (2007, p. 841) apontam: “como os trabalhos no podcast são geralmente realizados em grupo e a investigação mostra que a aprendizagem colaborativa tem vantagens sobre a individualizada, temos mais um argumento a favor da utilização desta nova ferramenta em contexto pedagógico.”

Os estudantes consomem muitos vídeos postados em plataformas digitais, e a proposta do projeto e da abordagem STEAM é trazer este estudante como protagonista e criador. Nesse sentido, o vídeo é um grande aliado para que eles apresentem seus conhecimentos sobre o tema proposto.

A pesquisadora apresentou as ferramentas, e os estudantes tiveram a liberdade de escolher as que mais lhes agradaram, bem como poderiam escolher outras ferramentas para apresentarem seu produto de criação.

Foram formadas cinco Equipes, sendo quatro com três estudantes e uma com quatro, duas das Equipes optaram por trabalhar com o Paint 3D e em cada uma dessas últimas equipes havia um estudante com baixa visão. A outra equipe, a qual contava com o aluno autista, escolheu a criação de Podcast, uma equipe escolheu fazer vídeo e uma optou por um varal de imagens e conceitos, nesta equipe estava o estudante com deficiência intelectual.

5.2.4 4º Encontro - A hora da criação do aluno

As Equipes, organizadas no encontro anterior, iniciaram a fase da **CRIAÇÃO**. As Equipes 1 e 2, que optaram em produzir o produto com o Paint 3D, ficaram com o notebook que tinha internet roteada dos celulares das pesquisadoras, e embora os estudantes não

conhecessem o *software*, isso não foi causa de desmotivação para eles. Pelo contrário, estavam motivados a pesquisarem e descobrirem como funcionava a ferramenta; a pesquisadora estava sempre por perto para que fossem tiradas as dúvidas.

As Equipes 3 e 4, que optaram por Podcast e vídeos, utilizaram os próprios celulares, não só para a produção, mas para pesquisarem sobre a Geometria Fractal e o Cerrado, eles selecionaram imagens e desenharam.

A Equipe 5 alegou que não tinha celulares com tecnologia para fazer vídeos e/ou Podcast, e não se interessou pelo Paint 3D. Após se reunirem, decidiram apresentar um varal, que denominaram de Varal Fractal. Selecionaram imagens, desenharam e fizeram uma pesquisa sobre o tema, e colocaram os principais conceitos em *Post it*, os estudantes foram bem participativos e apresentaram algumas dúvidas, que prontamente foram resolvidas pela pesquisadora.

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) estão cada vez mais presentes em sociedade e vêm modificando a estrutura da escola. Os colaboradores desta pesquisa empregaram alguns dos vários recursos existentes que permitiram o protagonismo dos alunos, que aprenderam de forma interativa, lúdica e dinâmica. A participação dos alunos no processo de produção de um vídeo ou podcast estimula as discussões, o desenvolvimento da criatividade, auxilia na comunicação e interação com seus pares favorecendo a socialização das ideias resultando em uma rica experiência social (VYGOTSKY, 1989). Nos projetos com a abordagem STEAM, os alunos puderam desenvolver muitas habilidades, de forma interativa e autônoma. O grande desafio para o professor é saber como utilizá-los como recursos pedagógicos.

Para Moran (2009), o vídeo traz consigo o dinamismo e uma linguagem que auxilia a aprendizagem, facilitando o caminho para níveis de compreensão mais complexos que requerem habilidades cognitivas de ordem superior. Outra vantagem do vídeo é que a linguagem audiovisual permite o desenvolvimento de múltiplas atitudes perceptivas e requer o uso constante da imaginação e da estética (SILVA et al, 2012). Trata-se de uma atividade desafiadora e instigante (WATANABE; BALDORIA e AMARAL, 2018). Ao se fazer uso de conteúdos em vídeo, é preciso considerar que a grande maioria ainda não possui audiodescrição como recurso de acessibilidade, o que gera barreiras de acesso ao aluno com deficiência visual. Para esses casos, o professor pode propor a colaboração dos colegas de sala de aula para fazerem a descrição do vídeo, assim como foi feito durante a aplicação do produto educacional.

Neste encontro os estudantes apresentaram uma boa interação com os membros das equipes e permitiram que a criatividade fluísse no processo de construção do produto, o

momento mão na massa foi o mais esperado por eles, e a criação juntamente com a reflexão também fazem parte das fases da STEAM.

Os estudantes PcDs tiveram uma participação ativa em todo o processo de criação do produto, houve boa interação entre os integrantes das equipes, podendo assim desenvolver um trabalho inclusivo.

5.2.5 5º Encontro - Comunicando e refletindo sobre “O TAL FRACTAL”

O 5º encontro ficou marcado pela **COMUNICAÇÃO** dos resultados obtidos pelos estudantes. O momento de socializar o conhecimento faz parte da última fase da STEAM proposta pela pesquisadora, e que traz a importância da divulgação científica para a educação básica, os estudantes apresentaram os desafios e a aquisição do conhecimento do tema proposto pelo projeto.

Ocorreram as apresentações das produções dos estudantes, alguns professores de outras disciplinas assistiram e foi organizada a sala de aula em semicírculo, sendo deixado o protagonismo deles aflorar; foram os estudantes que organizaram a ordem das apresentações.

A primeira Equipe a apresentar foi a que produziu o Varal Fractal (Figuras 17 e 18). Os estudantes desta equipe colocaram um fio de barbante para que fossem penduradas as imagens e os *post it* com os conceitos da Geometria Fractal e do Cerrado. Os resultados obtidos por eles mostraram que desenvolveram autonomia intelectual e independência para a solução do seu desafio. A valorização desses momentos é essencial na relação professor-aluno, pois lida, sobretudo, com a autoestima e evidencia a valorização do esforço do aluno para alcançar o resultado apresentado. É um momento delicado e de avaliação pelos alunos da atividade proposta pelo professor. Como se percebe na fala da Aluna A3.

Aluna A3: “Foi uma experiência diferente, não conhecia a Geometria Fractal, e gostei de saber que tem matemática na natureza”.

Figura 18- Organizando o Varal



Fonte: dados da pesquisa (2021).

Figura 17 - Varal Fractal



Fonte: dados da pesquisa (2021).

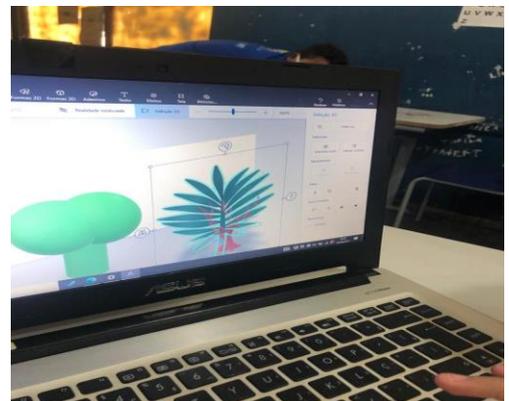
A segunda Equipe a apresentar foi a que desenvolveu o produto no *software Paint 3D* (Figuras 19 a 22), utilizando da realidade mista. Os estudantes reunidos em equipe conseguiram desenvolver um ambiente que representa o Cerrado, dando destaque à Geometria Fractal presente neste Bioma.

Figura 20 - Desenvolvendo no Paint 3D



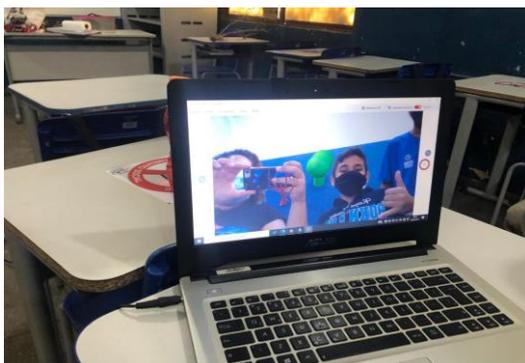
Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Figura 19 - Últimos detalhes para apresentação



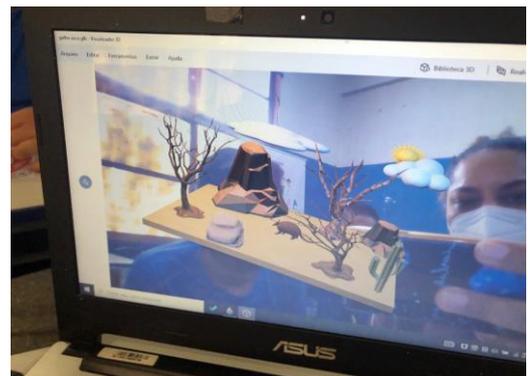
Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Figura 22 - RA em ação



Fonte: dados da pesquisa (2021).

Figura 21 - Cenário Virtual



Fonte: dados da pesquisa (2021).

A outra Equipe que se apresentou também trabalhou com o Paint 3D (Figuras 23 e 24), e desenvolveu um produto com a representação Fractal, e para a surpresa da pesquisadora um dos integrantes do grupo reproduziu um cenário utilizando o jogo Minecraft (Figuras 25 e 26). Esta construção partiu do interesse do próprio estudante, isso deixa evidências de que a abordagem STEAM, em sala de aula, pode motivar os estudantes. Apesar do pouco tempo para o desenvolvimento do produto, os estudantes gostaram da experiência e disseram “que gostariam de continuar desenvolvendo projetos que utilizem a Realidade Aumentada em sala de aula” (Aluno A3), continuaram dizendo que “o uso de tecnologias inovadoras fazem sentir mais vontade de estudar os conteúdos apresentados pelos professores e gostaria que todas as aulas utilizassem essas ferramentas” (Aluno A5).

Figura 24 - Os fractais



Fonte: dados da pesquisa (2021),

Figura 23 - Socializando o conhecimento



Fonte: dados da pesquisa (2021).

Figura 26 - Árvore no Minecraft



Fonte: dados da pesquisa (2021).

Figura 25 - Rio Minecraft



Fonte: dados da pesquisa (2021).

O 3º e o 4º grupos e apresentaram o Podcast e o vídeo, respectivamente. Eles falaram como desenvolveram o produto e como foi feita a pesquisa para fazerem o roteiro. Uma das integrantes do grupo (Aluna A2) expressou sua felicidade em conseguir fazer um vídeo com o

tema, disse “estou muito, muito feliz, eu consegui fazer um vídeo, e quero fazer mais vídeos para apresentar na escola”. O Podcast e o vídeo podem ser acessados pelos links: <https://1drv.ms/u/s!AqozYuQ79q3khJIil4QXels26u5pSA?e=ne8Vvl>, <https://1drv.ms/v/s!AqozYuQ79q3khJIjQFgV8bWiQDkOhA?e=0iJOZX>.

Observa-se que o uso da abordagem STEAM contribuiu para que os estudantes desenvolvessem o gosto pela criação de projetos escolares, pois trazer a tecnologia para sala de aula os motiva a participarem das aulas e a se interessarem em conhecer novas ferramentas tecnológicas, que possam contribuir para o desenvolvimento de projetos futuros de outras componentes curriculares e em sua vida cotidiana.

5.3 A AVALIAÇÃO FINAL DOS COLABORADORES DA PESQUISA

Conforme mencionado na descrição do produto, para conclusão da aplicação, foi empregado o questionário de avaliação final aos estudantes. A ferramenta avaliativa foi aplicada por meio de um formulário digital criado na plataforma Google Forms. Apesar de dezenove estudantes terem respondido ao questionário, vale lembrar que apenas dezesseis possuíam os termos (TCLE e TALE) assinados, o que levou a considerar na pesquisa apenas as respostas desses últimos, respeitando os critérios éticos da pesquisa.

O questionário (Apêndice A) foi constituído de 07 (sete) questões no total, sendo 03 (três) objetivas e 04 (quatro) dissertativas. Para apresentar e discutir os resultados obtidos como respostas para as questões, essas foram agrupadas de acordo com o conteúdo.

Na primeira questão foi feita a seguinte pergunta: quais características a seguir pertencem a Geometria Fractal? Como resposta, os estudantes poderiam selecionar mais de uma opção a partir da seguinte lista: Autossemelhança, Arestas, Padrão, Círculo, Plano ou Autossimilaridade. Doze estudantes indicaram autossemelhança. Sete indicaram autossimilaridade e seis marcaram padrão, sendo estas três, propriedades que caracterizam a geometria fractal. Dois estudantes ainda indicaram círculo e uma marcou arestas.

Ainda, no mesmo sentido, na sétima questão foi solicitado que marcassem as imagens que representavam alguns elementos com Geometria fractal. As alternativas possíveis, que poderiam ser marcadas mais que uma foram: Opção 1 - Foto de uma espécie do Jenipapo em fase caducifolia; opção 2 Pneu; opção 3 Nuvens; Opção 4 Figuras geométricas e opção 5 Brócolis. Dezesseis estudantes marcaram a primeira e a quinta opção (Jenipapo; Brócolis), onze

marcaram a opção 3 (Nuvens), quatro marcaram a quarta opção (Figuras geométricas) e apenas um marcou a opção 2 (Pneu).

A partir destes resultados, foi possível observar que a maioria dos estudantes parecem ter internalizado algumas das principais características da Geometria Fractal, conceitos que foram trabalhados em sala de aula. Contudo, vale considerar que alguns estudantes ainda consideraram características da Geometria Euclidiana como pertencendo à Geometria Fractal. Na questão 1, 12,5% dos respondentes marcaram uma ou mais das alternativas erradas, enquanto para a questão 7, 25% marcaram uma ou mais das alternativas, que não eram fractais.

É válido observar que entre os participantes do projeto, havia estudantes com deficiência e mais, que mesmo entre os demais, alguns apresentaram dificuldades em preencher o questionário virtual. Entende-se que essas barreiras poderiam ser, se não removidas, minimizadas com um tempo maior de atendimento para esses estudantes. Contudo, considerando todas as problemáticas da aplicação de uma pesquisa ainda em período pandêmico, essas experiências não puderam ser testadas.

Quando questionados sobre “Qual Geometria representa melhor a natureza e por quê?”, na segunda pergunta do questionário, e na terceira “Você já esteve no bioma cerrado? Lembrando e relacionando o que você viu, quais exemplos de Geometria Fractal podem ser encontrados ali?”, foram obtidas respostas, por meio das quais, de modo geral, propiciaram observar que os estudantes parecem ter compreendido a Geometria Fractal como uma geometria que melhor representa, ou seja, que melhor descreve as linhas da natureza (Quadros 5 e 6).

Quadro 5 - Resposta do Questionário Final

Qual geometria representa melhor a natureza? Por quê?		
Resposta satisfatória	Resposta parcial, incompleta	Resposta fora do contexto
A3: Geometria fractal, porque fala sobre os elementos da natureza como os rios, galhos, plantações e etc.	A8: Geometria Fractal	A11: Eu acho que a laranja fruta porque é uma forma simples e comum
	A12: A Geometria Fractal	A9: Cerrado, porque tem arvores maravilhosas com estruturas incríveis

	A13: Geometria Fractal	
	A15: Geometria Fractal	
	A1: Geometria Fractal porque é uma forma de representar tudo	
	A2: A geometria fractal; Porque está presente em diversas coisas da natureza	
	A4: Geometria fractal, pois tudo na natureza é representado com a geometria fractal	
	A5: Galho seco.	
	A6: as arvores por que ela tem uma geometria muito especifica	
	A7: Árvore porque é mais representante entre a geometria minha opinião	
	A10: Folha da árvore	
	A14: A árvore, porque é um símbolo que representa muito a geometria fractal	
	A16: folha por que elas repetem padrão	

Fonte: dados da pesquisa.

Quadro 6 - Resposta do Questionário Final

Você já esteve no bioma cerrado? Relembrando e relacionando o que você viu, quais exemplos de Geometria Fractal podem ser encontrados ali?		
Resposta satisfatória	Resposta parcial, incompleta	Resposta fora do contexto
A1: Eu me recordo bem pouco mais eu via	A3: Sim, arvores secas galhos e capivara etc.	A6: Não estiver no bioma cerrado.

algumas plantas queimadas, árvores e flores como um girassol.		
A2: Sim, os galhos da árvore seca ou desfolhada.	A5: Sim. vários tipos de árvores, etc.	A10: Não, mas pretendo ir.
A4: Sim, arvores, nuvens, plantas. Etc	A7: Árvores, galhos, folhas, frutos,	A12: nunca estive lá.
A15: Sim, árvores, folhas, galhos secos, frutos, rios, nuvens, raios.	A8: Não. folhas galhos e etc.	A13: sim ja estive
A16: Sim, arvores, galhos, morros e rios.	A9: Sim, árvore folha, galhos.	A14: Nao Nunca Fui
	A11: não, folhas, árvores.	

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando o desenvolvimento obtido pelos colaboradores da presente pesquisa, percebe-se no Quadro 5 que a grande maioria dos estudantes respondeu parcialmente à pergunta, deixando clara sua compreensão da relação possível entre a geometria fractal e alguns elementos naturais; chama a atenção que, embora tenham pesquisado sobre diferentes tipos de fractais observados na natureza, infere-se a partir de suas respostas que o que mais marcou foram as árvores com galhos e folhas que seguem um padrão em sua arquitetura. A diferença entre os níveis progressivos de aprendizagem mostra a complexidade desse processo.

A avaliação é um importante processo para verificar o aprendizado dos estudantes, existindo diversos instrumentos que auxiliam o professor na identificação da evolução do aprendizado dos conteúdos previstos e das competências e habilidades que os estudantes conseguiram desenvolver, o que não é uma tarefa fácil no dia a dia do professor. Ao dominar o conhecimento, o estudante terá segurança para falar a respeito, argumentar e contra-argumentar, associando novas informações aos seus conhecimentos prévios, chegando até mesmo à criação, como mostrou a pesquisa.

Quando questionados sobre “Qual geometria representa melhor a natureza? Por quê?”, ao responderem geometria fractal, eles podem ter ficado apenas no nível da memorização, pois lembraram com exatidão as informações prévias. Todavia, os que responderam o porquê, mostram que alcançaram o nível hierárquico de avaliar, justificando sua resposta anterior com

base em padrões e critérios específicos, relacionando conceitos e utilizando para explicar a realidade observada, como a dimensão fractal nos rios, flores, galhos, folhas, morros e nuvens, ou ainda, a autossimilaridade presente nos mesmos, indicando operações mentais mais complexas, a partir de conhecimentos internalizados, que passaram a fazer parte do seu repertório intelectual.

Conforme apresentado anteriormente, a utilização dos métodos de aprendizagem ativa e a abordagem STEAM estiveram presentes durante todo o processo de desenvolvimento das atividades, visando justamente levar os colaboradores a ultrapassarem o nível de classificação, superando os automatismos e promovendo o uso das habilidades de ordem superior. Conforme dizem Bacich e Holanda (2020, p. 155): “Conceituar, além de pressupor a união de elementos isolados, presentes no pensamento por complexos, envolve a capacidade de abstração e de generalização, algo que vai muito além de nomear a partir das aparências externas.”.

As diversas atividades de pesquisa, a utilização dos materiais concretos diversos, parecem ter sido muito propícias para que os estudantes fossem capazes de intercambiar entre o abstrato – as definições conceituais como autossimilaridade e dimensão fractal e o concreto, os objetos, os elementos da natureza, do cerrado. Alcançando a compreensão, foram capazes de observar, analisar e julgar elementos que podem ser descritos por meio da geometria fractal. “O conhecimento acontece quando algo faz sentido, quando é experimentado, quando pode ser aplicado de alguma forma ou em algum momento.” (MORAN, 2014, p. 23).

Buscar identificar em elementos do cerrado as propriedades da geometria fractal, realidade presente no dia a dia dos estudantes, aproxima o conhecimento daquilo que é familiar para o aluno, recorrendo aos conhecimentos prévios como subsunçores para construção e ampliação dos novos conhecimentos. Conforme apontam Hardoim et al. (2017, p. 08) “Dizemos que a pessoa aprendeu quando, após a aquisição de novas informações, ela é capaz de aprofundar, ampliar, reorganizar seus conhecimentos prévios.”.

A partir das respostas às questões 5 e 6, analisa-se o quanto os métodos de aprendizagem ativa, aprendizagem colaborativa, uso das TIC e a própria abordagem STEAM puderam contribuir, principalmente, para gerar motivação extrínseca nos estudantes. Na quinta questão (Quadro 7) foi perguntado: Fale o que você achou das aulas, das pesquisas, do jeito que a Geometria Fractal foi apresentada. O que mais o/a motivou a participar dessa pesquisa? Na sexta questão, foi perguntado: Conte um pouco sobre como foi fazer o trabalho em grupo, qual produto o grupo desenvolveu? E por que escolheu?

Quadro 7 - Resposta do Questionário Final

Pergunta/colaboradores	Fale o que você achou das aulas, das pesquisas, do jeito que a geometria fractal foi apresentada. O que mais o/a motivou a participar desta pesquisa?
A1	muito legal as aulas, do jeito que a geometria fractal foi representado foi muito legal em forma de varal, paint 3d muito legal, e o que mais me motivou foi diversão alegria do trabalho em grupo
A2	eu amei!!!! O que eu mais gostei foi da interação dos professores e dos alunos com a tecnologia para aprender
A3	achei legal pelo modo que eu aprendi conheci mais as pessoas da sala e aprendi mais sobre a geometria
A4	achei legal, divertida e diferente. o que me motivou foi que as aulas não eram comuns, e sim especiais
A5	eu gostei muito, e o que me motivou a participar dessa pesquisa foi por causa da interatividade
A6	foi muito legal conhecer as geometrias até porque eu nem conhecia as geometrias fractais
A7	as aulas fizeram parte da minha vida agora eu sei o que é geometria fractal, sim, a professora
A8	a aula foi muito legal e divertida eu aprendi muito foi através da tecnologia e dos vídeos
A9	A professora das pesquisas foi muito bom fazer o trabalho em equipe com os colegas ♡.
A10	achei bem legal. O que me chamou a atenção foi as semelhanças
A11	muito boa, agrega muito o conhecimento
A12	a aula foi muito legal e produtiva
A13	acho legal a geometria
A14	muito bom e legal e divertido
A15	a aula foi legal, e aprendi a trabalhar com 3d e pesquisar na internet
A16	a professora explicou a importância de estudar a geometria e foi legal pesquisar

Fonte: dados da pesquisa.

Conforme se observa no Quadro 7, 100% dos colaboradores demonstraram ter apreciado o modo como ocorreu a aplicação do projeto. Essa questão é de suma importância, pois a experiência afetiva do estudante em relação ao processo de aprendizado é de vital importância para um aprendizado proveitoso. Conforme assevera Fonseca (2021, p. 43):

Na dimensão de uma aprendizagem bem-sucedida, as funções conativas positivas nutrem o interesse, o desejo, a motivação, a curiosidade, o empenho, o esforço, a diligência, o entusiasmo, o prazer, o sentimento de competência, a autorrealização e a autoeficácia e outras necessidades superiores (FONSECA, 2021, p. 43).

A organização e o planejamento de atividades ricas de experiências, que levam em consideração os aspectos socioemocionais, como a perspectiva inclusiva e a aprendizagem colaborativa, a fim de promover a atitude de acolher e respeitar as diferenças e singularidades de cada ser humano, pode possibilitar esse ambiente de ensino e aprendizagem que motiva, que acrescenta significado para a vida do aluno. Desse modo se pode colher expressões como “muito legal, e o que mais me motivou foi diversão alegria do trabalho em grupo” (A1, Quadro 7), “achei legal pelo modo que eu aprendi, conheci mais as pessoas da sala” (A3, Quadro 7), ou ainda, “foi bem legal fazer em grupo isso e muito importante para mim fazer em grupo” (A7, Quadro 7).

O entusiasmo dos alunos mostram a importância do método colaborativo e o papel potencializador da pesquisadora no processo de desenvolvimento cognitivo e nas inter-relações que beneficiam todos os envolvidos. Ressalta-se que, quando necessário, o atendimento educacional especializado deve ser acionado para o apoio pedagógico ao ensino regular na classe comum, porém ele não substitui as práticas pedagógicas inclusivas em sala de aula, que devem atender a todos os estudantes da turma para que alcancem o currículo (MENDES, VILARONGA e ZERBATO, 2014).

A aprendizagem colaborativa é uma forma de desenvolver a coletividade e a comunicação entre os pares. Todavia, ainda não se observa com frequência a cultura do diálogo do professor da classe comum com aquele da Sala de Recursos Multifuncionais para otimizar as práticas pedagógicas, dando acessibilidade aos estudantes com algum tipo de impedimento, bem como aos demais.

Quadro 8 - Resposta do Questionário Final

Conte um pouco sobre como foi fazer o trabalho em grupo, qual produto o grupo desenvolveu? E por que escolheu?

A1	Muito legal meu grupo desenvolveu uma geometria fractal em 3d como voce viu no video foi muito legal e eu escolhi porque era uma forma de usar a geometria fractal e, também, por mexer com a tecnologia
A2	O trabalho em grupo no começo foi difícil porque não sabíamos o que fazer, desenvolvemos o paint 3d e escolhi o paint 3d por que nunca fiz algo parecido e seria mais fácil de fazer
A3	Eu aprendi mais sobre fractais eu me diverti muito em trabalho em grupo e conheci mais as pessoas da minha sala
A4	Foi legal porque fiz com um amigo meu e meu grupo desenvolveu sobre bioma cerrado e geometria fractal
A5	Conhecimento sobre os grupos foi muito legal ou até mesmo as maneiras de mexer nas tecnologias
A6	Foi muito satisfatório fazer esse trabalho em equipe. e nós fizemos construções no minecraft.
A7	Foi bem legal fazer em grupo isso e muito importante para eu fazer em grupo, védeo podcast
A8	Foi bom eu aprendi da geometria como as pessoas pensam e conheci mais minha sala
A9	Foi muito legal fazer o trabalho em grupo o paint 3d por que era uma nova experiencia
A10	O meu grupo foi melhor no minecraft, porque é mais fácil e é melhor
A11	O varal fractal. porque é diferente a ideia
A12	Cerrado porque era o mais fácil
A13	Eu escolhi paint 3d
A14	Vídeo, podcast
A15	Foi muito interessante fazer a simulação do cerrado no 3d e aprender a geometria fractal
A16	O grupo foi muito legal e fizemos o vídeo

Fonte: dados da pesquisa

Os métodos e recursos empregados na pesquisa possibilitaram a aprendizagem colaborativa e forneceram meios de comunicação que possibilitaram a interação dos alunos. Para Guerreiro (2015), o uso de espaços eletrônicos é facilitador da aprendizagem, sendo motivador dos alunos e, ainda que, de acordo com Varella et al (2002, p.4): “a aprendizagem

colaborativa não prescindia da tecnologia para ser adotada, acredita-se que essa amplifica sua possibilidade e potencializa as situações nas quais professores e alunos pesquisem, discutam, se relacionem e construam suas trajetórias individuais e coletivas com o conhecimento”.

A aprendizagem colaborativa, relacionada à ideia de se aprender e trabalhar em grupo, embora pareça recente, desde o século XVIII já foi bastante testada por teóricos, pesquisadores e educadores (IRALA e TORRES, 2004). Por meio da participação ativa, do protagonismo do aluno no projeto, mediada pela professora pesquisadora, houve a construção coletiva do conhecimento emergente das trocas durante as atividades práticas e nos momentos de questionamentos, debate e reflexão. As trocas, que ocorreram entre os pares, foram aspectos que permitiram a inclusão dos alunos com algum tipo de impedimento, caracterizando a inclusão, havendo a construção conjunta dos saberes, pois a base da aprendizagem em sala de aula inclusiva está na interação, na troca entre os alunos, na acessibilidade e na comunicação.

A sala inclusiva não é aquela que apenas recebe o estudante que enfrenta algum impedimento físico, sensorial e/ou cognitivo, mas que inclui, que possibilita que todos participem efetivamente do processo de ensino e aprendizagem.

Lanuti (2019, p. 20) confirma que: “Todos os alunos, sejam suas dificuldades e incapacidades reais ou circunstanciais, físicas ou intelectuais, sociais, têm a mesma necessidade de serem aceitos, compreendidos e respeitados em seus diferentes estilos e maneiras de aprender.”. Ainda como benefícios da aprendizagem colaborativa, lembra-se o que Torres e Irala (2014) apontam, a partir da revisão de outros estudos, que a aprendizagem colaborativa se torna mais eficiente em relação à individualizada, não promove a competitividade, é social e enriquece o processo pela troca de ideias diversas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para além da revolução que a geometria fractal trouxe para o estudo das formas, essa se mostra como um conteúdo que gera curiosidades, provoca questionamentos, encanta e motiva os estudantes. Aliada com o uso dos recursos digitais, cada vez mais facilitados pela disseminação das TIC, construídos com recursos de acessibilidade na perspectiva da educação inclusiva, esses produtos educacionais apresentam um enorme potencial para serem trabalhados em sala de aula.

Nesta proposta, em que se utiliza o método da Aprendizagem Baseada em Projeto, no contexto da abordagem STEAM, os estudantes desenvolveram um projeto interdisciplinar, fazendo conexão dos conhecimentos da geometria fractal com outras componentes curriculares.

Conforme apresentado no estado da questão, o tema desenvolvido em uma abordagem interdisciplinar como a STEAM e, principalmente, na perspectiva inclusiva, ainda carece de investigações e propostas que apresentem outros caminhos possíveis para consolidar a inclusão dos estudantes com deficiência visual.

Ainda que a parte chamativa da geometria fractal para as crianças e ou adolescentes seja as representações visuais, acredita-se que seja possível apresentar o mesmo encantamento aos estudantes com deficiência visual, seja por meio de modelos concretos ou por intermédio do recurso de acessibilidade da audiodescrição.

Durante a aplicação foi possível observar o interesse, a curiosidade, a motivação dos estudantes com o conteúdo, nas pesquisas e, principalmente, no processo de criação dos produtos que foram propostos, o que exigiu deles passar pelas fases da investigação, da descoberta, da conexão, criação e a socialização dos conhecimentos construídos. Ainda vale ressaltar que, em cada fase, o processo de reflexão esteve presente, pois um dos objetivos é que o estudante não tenha um aprendizado mecânico, mas que desenvolva conhecimentos que sejam científicos e crítico reflexivos.

A partir de tudo que foi possível investigar, acredita-se que mesmo um conteúdo desafiador como a geometria fractal pode ser utilizado com grande proveito em sala de aula, possibilitando o máximo de abstração dos conhecimentos nas componentes curriculares da Biologia e da Matemática, apresentadas por meio de recursos didáticos inovadores como a RA e materiais inclusivos disponíveis.

Novas pesquisas poderão acrescentar outras possibilidades e constituir um repertório de produtos para que os professores trabalhem esses conteúdos em suas escolas. Essa proposta, em

que foi utilizado o método da Aprendizagem Baseada em Projeto, no contexto da abordagem STEAM, os estudantes desenvolveram um projeto interdisciplinar, integrador, fazendo conexão dos conhecimentos da geometria fractal com outras componentes curriculares.

A partir do exposto, recomenda-se que este projeto seja aplicado em escolas de ensino regular inclusivo, e que possibilite o máximo de abstração dos conhecimentos nas componentes curriculares da Biologia e da Matemática, apresentadas por meio de recursos didáticos e materiais adequados disponíveis.

REFERÊNCIAS

- ABREU, T. E. B. **O ensino de matemática para alunos com deficiência visual**. Campos dos Goitacazes, RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. (Dissertação). 2013. 85p.
- ADAID, F. **Sobre um conceito de Estado da Arte**. Sitio JUS.COM.BR, em 29/10/2016. Disponível em < <https://jus.com.br/artigos/53331/sobre-um-conceito-de-estado-da-arte>> Acesso em 04.6.22.
- ALVES, C. M. F. S. J. **Fractais: conceitos básicos, representações gráficas e aplicações ao ensino não universitário**. 2007. 324 f. Dissertação (Mestrado em Matemática para o Ensino) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2007. Disponível em: <[http://www.educadore\(a\)s.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/maio2013/matematica_artigos/disertacao_edilson_de_moura.pdf](http://www.educadore(a)s.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/maio2013/matematica_artigos/disertacao_edilson_de_moura.pdf)>. Acesso em: 03.3.22.
- ANDERSON, L.W.; KRATHWOHL, D.R.; AIRASIAN, P.W.; CRUIKSHANK, K.A.; MAYER, R.E.; PINTRICH, P.R.; RATHS, J.; WITTROCK, M.C.; “**A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom’s Taxonomy of educational Objectives**”. Logmann, New York, 2001.
- ARENDDT, H. **A condição humana**. 11. ed. Tradução de Roberto Raposo. Rio de Janeiro: Forense Universitária. 2010.
- ÁVILA, G. **Várias faces da Matemática**. Tópicos para Licenciatura e Leitura Geral. 2ª ed. São Paulo, SP: Editora Blucher. 2011.
- BARBOSA, R. M. **Descobrimo a Geometria Fractal – para a sala de aula**. Belo Horizonte: Autêntica, 2005. E-book (160 p.).
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BACICH, L.; HOLANDA, L. **STEAM em Sala de Aula: A Aprendizagem Baseada em Projetos Integrando Conhecimentos na Educação Básica**. Local: Penso Editora, 2020. Ebook.
- BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre, RS: Penso Editora, 2014.
- BLOOM, B. S. et al. **Taxonomy of educational objectives**. New York: David Mckay, 1956. 262 p. (v. 1).
- BOTTENTUIT JUNIOR, J. B.; COUTINHO, C. P. **Podcast em educação: um contributo para o estado da arte**. Libro de Actas do Congreso Internacional Galego-Portugués de Psicopedagogía. A. Coruña/Universidade da Coruña: Revista Galego-Portuguesa de Psicología e Educación, 2007. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/>. Acesso em: 1 maio 2021.
- BOTTENTUIT JUNIOR, J. B.; COUTINHO, C. P. **Podcast: uma ferramenta tecnológica para auxílio ao ensino de deficientes visuais**. Universidade Lusófona de Humanidades e

Tecnologias, abr. 2009. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/>>. Acesso em: 1 maio. 2021.

BOTERO, J. **Educación STEM, introducción a una nueva forma de enseñar y aprender**. Bogotá, Colombia: STILO IMPRESORES LTDA. ISBN 978-958-48-3788-2. 335p. (2018).

BRASIL. Senado Federal. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. **Declaração de Salamanca**. Sobre princípios, políticas e práticas na área das necessidades educativas especiais. Brasília, DF: MEC, 1994.

BRASIL, L. D. B. Lei 9394/96–**Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 01 set. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Política Nacional de Educação Especial na perspectiva da Educação Inclusiva**. MEC; SEEP; 2008.

BRASIL. Portaria nº 3.128, de 24 de dezembro de 2008. **Define Que As Redes Estaduais de Atenção à Pessoa Com Deficiência Visual Sejam Compostas Por Ações na Atenção Básica e Serviços de Reabilitação Visual**. Brasília, 2008. Disponível em: Acesso em: 04 nov. 2021.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Pensamento-Cultrix, 2006.

CAPRA, F; LUISI, P. L. **Visão Sistêmica da Vida: Uma Concepção Unificada e suas Implicações Filosóficas, Políticas, Sociais e Econômicas**. Local: Editora Cultrix, 2014.

CARVALHO, F. A. H. Neurociências e educação: uma articulação necessária na formação docente. Trabalho, **Educação e Saúde**, v. 8, n. 3, p. 537-550, 2010.

CENTRO DE REFERÊNCIA EM EDUCAÇÃO INTEGRAL. **STEM ou STEAM: o ensino da Arte nas escolas**. Disponível em: <[HTTPS://EDUCACAOINTEGRAL.ORG.BR/REPORTAGENS/STEM-OU-STEAM-PARA-QUE-SERVE-O-ENSINO-DE-ARTE/](https://educacaointegral.org.br/reportagens/stem-ou-steam-para-que-serve-o-ensino-de-arte/)> Acesso em 20 ago.2019.

COSTA, L. M. do C.; HARDOIM, E. L. Jogos didáticos: uma análise de pesquisas produzidas sobre métodos ativos com foco nos conhecimentos de Genética. **Brazilian Journal of Development** ISSN 2525-8761. 2021.(no prelo)

COELHO, J. R. D. GOES, A. R. T. Proximidades e convergências entre a Modelagem Matemática e o STEAM. **Revista Educação Matemática Debate**. 4.e. Set - 2020. DOI:[10.46551/emd.e202045](https://doi.org/10.46551/emd.e202045)

DUALIBI, R., SIMONSEN, J. H. **Criatividade e Marketing**. São Paulo: Editora Abril. 1990.

FERREIRA, H. S.; GONÇALVES, T. O.; LAMEIRÃO, S. V. O. C. **APROXIMAÇÕES ENTRE NEUROCIÊNCIAS E EDUCAÇÃO: uma revisão sistemática**. Revista Exitus, Santarém/PA, Vol. 9, Nº 3, p. 636 - 662, JUL/SET 2019.

FILIPIN, G. E.; CASAROTTO, F. D.; MARONEZE, B. M.; MELLO-CARPES, P. B. **POPNEURO: Relato de um Programa de Extensão que busca divulgar e popularizar a**

neurociência junto a escolares. Revista Brasileira de Extensão Universitária v. 6, n. 2, p.87-95 jul – dez. 2015 e-ISSN 2358-0399

FOREHAND, M. **Bloom's taxonomy: Original and revised.** In M. Orey (Ed.), **Emerging perspectives on learning, teaching, and technology.** 2005. chnology”. 2005. Disponível em <http://projects.coe.uga.edu/epltt/> Acessado em 03 ago. 2021.

GALHARDI, A. C.; AZEVEDO M. M. **Avaliações de aprendizagem: o uso da taxonomia de Bloom.** In: VIII WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO PAULA SOUZA. Sistemas produtivos: da inovação à sustentabilidade. 2013.

GARDNER, H.; CHEN, J. Q.; MORAN, S. **Inteligências múltiplas.** Local: Penso Editora, 2009. GARDNER 2020.

GUERREIRO, C. J. **A construção de um site educacional por alunos de um curso do ensino médio profissionalizante: contribuições para o ensino de biologia.** 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Centro de Ciências.

HARDOIM, E. L. et al. **Refletindo sobre o ensino de ciências naturais à luz da educação inclusiva.** Latin American Journal of Science Education, v. 4, n. 22037, p. 1-15, 2017.

IBGE, **Censo 2010.** Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/censo/>> Acesso em: 28 nov. 2021.

IRALA, E. A. F.; TORRES, P. L. **O uso do AMANDA como ferramenta de apoio a uma proposta de aprendizagem colaborativa para a língua inglesa.** Abril de 2004. Disponível em: <http://www.abed.org.br/congresso2004/por/htm/172-TC-D4.htm> Acesso em 04.3.22

JUNIOR, C.A.M.; FARIA. N.C. **Processos Psicológicos básicos.** Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-79722015000400017. Acesso em:06 fev. 22.

KRATHWOHL, D. R. **A revision of Bloom’s taxonomy: an overview.** Theory in Practice, v. 41, n. 4, p. 212-218, 2002.

KILHIAN, K. **Lobachevsky e as Geometrias Não-Euclidianas.** . Disponível em: <<https://www.obaricentrodamente.com/2013/09/lobachevsky-e-as-geometrias-nao.html>.> Acesso em 05 mar. 2022.

KRATHWOHL, D. R. (2002). **A revision of bloom's taxonomy: an overview,** In: Theory into Practice, n. 41, v. 4, p. 212-218.

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES. **Guia Pedagógico de Referência Rápida. Coleção de estratégias/metodologias de ensino.** Coleção de avaliações formativas. Baltimore, USA: Laureate International Universities. s.d

LIMA, R. W. de. **Mapa de Conteúdos e Mapa de Dependências: ferramentas pedagógicas para uma metodologia de planejamento baseada em objetivos educacionais e sua implementação em um ambiente virtual de aprendizagem.** 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

- LINTON, S. **Claiming disability: knowledge and identity**. New York, USA: New York University Press, 1998.
- LISBOA, M. C. **Uma proposta de abordagem da geometria fractal na educação básica**. 2019.
- LOPES, L. M. D. et al. **Inovações educacionais com o uso da realidade aumentada: uma revisão sistemática**. Educação em Revista, v. 35, 2019.
- LOPES, R. ; BETROUNI, N.. **Fractal and multifractal analysis: A review**. Medical Image Analysis, 13: 634–649, 2009.
- LOPES, T. B. et al. **Atividades de campo e STEAM: possíveis interações na construção de conhecimento em visita ao Parque Mãe Bonifácia em Cuiabá-MT**. REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, v. 5, n. 2, p. 304-323, 2017.
- MANDELBROT, B. B. **The Fractal Geometry of Nature**. W. H. Freeman & Co.: San Francisco, 1975. 490p.
- MANTOAN, M. T. E. **Inclusão escolar: o que é? porquê? como fazer?** São Paulo: Editora Moderna, 2003.
- MARCHESAN, M.R.; KUHN, M.C. **Análise dos objetivos educacionais de um curso Técnico em Administração pela Taxonomia de Bloom Revisada**. Cadernos de Educação, n.59, jan/jun.2018.p108-133.
- MARQUES A. dos S. V., *et al.* **METODOLOGIAS, MODELOS E ABORDAGENS ATIVAS PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS NATURAIS**. Anais VI Simpósio LASERA Manaus. Manaus, 18-20 de setembro de 2019.16p.
- MENDES, E.G; VILARONGA, C. A. R; ZERBATO, A. P. **Ensino colaborativo como apoio à inclusão escolar: unindo esforços entre educação comum e especial**. São Carlos: UFSCar, 2014. p. 68- 88.
- MAZZOTTI, K. *et al.* **Exploração Da Criatividade, Através Do Uso Da Técnica De Brainstorming, Adaptada Ao Processo De Criação Em Moda**. Minho, Portugal: Universidade do Minho. 1st International Fashion and Design Congress. Disponível em:< <https://core.ac.uk/download/pdf/55622453.pdf>> Acesso em 04 jun. 2022.
- MATURANA, H. R.; VERDEN-ZÖLLER, G.. **Amar e brincar: Fundamentos esquecidos do humano do patriarcado à democracia**. 2004.
- MEDEIROS, J. de D. **Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies**. 2011.
- MENDES JUNIOR, J. L. **Objeto de aprendizagem hiper ligado com materiais manipuláveis para o ensino de geometria espacial para alunos com baixa visão na educação básica**. Goiânia, Go: Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica, do Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada à Educação/UFMG (Dissertação). 236p. 2016.
- MIRANDA, E. N. M. de; SILVA, P. V. T. da. **Implicações Do Sistema Límbico Na Aprendizagem Em Uma Perspectiva Neuropsicomotora**. Criar Educação, Criciúma, v. 10, nº1, jan/jul 2021.

MORAN, J. M. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá**. Papirus Editora, 2007. Ebook.

MORAN, J.M. **Vídeos são instrumentos de comunicação e de produção**. Entrevista ao Jornal do Professor. 2009. Disponível em: http://www.eca.usp.br/prof/moran/site/textos/tecnologias_educacao/videos.pdf. Acesso em 21.02.22.

MORAN, J. M. **Redesenhando os caminhos da educação. Educação transformadora**, São Paulo, 30 jan. 2022. Disponível em: <https://moran10.blogspot.com/2022/01/redesenhando-os-caminhos-da-educacao.html>. Acesso em: 13 mar. 2022.

MOREIRA, G. S.; MARQUES, R. N. **A importância das aulas de campo como estratégia de ensino aprendizagem**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 45137-45145, 7 maio 2021.

MOREIRA, I de C. FRACTAIS. Cap III digitalizado do livro "**Complexidade e Caos**", Rio de Janeiro: Editora UFRJ/COPEA. p. 51- 82. 1999. Disponível em <http://www.geocities.ws/projeto_caos_ufg/fractais/fractais1.html> Acesso em 20.02.22

MOREIRA, M. A. **Organizadores prévios e aprendizagem significativa**. Revista Chilena de Educação Científica. v. 7, n. 2, p. 23-30, 2008.

MOREIRA, V. da S. S. S. **Geometria fractal na educação básica**. 2017.

MOURA, E. de. **O Conceito Fractal E Sua Presença Pedagógica Na Educação Básica**. Campo Grande, MS: Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Dissertação). 2011. 127p. Disponível em: <[http://www.educadore\(a\)s.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/maio2013/matematica_artigos/dissertacao_edilson_de_moura.pdf](http://www.educadore(a)s.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/maio2013/matematica_artigos/dissertacao_edilson_de_moura.pdf)> Acesso em 05.3.22.

MOURA, N. A. de. **Ilustrações Científica nas Escolas**. / Eurico Cabreira dos Santos, Juciley Benedita da Silva, Nelson Antunes de Moura (Org.) – Tangará da Serra, MT: Editora Ideias, 2016.

NERY, É. S. S.; DE SÁ, A. V. M. **A deficiência visual em foco: estratégias lúdicas na Educação Matemática Inclusiva**. Revista Educação Especial, v. 32, p. 1-26, 2019.

NETO, H.L.C. **A Propriocepção. O Guia do Fisioterapeuta**. 2021. Disponível em <<https://guiadofisio.com.br/a-propriocepcao/>> Acesso em 05 mar. 2022.

OLIVEIRA, R. F. de. **Fractais e o Crescimento Microbiano: Um Novo Horizonte Entre e Matemática e a Microbiologia**. 2019. TCC. IFPR. Londrina.

OSBORN, A. **O Poder Criador da Mente: princípios e processos do pensamento criador e do “brainstorming”**. São Paulo: Ibrasa Editora. 1987.

PIAGET, J. **A tomada de consciência**. São Paulo: Melhoramentos, Ed. da Universidade de São Paulo. 1977.

PIRES, M. P. **O STEAM e as atividades experimentais investigativas**. Org. BACICH, L.; HOLANDA, L. STEAM em Sala de Aula: A Aprendizagem Baseada em Projetos Integrando Conhecimentos na Educação Básica. Local: Penso Editora, 2020.

PIVATTO, W. B. **Os conhecimentos prévios dos estudantes como ponto referencial para o planejamento de aulas de Matemática: análise de uma atividade para o estudo de Geometria Esférica**. *Revemat*, Florianópolis, v. 9, nº 1, p. 43-57, 2014.

REILY, L. **Músicos cegos ou cegos músicos: representações de compensação sensorial na história da arte**. Cad. CEDES [online]. 2008, vol.28, n.75, pp.245-266. ISSN 1678-7110. <https://doi.org/10.1590/S0101-32622008000200007>.

RODRIGUES, T. A. *et al* **REPRESENTAÇÕES MENTAIS E A DEFICIÊNCIA VISUAL: uma abordagem dos modelos mentais de Johnson Laird**. Revista Páginas a&b. S.3, nº especial (2018) 71-85 | DOI 10.21747/21836671/pag2018a6.

SANO, S. M.; DE ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F.. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008., 2008.

SANTOS, M. de A.; ROSSI, C. M. S. **Conhecimentos prévios dos discentes: contribuições para o processo de ensino-aprendizagem baseado em projetos**. *Revista Educação Pública*, v. 20, nº 39, 13 de outubro de 2020. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/39/conhecimentos-previos-dos-discentes-contribuicoes-para-o-processo-de-ensino-aprendizagem-baseado-em-projetos>

SHIMAZAKI, E. M.; SILVA, S. C. R.; VIGINHESKI, L. V. M. **O ensino de Matemática e a diversidade: o caso de uma estudante com deficiência visual**. *Interfaces da Educação*. Paranaíba, v. 6, n. 18, p.148-164, set./dez. 2016. Disponível em: . Acesso em: 21 dez. 2021.

SILVA, A.P.P.N da; SOUZA, R.T. de; VASCONCELLOS, V. M. R. de. **O Estado da Arte ou o Estado do Conhecimento**. *Educação*, Porto Alegre, v. 43, n. 3, p. 1-12, set.-dez. 2020.

SILVA, J. L. et al. **A utilização de vídeos didáticos nas aulas de química do Ensino Médio para abordagem histórica e contextualizada do tema vidros**. *Química Nova na Escola*, v.34, n.4, p.189-200, nov.2012.

SILVA, J. P. A. da. **As geometrias Euclidiana e Não-Euclidianas**. 2017.

TERRA, U. T. **O dispositivo móvel no serviço de referência e informação em biblioteca especializada: um estudo de caso na Biblioteca Engenheiro Darcy Gonçalves Teixeira**. 2016.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. 18ª edição. São Paulo: Cortez Editora, 2011.

TURIANO, A. N. Open Mind, Longer Life. *Scientific American Mind* v.23, n.4, 18 September 2012. doi:10.1038 /scientificamericanmind0912-18b)

ULIANA, M. R. **Inclusão de Estudantes Cegos nas Aulas de Matemática: a construção de um kit pedagógico**. *Bolema, Rio Claro (SP)*, v. 27, n. 46, p. 597-612, ago. 2013.

UNESCO. **Declaração Mundial Educação para Todos: satisfação das necessidades básicas de aprendizagem.** Jomtien, Tailândia: WCEFA. 1990. 19p. Disponível em < https://abres.org.br/wpcontent/uploads/2019/11/declaracao_mundial_sobre_educacao_para_todos_de_marco_de_1990.pdf> Acesso em: 25 set. 2021.

VARELLA, P. G. et al. Aprendizagem colaborativa em ambientes virtuais de aprendizagem: a experiência inédita da PUCPR. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 3, n. 6, p. 1-17, 2002. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1891/189118140002.pdf>. Acesso em: 12.jun. 2022.

VIEIRA, J. M. et al. **Para ver os mapas com palavras: audiodescrição como recurso pedagógico no ensino de geografia para a inclusão de pessoas com deficiência visual.** 2018.

VIGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes Editora LTDA, 1989.

VON ZUBEN, F. J. ; BOCCATO, L.. **Geometria Computacional da Natureza.** Campinas, SP: DCA/FEEC/Unicamp. Notas de Aula Prof. Leandro Nunes de Castro (Mackenzie/SP) Tópico 7 – Introdução à Computação Natural. 2021. Disponível em < https://www.dca.fee.unicamp.br/~lbocato/topico_7_IA013_geometria_inspirada_natureza.pdf.> Acesso em 14 nov.2021.

VEJAN, M. P.; FRANCO, V. S. **Geometria não-Euclidiana/Geometria dos Fractais.** PARANÁ: Secretaria de Estado da Educação/ Superintendência de Educação. 2008. 20p. O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense, 2008.

WATANABE, A.; BALDORIA, T; AMARAL, C.L. **O Vídeo Como Recurso Didático No Ensino De Química.** Novas Tecnologias na Educação, CINTED/UFRGS, v.16, n.1,p 1-10. 2018

YANG Bo; ZHANG Bao; FENG Zhong-kec; HAN Guang-shunb. **A Algorithm On Branches Number Of A Tree Based On Extended Fractal Square Root Law.** The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B4. Beijing 2008.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim.** Porto Alegre: Penso, 2016. E-book.

APÊNDICE A

Questionário Final

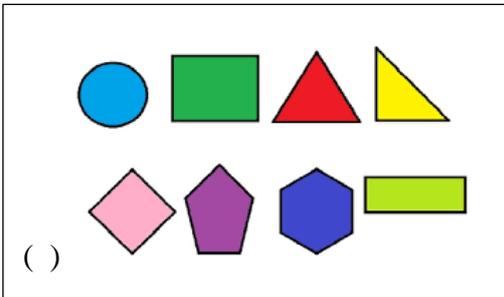
1. Qual geometria representa melhor a natureza? Por quê?
R.

2. Você já esteve no bioma cerrado? Relembrando e relacionando o que você viu nas aulas, quais exemplos de Geometria Fractal podem ser encontrados ali?
R.

3. Quais características a seguir pertencem a Geometria Fractal?
 - Autossemelhança
 - Aresta
 - Dimensão Fractal
 - Plano
 - Círculo

4. Marque as imagens que representam elementos da Geometria fractal.





5. Relate sobre como foi fazer o trabalho em equipe, qual produto o grupo desenvolveu? E por que escolheu?

R.

6. Fale o que você achou das aulas, das pesquisas, da maneira que a Geometria Fractal foi apresentada. O que mais o/a motivou a participar deste projeto?