

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

LARISSA DE FATIMA PASTRE TIROLLA

**A CONSTRUÇÃO DO RELÓGIO DE SOL: A
INTERDISCIPLINARIDADE E A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS
COMO BASES DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM NO
ENSINO MÉDIO**

Sorocaba
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

LARISSA DE FATIMA PASTRE TIROLLA

**A CONSTRUÇÃO DO RELÓGIO DE SOL: A INTERDISCIPLINARIDADE E A
RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMO BASES DO PROCESSO DE ENSINO E
APRENDIZAGEM NO ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada ao Departamento de Física, Química e Matemática da Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba, para obtenção do título de Licenciada em Matemática.

Orientação: Prof. Dr. Geraldo Pompeu Jr.

TIROLLA, Larissa de Fatima Pastre

A Construção do Relógio de Sol: A Interdisciplinaridade e a Resolução de Problemas como bases do Processo de Ensino e Aprendizagem no Ensino Médio / Larissa de Fatima Pastre TIROLLA. -- 2019.

93 f. : 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Pompeu Jr.

Banca examinadora: Prof.^a Dr.^a Graciele Paraguaia Silveira; Prof.^a Dr.^a Luciana Takata Gomes

Bibliografia

1. Resolução de Problemas. 2. Relógio de Sol. 3. Interdisciplinaridade. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano – CRB/8 6979



Folha de aprovação

Larissa de Fátima Pastre Tirolla

"A Construção do Relógio de Sol: a Interdisciplinaridade e a Resolução de Problemas como Bases do Processo de Ensino e Aprendizagem no Ensino Médio"

Trabalho de Conclusão de Curso

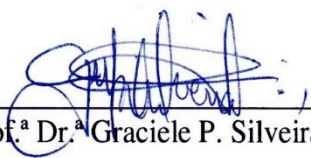
Universidade Federal de São Carlos – *Campus* Sorocaba

Sorocaba, 31/01/2019.

Orientador


Prof. Dr. Geraldo Pompeu Jr.

Membro 2


Prof.ª Dr.ª Graciele P. Silveira

Membro 3


Prof.ª Dr.ª Luciana Takata Gomes

*Dedico essa nova realização aos meus pais,
Cleuza e Claudio, ao meu esposo Glacos
e sobretudo aos meus queridos alunos
que sempre confiaram no meu trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por toda fé e perseverança dada durante esta jornada, e ao professor Ms. Mário Biazzi que sempre acreditou que eu me licenciaria em Matemática ainda quando era graduanda em Física.

Agradeço aos meus pais e ao meu esposo por sempre estarem ao meu lado nos momentos bons e ruins, me incentivando e por não medirem esforços em me auxiliar quando mais necessitava, principalmente compreendendo as minhas ausências.

Agradeço também a direção e a coordenação da Escola Estadual “Professor Aggêo Pereira do Amaral”, por sempre estarem ao meu lado durante esta longa caminhada, arrumando e organizando o meu horário para que não chocasse com aulas da graduação, além de disponibilizarem o espaço para pôr em prática os projetos desenvolvidos durante esses anos, como a sequência didática deste TCC.

Agradeço também aos meus professores que sempre tiveram dispostos auxiliando e contribuindo para um melhor aprendizado. De modo especial, ao professor Antônio Luis Venezuela pelo apoio dado desde a primeira disciplina, por me indicar e orientar no PIC e mostrar o quanto a história da matemática é importante e interessante, e ao meu querido orientador, Geraldo Pompeu Jr., por toda dedicação, apoio e paciência nos momentos mais difíceis, e pelo empenho em acreditar no meu trabalho.

Agradeço também aos meus colegas de turma que sempre estiveram comigo e me ajudaram diretamente ou indiretamente para essa conquista se tornasse possível, principalmente a Delsa Kobata, Gabriela Pimenta e Giovanna Verrone pelas longas noites de estudo para provas e realização de trabalhos.

Em suma, agradeço a instituição UFSCar – Campus Sorocaba por ter me dado a chance de ampliar os meus conhecimentos, dando novas ferramentas e adquirindo novos saberes permitindo chegar ao final deste ciclo e me reinventar como docente que sou.

A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará a seu tamanho original.

(atribuída a Albert Einstein)

RESUMO

O Trabalho de Conclusão de Curso possui três objetivos centrais de investigação: 1º) analisar e discutir como um tema interdisciplinar pode ser trabalhado com alunos do Ensino Médio, na construção de um Relógio de Sol; 2º) analisar e discutir por que, uma estratégia de trabalho baseada na Resolução de Problemas, e no desenvolvimento de habilidades, auxilia neste trabalho interdisciplinar; 3º) analisar como e por que um trabalho de investigação, como ora proposto, contribui para a formação desta futura professora de matemática. É definido o entendimento da autora dos conceitos de Interdisciplinaridade, de Habilidades e de Sequência de Atividades Didáticas, bem como, sua compreensão da estratégia de ensino e aprendizagem baseada na resolução de problemas. As principais conclusões tiradas a partir da aplicação deste projeto de pesquisa foram: à possibilidade de se trabalhar interdisciplinarmente as disciplinas de Matemática, Física e Geografia, na construção do Relógio de Sol, com alunos do Ensino Médio, é inequívoca. Os relatos e fotos apresentados mostram que as três disciplinas contribuíram de forma complementar para a real compreensão dos conceitos trabalhados. Quanto à possibilidade da estratégia de trabalho, baseada na Resolução de Problemas e no desenvolvimento de habilidades, auxiliar a abordagem interdisciplinar, novamente, os resultados não deixam dúvidas. O grande problema de se trabalhar com Resolução de Problemas, qualquer que seja a disciplina envolvida, é a dificuldade de formação dos atuais professores. Poucos de nós temos a oportunidade de, em nossas graduações, contar com professores que se dedicam a Resolução de Problemas e ao desenvolvimento de Habilidades. Na grande maioria das vezes, nossos cursos de graduação nos ensinam a resolver questões “rotineiras” e não problemas “não rotineiros”. Mais do que isso, somos ensinados a responder perguntas. Quase nunca a formular perguntas. Se nossas habilidades incluíssem a formulação de perguntas nossa capacidade de ensinar e aprender aumentaria expressivamente. Afinal, o que move o conhecimento são as perguntas e não as respostas. Por que, em um processo de ensino e aprendizado, deveria ser diferente? Finalmente, quanto a contribuição que o planejamento, elaboração e aplicação desse TCC teve para minha formação de futura professora de matemática, esta foi enorme. A possibilidade de questionamento que as orientações que tive e a construção desse TCC para com o meu próprio trabalho como Professora de Física, concursada pelo Estado de São Paulo, bem como, a possibilidade de implementar algo que sempre acreditei ser possível, mas que nunca tinha tido oportunidade de desenvolver, são dois pontos fundamentais a serem aqui registrados.

Palavras-chave: Relógio de Sol. Interdisciplinaridade. Habilidades. Sequência de Atividades Didáticas. Resolução de Problemas.

ABSTRACT

The Course Conclusion Paper has three main research objectives: 1) to analyze and discuss how an interdisciplinary theme can be worked with high school students in the construction of a Sundial; 2) to analyze and discuss why, a work strategy based on Problem Solving, and the development of skills, helps in this interdisciplinary work; 3^o) analyze how and why a research work, as proposed, contributes to the formation of this future mathematics teacher. It defines the author's understanding of the concepts of Interdisciplinarity, Skills and Sequence of Didactic Activities, as well as her understanding of the teaching and learning strategy based on problem solving. The main conclusions drawn from the application of this research project were: the possibility of working interdisciplinarity in Mathematics, Physics and Geography, in the construction of the Sundial, with high school students, is unequivocal. The reports and photos presented show that the three disciplines contributed in a complementary way to the real understanding of the concepts worked. As for the possibility of the work strategy, based on Problem Solving and the development of skills, help the interdisciplinary approach, again, the results leave no doubt. The great problem of working with Problem Solving, whatever the discipline involved, is the difficulty of training the present teachers. Few of us have the opportunity in our graduations to count on teachers who are dedicated to Problem Solving and Skills Development. Most of the time, our undergraduate courses teach us to solve "routine" questions rather than "non-routine" problems. More than that, we are taught to answer questions. I almost never ask questions. If our skills included asking questions our ability to teach and learn would increase significantly. After all, what drives knowledge is the questions, not the answers. Why, in a process of teaching and learning, should it be different? Finally, as far as the contribution that the planning, elaboration and application of this CBT has had for my formation of future mathematics teacher, this one was enormous. The possibility of questioning that the guidelines I had and the construction of this TCC to my own work as Professor of Physics, of the State of São Paulo, as well as the possibility of implementing something that I always thought possible, but that I never had opportunity to develop, are two key points to be noted here.

Keywords: Sundial. Interdisciplinary. Skills. Sequence of Didactic Activities. Problem Solving.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração de como será a bússola construída.....	41
Figura 2 - Rosa dos ventos.....	42
Figura 3 - Representação do planisfério com paralelos e meridianos que será ampliado pelos alunos.....	43
Figura 4 - Print do vídeo Relógio de Sol com garrafa pet do Manual do Mundo.....	47
Figura 5 - Construção da mediatriz usando régua e compasso de fio.....	50
Figura 6 - Foto da lousa com as respostas dos grupos (o sinal ~ foi usado como resposta equivalente).....	53
Figura 7 - Resposta considerada como correta do grupo Negritos (a) e considerada errada do grupo Picasso (b).....	54
Figura 8 - Questão 8:Análise correta dos grupos Negritos e Picasso (a) e dos erros dos grupos Deltas e La Coruña (b).....	55
Figura 9 - Respostas dos membros dos grupos a questão 1.....	56
Figura 10 – Construção geométrica da circunferência e da elipse (à esquerda) e a demonstração da equação da elipse pelo teorema de Tales (à direita).....	59
Figura 11 – Os alunos desenvolvendo a atividade 3 na Área de Luz/ Canto de Leitura da escola.....	62
Figura 12 - Montagem da rosa dos ventos feita pelos alunos no pátio da escola.....	63
Figura 13 - Etapas da divisão do equador por uma reta auxiliar.....	64
Figura 14 - Traçando o meridiano de Greenwich.....	65
Figura 15 - Montagem do gnômon e fixação do mostrador na garrafa.....	67
Figura 16 - Etapas realizadas pelos alunos durante a construção base do relógio de sol.....	68
Figura 17 - Sombra da haste projetada no chão, à esquerda; a marcação do tamanho da sombra feita pelos alunos, no centro; e traçando a circunferência de mesmo raio do tamanho da sombra, à direita.....	69
Figura 18- A sombra da haste alcança a circunferência a tarde, à esquerda; traçando o segmento Leste-Oeste, no centro; e traçando a mediatriz, à direita.....	70
Figura 19 - Relógio de sol finalizado, à esquerda, e relógios fixados na reta Norte-Sul, à direita.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição de erros e acertos, por grupo, da atividade 1.....	54
Tabela 2 - Dados orbitais dos planetas.....	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS REALIZADOS NA ÁREA E NO TEMA.....	14
2.1 CONCEITO DE INTERDISCIPLINARIDADE.....	14
2.2 ESTRATÉGIA DE ENSINO/APRENDIZAGEM BASEADA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	15
2.3 CONCEITOS DE COMPETÊNCIA E HABILIDADE	18
2.4 HABILIDADES TRABALHADAS, POR DISCIPLINA, ENVOLVIDAS NO TCC.....	20
2.4.1 Habilidades trabalhadas pela Matemática	20
2.4.2 Habilidades trabalhadas pela Física	21
2.4.3 Habilidades trabalhadas pela Geografia	21
2.5 CONCEITO DE SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS.....	22
2.6 TRABALHOS REALIZADOS NA ÁREA E NO TEMA	25
3 SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS.....	30
3.1 DETALHES GERAIS SOBRE A SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS E DOS ALUNOS PARTICIPANTES DA PESQUISA	30
3.2 PRIMEIRA ATIVIDADE DIDÁTICA.....	30
3.3 SEGUNDA ATIVIDADE DIDÁTICA	34
3.4 TERCEIRA ATIVIDADE DIDÁTICA	38
3.5 QUARTA ATIVIDADE DIDÁTICA	44
4 RESULTADO E DISCUSSÕES DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXO A – Texto “À luz de sombras”	78
ANEXO B – Atividade de localização no mapa de latitude e longitude	83
ANEXO C – Sugestão de leitura aos alunos: “A Matemática do GPS”	84
ANEXO D – Autorização aos pais elaborada pela escola	91

1 INTRODUÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) a ser aqui apresentado objetivou investigar a eficácia de uma estratégia de trabalho para a sala de aula de matemática, baseada na resolução de um problema histórico, interdisciplinar e prático: a construção de um relógio de sol a partir de materiais recicláveis e de baixo custo.

Esse tema de investigação surgiu naturalmente para a graduanda do Curso de Licenciatura em Matemática, da UFSCar-Sorocaba, e autora desse TCC, visto ser ela graduada no Curso de Licenciatura em Física, pela Universidade de Sorocaba (UNISO), e Professora efetiva dessa disciplina, no Ensino Médio, da Escola Estadual “Professor Aggêo Pereira do Amaral”, dessa cidade.

Como veremos em detalhes, no Capítulo 3 do TCC, historicamente, o Relógio de Sol é um instrumento que mede a passagem do tempo pela observação da posição da sombra do Sol. Comumente, um Relógio de Sol é formado por uma superfície plana que serve de mostrador, onde estão marcadas as linhas que indicam as horas. Um pino ou placa, cuja sombra é projetada sobre este mostrador, que funciona como ponteiro de horas, similar ao de um relógio analógico comum. A medida que a posição do Sol muda, a sombra desloca-se pela superfície do mostrador, passando sucessivamente pelas linhas que indicam as horas. Ou seja, a partir do resgate histórico do Relógio de Sol, pretende-se motivar e incentivar a curiosidade dos alunos para a aprendizagem de conceitos matemáticos, físicos e geográficos envolvidos na compreensão e construção deste artefato.

A investigação aqui proposta traz ainda, de forma inerente, a questão da interdisciplinaridade, conceito este a ser devidamente definido no Capítulo 2 do TCC. De maneira bastante intuitiva se verifica o envolvimento de conceitos matemáticos, físicos e geográficos necessários à construção e à real compreensão do funcionamento de um Relógio de Sol. Por isso e pela simples razão da autora poder atuar como Professora de matemática e de física (que já o é) durante o processo de investigação e pela concordância da Professora de geografia, da escola, em auxiliá-la nesta iniciativa, o trabalho foi planejado, definido e aplicado em uma perspectiva interdisciplinar.

Além do caráter interdisciplinar da pesquisa e desfazendo-se do

preconceito de que o ensino de diferentes disciplinas do Ensino Básico deva ocorrer a partir da tríade “teoria, exemplos, exercícios”, outra estratégia investigativa definida para o TCC foi a de trabalhar a visão de que boa parte dos conceitos estudados neste nível de ensino são conceitos formalizados a partir de respostas às necessidades práticas do cotidiano das pessoas. Portanto, o fato da autora atuar como Professora de física dos alunos envolvidos na pesquisa e, muitas vezes, necessitar de conceitos de outras áreas do conhecimento, no caso conceitos matemáticos e geográficos, para melhor explicar e compreender o fenômeno físico estudado, o caráter prático implementado no TCC vem contemplar mais esta especificidade.

Tendo caracterizado esta investigação, em nível de TCC, numa perspectiva histórica, interdisciplinar e prática, é importante ainda registrar que todo o trabalho se baseará na estratégia de ensino e aprendizagem da Resolução de Problemas, como esta foi definida por George Polya (1985), e no desenvolvimento de habilidades, conforme preconizado no Currículo do Estado de São Paulo, vigente em 2018, ambos também devidamente definidos e caracterizados no Capítulo 3.

Como objetivos para esta investigação, foram definidos três:

1º) Analisar e discutir como um tema interdisciplinar pode ser trabalhado com alunos do Ensino Médio;

2º) Analisar e discutir por que uma estratégia de trabalho baseada na Resolução de Problemas e no desenvolvimento de habilidades auxilia neste trabalho interdisciplinar;

3º) Analisar como e por que o trabalho de investigação, ora proposto, contribui para a formação desta futura professora de matemática.

Com a caracterização e definição dos objetivos de investigação, relata-se, sucintamente, o que é tratado nos demais capítulos do trabalho.

O Capítulo 2 traz a fundamentação teórica envolvida no TCC, bem como o relato de trabalhos realizados na área de Ensino e Aprendizagem e no tema da Construção de um Relógio de Sol. Especificamente, a fundamentação teórica apresentará os conceitos de interdisciplinaridade, competência e habilidade, e sequência de atividades didáticas, bem como a definição e a caracterização da estratégia de ensino/aprendizagem baseada na resolução de problemas e a especificação das habilidades, por disciplina, envolvida no TCC.

No Capítulo 3, a sequência de atividades didáticas planejada, redigida e aplicada no trabalho com alunos do ensino médio, principalmente da primeira série, é descrita, atividade por atividade, especificando, em cada uma delas: seu tema, os objetivos “central e secundários”, o tempo previsto para o seu desenvolvimento, as habilidades a serem trabalhadas por disciplina envolvida, os materiais necessários e uma descrição, pormenorizada, dos procedimentos previstos para a sala de aula.

No Capítulo 4, os resultados da aplicação dessa sequência de atividades didáticas serão apresentados e discutidos a luz dos conceitos definidos, da estratégia de ensino/aprendizagem adotada e das habilidades desenvolvidas nessas atividades, segundo conceitos e definições apresentadas nos Capítulos 2 e 3.

No Capítulo 5, as conclusões chegadas em respostas aos três objetivos da investigação serão analisadas e apresentadas, bem como, serão sugeridas futuras possíveis pesquisas na área e no tema deste trabalho.

Finalmente, a bibliografia consultada e citada ao longo da monografia.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS REALIZADOS NA ÁREA E NO TEMA

2.1 CONCEITO DE INTERDISCIPLINARIDADE

Dirigindo-se aos professores, Alfred North Whitehead, em seu livro intitulado “The aims of Education and other essays”, já no ano de 1929, afirmava:

Vocês tornam um livro texto e fazem os alunos aprenderem seu conteúdo. Está bem. A criança então aprende a resolver uma equação quadrática. Mas, por que ensinar uma criança a resolver uma equação quadrática? Há uma resposta tradicional a essa questão: a mente é um instrumento, que você primeiro afia, e depois usa; adquirir o poder de resolver uma equação quadrática é parte do processo de afiar a mente. Há alguma verdade nessa resposta que fez com que ela sobrevivesse séculos. Mas, essa verdade encerra um erro radical que fulmina a genialidade do mundo moderno. Eu não sei quem foi o primeiro responsável por essa analogia da mente com um instrumento morto. (...) quem quer que seja o iniciador, não há dúvida sobre a autoridade que essa analogia adquiriu graças à aprovação continuada de pessoas eminentes. Mas, qualquer que seja o peso dessa autoridade, qualquer que seja a aprovação que ela possa mostrar, eu não hesito em denunciá-la como uma das mais fatais, errôneas e perigosas concepções jamais introduzidas nas teorias de educação. (WHITEHEAD, 1951, p. 18-19)

A citação nos estimula a pensar o quão nefasto é a compartimentalização disciplinar nas escolas atuais, em particular nas ciências que são, naturalmente, integradas. Ou seja, já se faz hora de recuperarmos esse caráter integrado em nosso processo educacional.

Segundo o Dicionário da Língua Portuguesa (MICHAELIS, 2019), “interdisciplinar” é um adjetivo masculino/feminino que significa: “(1) Comum a duas ou mais disciplinas; e, (2) Que envolve duas ou mais áreas de conhecimento ou de estudo”. Portanto, aplicado esse significado à educação, diz respeito ao processo de ligação inerente das disciplinas escolares.

Por consequência, “interdisciplinaridade” é uma proposta onde a forma de ensinar leva em consideração a construção do conhecimento pelo aluno. Não busca diluir as disciplinas no contexto escolar, mas sim, ampliar o trabalho disciplinar promovendo a aproximação e a articulação das atividades dos professores, em uma ação coordenada e orientada para alcançar objetivos definidos.

Nos dias atuais, podemos ir além do conceito de “interdisciplinaridade aplicada a educação”, ou seja, “a aproximação e a articulação das atividades de docentes, de duas ou mais disciplinas, em ação coordenada e orientada, em busca

de objetivos definidos”. Podemos falar em “transdisciplinaridade”. Mas, qual a diferença entre a “inter” e a “trans” disciplinaridade? Na realidade, a transdisciplinaridade é mais integradora. Conforme o Artigo 3º da *Carta da transdisciplinaridade*, esta “é complementar da aproximação disciplinar; ela faz emergir da confrontação das disciplinas novos dados que as articulam entre si e que nos dão uma nova visão da natureza e da realidade”. No entanto, nesta pesquisa trabalharemos com os alunos de forma “interdisciplinar”, pois a “transdisciplinaridade” ficará para uma futura oportunidade, visto que ela requer maior conhecimento e prática no trabalho com a “interdisciplinaridade”.

Finalmente, é importante aqui citar três autores que se destacam na pesquisa sobre “interdisciplinaridade e educação”. São eles: a Professora Dra. Ivani Catarina Arantes Fazenda (FAZENDA, 2012 e 2017) o Professor Dr. Hilton Japiassú Zahar (JAPIASSÚ, 1975 e 2006) e a Professora Dra. Olga Maria Pombo Martins (POMBO, 1993 e 2018), autores estes que devem ser consultados por todos aqueles que queiram trabalhar com o tema.

2.2 ESTRATÉGIAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM BASEADAS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Para Polya (1985, p.11),

Ensinar é uma ação complexa que depende em grande parte das personalidades envolvidas e das condições de trabalho. Não existe, hoje, uma ciência do ensino propriamente dita (...). Em particular, não existe método de ensino que seja indiscutivelmente o melhor (...). Há tantos bons ensinos quanto bons professores: o ensino é mais uma arte do que uma ciência.

Polya (1985, p. 12) vai além, ao definir o objetivo a ser atingido na educação matemática, em nível do Ensino Básico, como sendo “ensinar os jovens a pensar”. Na realidade, o ensino deveria englobar os aspectos principais do pensamento matemático, na medida do possível, em nível do Ensino Básico. Ou seja:

As atividades mais marcantes do matemático são: a descoberta de demonstrações rigorosas e a construção de sistemas axiomáticos. Existem, no entanto, outras atividades que, por deixarem menos sinais na obra acabada do matemático, são, por isso, menos aparentes, mas não menos importantes tais como: reconhecer e extrair um conceito matemático de uma situação concreta; em seguida fazer várias formas de adivinhações, ou seja,

prever o resultado, prever as grandes linhas de uma demonstração, antes de realizá-la em detalhe. (POLYA, 1985, p. 12)

Polya enuncia o “Princípio da Aprendizagem Ativa” para definir seu entendimento sobre uma aprendizagem eficaz. Disse ele: “Para aprender eficazmente, o aluno deve descobrir, por si só, uma parte tão grande quanto possível da matéria sendo ensinada” (POLYA, 1985, p. 13), ou seja, a matemática não pode ser apreciada e aprendida sem a participação ativa dos alunos, o que torna este princípio tão importante para nós professores de matemática. Se quisermos desenvolver a inteligência dos alunos, devemos ficar atentos para que as coisas primeiras apareçam em primeiro lugar. Por exemplo, estimar é mais fácil que demonstrar; resolver problemas concretos é mais natural do que construir estruturas conceituais; a ação e a percepção vêm antes das palavras e dos conceitos; os conceitos antes dos símbolos e assim por diante.

Isto conduz à Resolução de Problemas, que nada mais é que “a busca de meios para atingir um certo objetivo”. Quando temos um desejo que não podemos satisfazer de forma imediata, pensamos nos meios de satisfazê-lo. Assim se põe o problema.

Muitas vezes, os problemas do cotidiano conduzem a problemas matemáticos simples e o professor, com um pouco de habilidade, pode tornar mais fácil e natural ao aluno o passo de abstração entre o problema do cotidiano e o problema matemático.

Polya classifica os problemas como sendo “de rotina” e “não rotineiros”. Os problemas “de rotina” podem ainda ser classificados em dois tipos:

Um problema pode ser resolvido aplicando direta e mecanicamente uma regra que o aluno não tem nenhuma dificuldade para encontrar: ela é impingida de baixo do seu nariz pelo professor ou pelo manual (...). Uma questão pode ser formulada para verificar se o aluno sabe utilizar corretamente um termo ou um símbolo do vocabulário matemático, recém introduzido. (POLYA, 1985, p. 14).

Com relação aos problemas “não rotineiros”, esses exigem um certo grau de criação e originalidade por parte de quem os resolve. Já os problemas “rotineiros” não exigem nada disso.

Problemas “não rotineiros” têm alguma possibilidade de contribuir para o desenvolvimento intelectual dos alunos. Problemas “de rotina” não têm nenhuma.

Quanto aos problemas “não rotineiros”, Polya afirma que não há

necessidade de explicá-los ou tipificá-los e afirma:

Se você, enquanto professor de matemática, nunca resolveu algum destes problemas, se nunca experimentou a tensão e o triunfo da descoberta e se, depois de alguns anos de ensino, nunca observou tal tensão e tal triunfo em alguns de seus alunos, então é melhor procurar outra profissão e deixar de tentar ensinar matemática! (POLYA, 1985, p. 14).

A resolução de um problema “não rotineiro” pode exigir do aluno um verdadeiro esforço. Para que ele se motive em resolvê-lo, o problema deve:

- Ser interessante e atraente aos alunos;
- Ter sentido e propósito de seu ponto de vista (aluno);
- Ter uma boa apresentação, onde fique evidenciada a relação com os conhecimentos que o aluno já possui e com finalidade/objetivo compreensível;
- Vez ou outra, se deve oferecer, aos alunos, problemas importantes, ricos em conteúdo e que sirvam de introdução de um importante tópico matemático a ser estudado.

A ideia para o encaminhamento do processo de resolução do problema deve nascer na mente do próprio aluno. O professor deve simplesmente agir como “parteiro” da ideia. Se for ajudá-lo, a ajuda deve ser apenas “interior”, isto é, sugestões que poderiam nascer e estão na mente do próprio aluno. Evite fornecer ajuda “exterior”, isto é, fornece pedaços da solução que não tenham relação com o que se passa na mente do aluno.

Isto não é simples, mas para que isto ocorra, o professor deve ter um bom conhecimento do problema proposto, de seus alunos e ter experiência e familiaridade com as etapas que, naturalmente e com frequência, se apresentam na resolução de problemas.

Polya (1985, p. 15-16) sugere quatro principais etapas para a resolução de problemas. São elas:

- 1ª) Compreender o problema: Nesta etapa, a principal característica é elaborar perguntas, identificar qual é a incógnita do problema, verificar quais são as informações dadas e quais são as condições propostas pelo problema.
- 2ª) Construção de uma estratégia de resolução: Aqui deve-se encontrar conexões entre as informações dadas e a incógnita. Talvez seja necessário considerar problemas auxiliares ou particulares/mais simples, caso uma conexão não seja encontrada em tempo razoável.
- 3ª) Execução da estratégia: Geralmente esta é a etapa mais fácil do processo de resolução de um problema. O processo aqui consiste em executar aquilo que foi elaborado na etapa anterior.
- 4ª) Revisando a solução: Por fim, examinar a solução obtida e verificar se

os resultados e argumentos utilizados condizem com a realidade investigada pelo problema posto. (Síntese da autora)

Tendo definido e caracterizado a estratégia de ensino-aprendizagem baseada na resolução de problemas, passemos agora para a definição dos conceitos de competência e habilidade.

2.3 CONCEITOS DE COMPETÊNCIA E HABILIDADE

O Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (Saresp) é aplicado pela Secretaria da Educação do Estado (...) com a finalidade de produzir um diagnóstico da situação da escolaridade básica paulista, visando orientar os gestores do ensino no monitoramento das políticas voltadas para a melhoria da qualidade educacional.

No Sistema (...), os alunos do 3º, 5º, 7º e 9º anos do Ensino Fundamental e da 3ª série do Ensino Médio têm seus conhecimentos avaliados por meio de provas com questões de Língua Portuguesa, Matemática, Ciências Humanas, Ciências da Natureza e Redação. Os resultados são utilizados para orientar as ações da Pasta e também integram o cálculo do Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo (Idesp).

Já o Idesp (...) é um dos principais indicadores da qualidade do ensino paulista, foi criado em 2007 e estabelece metas que as escolas devem alcançar ano a ano. (SÃO PAULO, 2018)

Avaliações como o Saresp, aplicadas a todos os estudantes de determinadas séries e que servem para políticas de ensino, têm provocado polêmica porque algumas pessoas acreditam que elas medem apenas a capacidade de reter informações e reproduzi-las. Outros, no entanto, defendem que eles realmente medem as habilidades gerais dos estudantes.

Segundo o Currículo do Estado de São Paulo – Matemática e suas Tecnologias (SÃO PAULO, 2011, p.14), este deve ter como referência as competências, quando afirma que: “Um currículo que promove competências tem o compromisso de articular as disciplinas e as atividades escolares com aquilo que se espera que os alunos aprendam ao longo dos anos”.

Vai além ao registrar que:

Um currículo referenciado em competências supõe que se aceite o desafio de promover os conhecimentos próprios de cada disciplina articuladamente as competências e habilidades do aluno. E com essas competências e habilidades que o aluno contara para fazer a leitura crítica do mundo, questionando-o para melhor compreendê-lo, inferindo questões e compartilhando ideias. (SÃO PAULO, 2011, p. 14).

Competências, nesse sentido, caracterizam modos de ser, de raciocinar e de interagir, que podem ser apreendidos das ações e das tomadas de

decisões em contextos de problemas, de tarefas ou de atividades.

Em passado não muito distante, a educação escolar era referenciada no ensino, ou seja, o plano de trabalho da escola e do professor indicava apenas o que seria ensinado ao aluno, durante o ano letivo. No entanto, o Artigo 32, Parágrafo III, da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (Lei Nº 9.394/96, 1996), atualizado pela Lei Nº 11.274/06, deslocou o foco do ensino para a aprendizagem. Mais do que isso, esse parágrafo afirma que o desenvolvimento da capacidade de aprendizagem do aluno deve ter “em vista a aquisição de conhecimentos e habilidades e a formação de atitudes e valores”.

Partindo desta definição de desenvolvimento da capacidade de aprendizagem do aluno, em nível do Ensino Básico, o Saresp, anteriormente mencionado, é estruturado com base nas “Matrizes de Referência” das diferentes áreas de conhecimento. Tais matrizes definem as “Competências e Habilidades”, a serem desenvolvidos pelos alunos, em cada uma das disciplinas avaliadas.

Segundo Bessa (2008, p. 152), Perrenoud explica como diferenciar as habilidades e competências, logo

As competências são traduzidas em domínios práticos das situações cotidianas que necessariamente passam compreensão da ação empreendida e do uso a que essa ação se destina. Já as habilidades são representadas pelas ações em si, ou seja, pelas ações determinadas pelas competências de forma concreta (como escovar o cabelo, pintar, escrever, montar e desmontar, tocar instrumentos musicais etc.).

Perrenoud (2000, p. 4) vai além e apresenta uma lista de competências necessárias aos professores para ensinar com base na sua Teoria das Competências. São elas:

1. organizar e dirigir situações de aprendizagem;
2. administrar a progressão das aprendizagens;
3. conceber e fazer evoluir dispositivos de diferenciação;
4. envolver os alunos em suas aprendizagens e em seu trabalho;
5. trabalhar em equipe;
6. participar da administração escolar;
7. informar e envolver os pais;
8. utilizar novas tecnologias;
9. enfrentar os deveres e os dilemas éticos da profissão;
10. administrar a própria formação.

Portanto, na sequência de atividades didáticas, que será explicitada no Capítulo 3 do TCC, as competências e habilidades a serem trabalhadas seguiram a conceituação aqui expressa e a organização das ações de sala de aula, pela autora,

buscará implementar a lista de competências citada, excetuando-se as de números 6 e 9 que fogem ao escopo deste trabalho, embora ambos estão, implicitamente, ligados a todo o trabalho desenvolvido.

2.4 HABILIDADES TRABALHADAS, POR DISCIPLINA, ENVOLVIDAS NO TCC

Os Currículos do Estado de São Paulo de Matemática e suas Tecnologias (SÃO PAULO, 2011), das Ciências da Natureza (Física) e suas Tecnologias (SÃO PAULO, 2011a) e das Ciências Humanas (Geografia) e suas Tecnologias (SÃO PAULO, 2011b) definem as habilidades específicas, de cada área de conhecimento, que devem ser trabalhadas em cada ano (Ensino Fundamental II) e série (Ensino Médio), nas Escolas Estaduais, Municipais e particulares do Estado.

Das habilidades definidas pelos Currículos do Estado de São Paulo, a Sequência de Atividades Didáticas planejada, escrita e aplicada junto aos alunos participantes do trabalho, envolveram as seguintes delas, especificadas por disciplina nela envolvida:

2.4.1 Habilidades trabalhadas pela Matemática (SÃO PAULO, 2011)

- 1^a). Compreender a ideia de medida de um ângulo (em grau), sabendo operar com medidas de ângulos e usar instrumentos geométricos para construir e medir ângulos (7^o Ano, Ensino Fundamental II, p. 59);
- 2^a). Compreender e usar o plano cartesiano para a representação de pares ordenados, bem como para a representação das soluções de um sistema de equações lineares (8^o Ano, Ensino Fundamental II, p. 62);
- 3^a). Reconhecer e aplicar o Teorema de Tales como uma forma de ocorrência da ideia de proporcionalidade, na solução de problemas em diferentes contextos (8^o Ano, Ensino Fundamental II, p. 62);
- 4^a). Conhecer a circunferência, seus principais elementos, suas características e suas partes (9^o Ano, Ensino Fundamental II, p. 64);

- 5^a). Compreender os fatos fundamentais relativos ao modo geométrico de organização do conhecimento (conceitos primitivos, definições, postulados e teoremas) (2^a Série, Ensino Médio, p. 68);
- 6^a). Compreender as propriedades da esfera e de suas partes, relacionando-as com os significados dos fusos, das latitudes e das longitudes terrestres (2^a Série, Ensino Médio, p. 68);
- 7^a). Saber identificar as equações da circunferência e das cônicas na forma reduzida e conhecer as propriedades e características das cônicas (3^a Série, Ensino Médio, p. 69).

2.4.2 Habilidades trabalhadas pela Física (SÃO PAULO, 2011a)

- 1^a). Reconhecer características comuns aos movimentos e sistematizá-las segundo trajetórias, variações de velocidade e outras variáveis (1^a Série, Ensino Médio, p. 103);
- 2^a). Compreender as interações gravitacionais entre objetos na superfície da Terra ou entre astros no Universo, identificando e relacionando variáveis relevantes nessas interações (1^a Série, Ensino Médio, p. 107);
- 3^a). Reconhecer a natureza cíclica de movimentos do Sol, Terra e Lua e suas interações, associando-a a fenômenos naturais e ao calendário, e suas influências na vida humana (1^a Série, Ensino Médio, p. 108);
- 4^a). Reconhecer o papel da luz, suas propriedades e fenômenos que envolvem a sua propagação, como formação de sombras, reflexão, refração, etc. (2^a Série, Ensino Médio, p. 115).

2.4.3 Habilidades trabalhadas pela Geografia (SÃO PAULO, 2011b)

- 1^a). Descrever os movimentos do planeta Terra e identificar as consequências dos movimentos (6^o Ano, Ensino Fundamental II, p. 84);
- 2^a). Identificar os pontos cardeais e colaterais e aplicar técnicas de

- orientação relativa (6º Ano, Ensino Fundamental II, p. 84);
- 3ª). Aplicar o sistema de coordenadas geográficas para determinar a posição absoluta dos lugares (6º Ano, Ensino Fundamental II, p. 84);
- 4ª). Descrever o movimento de rotação da Terra e identificar sua consequência na sucessão de dias e noites (6º Ano, Ensino Fundamental II, p. 85);
- 5ª). Descrever o movimento de translação da Terra e identificar seus efeitos na sucessão das estações do ano (6º Ano, Ensino Fundamental II, p. 85);
- 6ª). Reconhecer, na linguagem cartográfica e nos produtos do sensoriamento remoto, formas indispensáveis para visualizar fenômenos naturais e humanos segundo localizações geográficas (1ª Série, Ensino Médio, p. 99);
- 7ª). Interpretar o mapa segundo os elementos que o compõem, considerando projeção, escala, métricas e linguagem (1ª Série, Ensino Médio, p. 99);
- 8ª). Aplicar recursos cartográficos na leitura e na confecção de mapas, como meio de visualização sintética da relação entre realidades geográficas distintas (1ª Série, Ensino Médio, p. 99).

2.5 CONCEITO DE SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS

Segundo o Dicionário da Língua Portuguesa (MICHAELIS, 2019), o termo “sequência” significa, entre outros, uma “Série de acontecimentos que se sucedem ininterruptamente ou a pequenos intervalos”.

Por outro lado, o termo “atividade” significa, entre outros, uma “Modalidade de estudo que se destina a estimular a aprendizagem por meio de afazeres curriculares, extracurriculares, de recreação etc.”.

Finalmente, o termo “didática”, pedagogicamente interpretado, significa um “Ramo ou seção específica da pedagogia que se concentra nos conteúdos do ensino e nos processos próprios para a construção do conhecimento”.

Portanto, do ponto de vista semântico, a expressão “Sequência de

Atividades Didáticas” pode ser interpretada como sendo uma “série de afazeres curriculares, que se sucedem em pequenos intervalos de tempo, concentrados em conteúdos de ensino e nos processos próprios para a construção do conhecimento”.

Já, os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997, p. 56), ao tratar do tema “Avaliação”, afirmam:

O processo também contempla a observação dos avanços e da qualidade da aprendizagem alcançada pelos alunos ao final de um período de trabalho, seja este determinado pelo fim de um bimestre, ou de um ano, seja pelo encerramento de um projeto ou sequência didática. (...). Utilizar a avaliação como instrumento para o desenvolvimento das atividades didáticas requer que ela não seja interpretada como um momento estático, mas antes como um momento de observação de um processo dinâmico e não-linear de construção de conhecimento.

Consequentemente, as sequências de atividades didáticas devem ser planejadas e desenvolvidas buscando a realização de determinados objetivos educacionais, com início e fim conhecidos, tanto pelos professores como pelos alunos envolvidos no trabalho. Mais do que isso, para que possamos compreender sua importância pedagógica e as razões que justificam sua aplicação em um grupo de alunos, é de fundamental importância que a definamos e identifiquemos suas principais fases, as ações que constituem cada uma dessas fases e as relações existentes entre o objeto de conhecimento estudado e a compreensão das necessidades dos alunos para com esses conhecimentos.

Dos Anjos-Santos, Lanferdine & Cristovão (2011, p. 384) definem uma Sequência Didática como sendo “um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um gênero textual oral ou escrito”. Vão além, definindo as principais etapas (fases) dessa Sequência Didática ao afirmarem que:

O primeiro passo é a apresentação da situação, etapa em que é descrita de maneira detalhada, aos alunos, como será (o trabalho) que irão realizar. A seguir, eles elaboram uma primeira produção, uma primeira tentativa de (análise do problema proposto), para que o professor possa avaliar (suas) capacidades (...) e a adequação das atividades (planejadas para a) Sequência Didática, (a fim de sanar/contribuir para com) as dificuldades/possibilidades dos estudantes. (Nessa perspectiva), as primeiras produções “constituem momentos privilegiados de observação, que permitem refinar a sequência, modulá-la e adaptá-la de maneira mais precisa às capacidades reais dos alunos de uma dada turma” (DOLZ; NOVERRAZ; SCHNEUWLY, 2004, p. 102). Em uma terceira etapa, a Sequência Didática deverá ser desenvolvida em módulos, os quais devem estar focados nas dificuldades que apareceram na produção inicial dos alunos e possibilitar a eles (os) instrumentos necessários para superá-las. E, por último, a produção final, para que o aluno coloque em prática o que aprendeu e para que ele e o professor possam avaliar os progressos. Dessa forma, a Sequência Didática vai do complexo ao simples, e do simples ao complexo, ou seja, da produção

inicial ao módulo, e do módulo à produção final (entre parênteses explicações/adequações da autora).

Segundo Pompeu Jr. & Monteiro (2001), em uma Sequência Didática, à época denominada pelos autores de “Projeto”, cada atividade (módulo) se compõe de:

- a) Título da atividade;
- b) Objetivo Central da atividade;
- c) Local para sua realização;
- d) Materiais necessários;
- e) Tempo previsto de duração da atividade;
- f) Descrição sucinta do trabalho e dos conceitos a serem abordados na atividade;
- g) E, finalmente, um elenco de possíveis ligações a serem feitas com as demais áreas do conhecimento humano relacionadas com o trabalho desenvolvido na atividade.

Portanto, para este TCC, a autora define uma “Sequência de Atividades Didáticas” como sendo:

“Um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática (fases), que se sucedem em pequenos intervalos de tempo (módulos), cada um dos quais, com início e fim conhecidos pelos professores e alunos envolvidos no trabalho, e centrados em conteúdos de ensino e nos processos próprios para a construção do conhecimento”.

Além disso, a autora buscará utilizar no detalhamento de cada uma das atividades, da Sequência Didática, os mesmos itens especificados por Pompeu Jr. & Monteiro, acrescidos da definição das “Habilidades” a serem trabalhadas pelas disciplinas de Matemática, Física e Geografia, conforme seja o caso.

Tendo explicitado o conceito de “Sequência de Atividades Didáticas” a ser utilizado neste TCC e caracterizados os diferentes itens que detalharão as atividades da sequência, passaremos agora a fazer uma breve síntese de trabalhos similares, ou seja, na mesma área (Relógio de Sol) e no mesmo tema (Processo de Ensino e Aprendizagem), levantados e avaliados, recentemente, em níveis de TCCs, Especializações, Mestrados ou Doutorados no Brasil.

2.6 TRABALHOS REALIZADOS NA ÁREA E NO TEMA

O primeiro trabalho a ser aqui mencionado refere-se ao artigo intitulado a “Construção do Relógio de Sol na Semana de Calouros no Campus de Ourinhos-SP”, apresentado no 8º Congresso de Extensão Universitária da UNESP, em 2015 (DIOTTO et al, 2015). São dois os principais objetivos do trabalho relatado: “conciliar conceitos da Geografia de forma a unificar a cartografia e a climatologia e (...) despertar o interesse dos calouros nesses dois assuntos que serão abordados no decorrer de suas graduações”. Posteriormente, o mesmo trabalho foi aplicado em alunos da rede pública da cidade de Ourinhos/SP, onde constatou-se a “grande dificuldade encontrada pelos professores ao se depararem com o conteúdo de climatologia nas aulas de Geografia” (...). As principais razões encontradas para isto foram “a falta de interesse dos alunos a conteúdos que acabam sendo descontextualizados de suas realidades e (...) a negligência dos professores em trabalharem assuntos que não possuam uma fácil interação com o ensino”. Finalmente, concluiu-se que “o lúdico (... pode ser) uma ferramenta para despertar o interesse do aluno, e proporcionar uma maneira mais prática para o entendimento do conteúdo” ensinado.

Em nível de Trabalhos de Conclusão de Cursos de Graduação, dois foram encontrados pela autora. São eles:

(1º) O Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “Construção de um Relógio Solar para o Museu de Ciências Naturais”, do Curso de Graduação de Licenciatura em Ciências Naturais, do Campus da UnB, de Planaltina/DF (AMARO, 2015), relata o desenvolvimento do projeto para a construção de um Relógio Solar para fazer parte do acervo do Museu. O trabalho traz todos os passos e cálculos que foram desenvolvidos durante a sua montagem, buscando compreender o real funcionamento do relógio em termos dos: movimentos do Sol, fenômenos que o Sol ocasiona ao planeta ao longo do ano e a determinação das coordenadas do local onde o relógio foi construído. Como resultado se obteve um relógio que, além de mostrar as horas, nos informa a época e o mês no qual nos encontramos, fazendo com que o projeto sirva de ponte entre o ensino de astronomia e o Campus UnB da cidade.

(2º) O segundo Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de título “A

Trigonometria e a História de Matemática em sala de aula: uma experiência com a construção de instrumentos de navegação e do relógio de sol”, do Curso de Licenciatura em Matemática, da UFRGS, Porto Alegre/RS (GONÇALVES, 2018), afirma que o estudo foi desenvolvido em uma escola da rede estadual da cidade, com estudantes do 2º ano do Ensino Médio. Ele investigou as potencialidades da história da matemática em sala de aula, por meio de atividades que remeteram os alunos ao período das navegações, explorando conceitos da trigonometria no triângulo retângulo e na circunferência. Percebeu-se que, ao trazer a história da matemática inserida em atividades específicas de construção de instrumentos de medida de tempo, ângulos e distâncias, semelhantes aos utilizados em situações de navegação, as aulas se tornam mais dinâmicas e interessantes para o professor e para os estudantes, fazendo com que estes participassem mais ativamente dos processos de ensino e aprendizagem. Foram gerados questionamentos muito pertinentes a respeito da história da matemática ao longo das atividades, o que contribuiu para o aprendizado dos conteúdos envolvidos. Além disso, constatou-se que ao trazer a história da matemática para dentro da sala de aula se abriu um leque de ideias, perguntas, respostas e construções que envolveram outros componentes além da matemática, especialmente conhecimentos do campo da geografia e história, o que enriqueceu a experiência vivida.

Em nível de dissertações de Mestrado, foram quatro trabalhos localizados pela autora. São eles:

(1º) Na dissertação de título “Relógio de Sol analêmico: método pedagógico interdisciplinar”, apresentada no Centro de Ciência e Tecnologia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (AZEVEDO, 2012), são apresentados os resultados da utilização do relógio de sol analêmico como um importante método didático, uma ferramenta de auxílio no processo de ensino-aprendizagem de conceitos básicos de Física e Astronomia. Os relógios de sol foram construídos em escolas públicas do Norte e Noroeste Fluminense, onde várias atividades foram desenvolvidas com as turmas envolvidas na pesquisa. O relógio de sol analêmico ou relógio de interação humana é uma forma de didática lúdica utilizada para difundir a Física, desde as séries iniciais do ensino fundamental. O projeto alcançou resultados satisfatórios, os quais demonstram o quanto o relógio de sol analêmico pode ajudar a aguçar a natureza investigativa do aluno.

(2º) A dissertação intitulada “Caixa experimentoteca: uma proposta para o ensino de Astronomia”, apresentada para obtenção do Título de Mestre, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da UNESP, de Presidente Prudente (PEREZ, 2015), discute que, atualmente, muitas pesquisas têm sido realizadas dentro da temática da melhoria do ensino de Ciências. No entanto, a história da ciência, abordada nos Ensinos Fundamental e Médio, e até no Superior, apresenta problemas, como erros factuais e conceituais. A fim de proporcionar melhor compreensão do fenômeno, este trabalho explorou a utilização de uma caixa de experiências, se utilizando do material didático nela contida, para o estudo de conceitos astronômicos, chamada de Caixa Experimentoteca, se buscou relacionar a Teoria da Astronomia com aquela ensinada no Ensino Médio regional. Os resultados mostraram que, de modo geral, os alunos ficaram satisfeitos com a abordagem experimental utilizada para tratar da elaboração de alguns instrumentos de observação astronômica. Quanto ao tema abordado, conclui-se que os experimentos de astronomia, armazenados na caixa experimentoteca, se demonstraram instigantes aos alunos envolvidos na pesquisa visto que, durante as atividades, eles foram receptivos, participativos e altamente motivados. Dessa maneira, ficou fortalecida a concepção de que uma metodologia estruturada na Teoria da Aprendizagem colabora para a aquisição de significados práticos para aquilo que se é estudado. Portanto, se constatou que a sequência desenvolvida apresentou mais aspectos positivos do que negativos, auxiliando na compreensão dos conceitos envolvidos na observação astronômica, demonstrando ser adequada para os objetivos pretendidos. Em suma, além de educar e ajudar o entendimento da Astronomia, a pesquisa mostrou que a história da observação astronômica alimenta nossa curiosidade e ajuda a desvendar o Universo em que vivemos.

(3º) A dissertação de título “Explorando a construção de calendários no ensino fundamental e médio”, do Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT), do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, da UNESP, São José do Rio Preto/SP (CIRILO, 2017), objetivou estudar os principais calendários solares desenvolvidos ao longo da civilização humana. A temática relativa a calendários é altamente interdisciplinar, pois envolve inúmeros aspectos de natureza cultural, histórica, religiosa, filosófica, astronômica e faz uso de conceitos sobre órbitas planetárias, abrangendo ainda a disciplina de física. Por

outro lado, conceitos matemáticos, como, divisibilidade, sistemas de numeração e congruências permitem construir o calendário de um ano arbitrário no passado ou no futuro e saber exatamente em que dia da semana caiu ou cairá uma determinada data. Além disso, considerando que as órbitas planetárias são elípticas, naturalmente comparece o conceito de cônicas. O escopo desse trabalho abrange estudantes do ensino fundamental e médio com o propósito de despertar, motivar e estimular o interesse dos mesmos pelo estudo de conceitos matemáticos e mostrar como a matemática está presente no cotidiano da vida de todas as pessoas. Entre as atividades propostas devem ser destacadas, o cálculo do número de dias entre duas datas quaisquer, usado para o cálculo de juros bancários e a data de aposentadoria de um trabalhador, assim como a construção do calendário gregoriano para um ano qualquer a partir de 1582, data de sua promulgação. Por fim, em que pese o fato do trabalho explorar inúmeros aspectos relativos à construção de calendários, ele está longe de esgotar o assunto, sendo a expectativa da autora que este trabalho possa estimular docentes na elaboração de outras propostas didáticas envolvendo o tema e, inclusive, ligadas a outras disciplinas, como História, Geografia e Física.

(4º) Finalmente, a quarta e última dissertação encontrada pela autora, intitulada “Interface entre História e Ensino de Matemática: um movimento lógico-histórico da medição do tempo e a atividade orientadora de ensino”, do Programa de Pós-Graduação em Docência para a Educação Básica, da Faculdade de Ciências, da UNESP, de Bauru/SP (MORAES, 2018). A pesquisa foi planejada a partir de uma interface entre história, ensino e aprendizagem da matemática e o contexto no qual tais conceitos foram desenvolvidos. A metodologia de pesquisa foi colaborativa, visto que contribui para a formação desse pesquisador, da professora e dos estudantes participantes. O objetivo geral da pesquisa foi o de investigar o movimento do pensamento de estudantes do 6º ano, do Ensino Fundamental II, a partir de uma atividade orientadora de ensino, com ênfase no movimento lógico-histórico sobre medição de tempo. O referencial teórico da dissertação parte dos pressupostos da psicologia histórico-cultural, do movimento lógico-histórico na atividade orientadora de ensino e se baseia em pensamentos empíricos e teóricos. A análise dos resultados da pesquisa se baseia no movimento do pensamento sobre a medição do tempo e nas potencialidades de aprendizagem através de atividade orientadora de

ensino, elaborada a partir do movimento lógico-histórico da medição do tempo, como também se leva em conta os instrumentos, de épocas distintas, como a clepsidra e a ampulheta, bem como as situações histórico-sociais. A dissertação também trouxe contribuições da história da matemática para a compreensão do conceito de tempo.

Com os sete trabalhos aqui relatados, se conclui o Capítulo 2 do TCC, onde foram apresentadas a Fundamentação Teórica da pesquisa, bem como os trabalhos já realizados, e encontrados pela autora, na área (Construção do Relógio de Sol) e no tema (Processo de Ensino e Aprendizagem) desta pesquisa, em nível de TCC.

No próximo capítulo será apresentado o planejamento da Sequência de Atividades Didáticas elaborada interdisciplinarmente para a construção do Relógio de Sol, objeto de estudo do tema escolhido.

3 SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS

3.1 DETALHES GERAIS SOBRE A SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS E DOS ALUNOS PARTICIPANTES DA PESQUISA

A partir da visão inicial do problema interdisciplinar proposto, planejou-se uma sequência de atividades didáticas, fundamentadas na estratégia de ensino/aprendizagem de resolução de problemas, para ser aplicada juntos aos alunos do Ensino Médio envolvidos no trabalho. A aplicação não ficará restrita a uma única série, pois o conteúdo das atividades engloba conceitos que já foram desenvolvidos durante o Ensino Fundamental e que são aprofundados durante o Ensino Médio, independente da disciplina. Mais do que isso, por conta da estratégia de ensino/aprendizagem adotada, vários dos conceitos a serem trabalhados independem do conhecimento prévio dos alunos.

Inicialmente, as atividades deveriam ser aplicadas a uma classe de 40 alunos da 2ª série de Ensino Médio durante as aulas regulares, no período da manhã, da Escola Estadual “Professor Aggêo Pereira do Amaral”. Porém, como vários alunos ficaram sabendo do trabalho a ser realizado, muitos queriam participar, logo todos foram convidados. Desta forma, optou-se por trabalhar no período de contra turno (no caso a tarde) com um grupo heterogêneo, independente da série de matrícula do aluno, de 25 a 40 alunos. Esse fato possibilitou a elaboração de uma sequência de atividades didáticas mais detalhada, com 10 aulas de 50 minutos, o que não seria possível, no período de turno dos alunos, devido ao calendário e horário regular das aulas.

A seguir, encontra-se apresentado o planejamento final das atividades didáticas presentes na sequência elaborada, aula por aula, com os seus respectivos temas, objetivos central e secundários, tempo previsto para o desenvolvimento, habilidades a serem trabalhadas por disciplina envolvida, materiais necessários e a descrição, pormenorizada, dos procedimentos previstos de sala de aula.

3.2 PRIMEIRA ATIVIDADE DIDÁTICA

3.2.1 Título da atividade

O Sistema Solar.

3.2.2 Objetivos Central e secundários da atividade

Central: Apresentar, analisar e discutir com os alunos o movimento de translação da Terra em torno do Sol.

Secundários: Apresentar, analisar e discutir as consequências da inclinação do Eixo de Rotação Terrestre em relação ao Eixo Vertical de Translação da Terra em relação ao Sol, as estações do ano (Primavera, Verão, Outono e Inverno) nos dois hemisférios e as velocidades de rotação dos planetas em torno do sol.

3.2.3 Local para realização da atividade

Laboratório de Física da escola.

3.2.4 Tempo previsto de duração da atividade

Dois hora-aulas (100 minutos).

3.2.5 Materiais necessários à atividade

Projetor, notebook, extensão, vídeos “Espaçonave Terra: Semana 1” e “Espaçonave Terra – Semana 26 - Como o solstício ocorre no Polo Sul; A Lua do Sol”, questionário impresso sobre o conteúdo dos vídeos.

3.2.6 Habilidades a serem trabalhadas, por disciplina, na atividade

3.2.6.1 Matemática

1ª). Compreender a ideia de medida de um ângulo (em grau), sabendo operar com medidas de ângulos e usar instrumentos geométricos para construir e medir ângulos (7º Ano, Ensino Fundamental II, p. 59);

2ª). Conhecer a circunferência, seus principais elementos, suas características e suas partes (9º Ano, Ensino Fundamental II, p. 64);

3ª). Saber identificar as equações da circunferência e das cônicas na forma reduzida e conhecer as propriedades e características das cônicas (3ª Série,

Ensino Médio, p. 69).

3.2.6.2 Física

1ª). Reconhecer características comuns aos movimentos e sistematizá-las segundo trajetórias, variações de velocidade e outras variáveis (1ª Série, Ensino Médio, p. 103);

2ª). Reconhecer a natureza cíclica de movimentos do Sol, Terra e Lua e suas interações, associando-a a fenômenos naturais e ao calendário, e suas influências na vida humana (1ª Série, Ensino Médio, p. 108).

3.2.6.3 Geografia

1ª). Descrever os movimentos do planeta Terra e identificar as consequências dos movimentos (6º Ano, Ensino Fundamental II, p. 84);

2ª). Descrever o movimento de rotação da Terra e identificar sua consequência na sucessão de dias e noites (6º Ano, Ensino Fundamental II, p. 85);

3ª). Descrever o movimento de translação da Terra e identificar seus efeitos na sucessão das estações do ano (6º Ano, Ensino Fundamental II, p. 85).

3.2.7 Descrição sucinta do trabalho e dos conceitos a serem abordados, em cada disciplina, na atividade

Para introduzir o tema proposto será apresentado parcialmente dois vídeos aos alunos.

O primeiro, “**Espaçonave Terra: Semana 1**” encontrado no link <https://www.youtube.com/watch?v=2M5NgPg-szs> será exibido de 11” até 4’ 45”.

Após, será apresentado um segundo vídeo “**Espaçonave Terra – Semana 26 - Como o solstício ocorre no Polo Sul; A Lua do Sol**” de seu início até 3’25”, o qual pode ser encontrado através do link: <https://www.youtube.com/watch?v=xCzImAvuXGE>.

Observe que nos dois vídeos, priorizou-se exibir apenas suas partes relacionadas com os objetivos propostos para esta primeira atividade.

Concluída a exibição desses vídeos, uma conversa e análise sobre

seus conteúdos deverão ser realizadas em grupos de 4 ou 5 alunos, onde será proposta uma sequência de questões sobre os assuntos abordados neles e que servirão de base para a construção dos raciocínios físico/matemático/geográfico necessários para as atividades posteriores e a compreensão de sua importância no funcionamento do relógio de sol.

Questionário – Parte 1: Sobre os dois vídeos exibidos aos alunos:

- 1) Qual é o formato da órbita que a Terra descreve em torno do Sol?
- 2) Qual a velocidade de translação da Terra em torno do Sol?
- 3) O que ocasiona as estações do ano?
- 4) Como os raios solares atingem a Terra nos trópicos? No hemisfério norte? No hemisfério sul?
- 5) Em quanto tempo, a Terra com sua velocidade de translação, demoraria para chegar na estrela Sirius? E ao planeta Vênus?
- 6) De que maneira os raios solares atingem a Terra no solstício de verão, no hemisfério sul?
- 7) Por que os trópicos de capricórnio e câncer possuem esses nomes?
- 8) Como ocorrem as noites brancas no hemisfério norte?

Cada grupo deverá discutir, analisar e anotar as principais conclusões sobre as questões acima especificadas.

Após, aproximadamente, 20 minutos de trabalho, um representante de cada grupo deverá dirigir-se à lousa e anotar as principais conclusões que seu grupo chegou sobre cada questão.

Após todos os grupos exporem suas conclusões, as respostas serão discutidas e analisadas no coletivo sob a orientação e mediação da professora que, se necessário, complementará as conclusões tiradas pelos grupos sobre cada questão, fornecendo as explicações básicas sobre os fenômenos observados. Por exemplo, com relação as velocidades de translação dos planetas em torno do Sol, a professora fará comparações entre as distâncias que cada um deles percorre em 1 segundo, com distâncias terrestres. Também serão traçadas as principais características entre órbitas circulares e elípticas e se discutirá a enorme grandeza das distâncias, quando trabalhamos com a Astronomia.

Estas primeiras duas aulas têm a intenção de instigar a curiosidade dos

alunos, assim como, averiguar o que eles sabem sobre os assuntos abordados pelos vídeos e se conseguem relacioná-los com conceitos estudados nas disciplinas de Física (velocidade, medições de distância, astronomia, fontes de luz primárias e secundárias), Matemática (razão utilizada no cálculo de velocidades, as diferença entre circunferência e elipse, ângulo oblíquo, unidades de medida angulares) e Geografia (movimento de rotação e translação, estações do ano, solstício e equinócio).

3.2.8 Possíveis ligações entre os conceitos que serão trabalhados, em cada disciplina, durante a atividade

Como podemos observar, os conceitos físicos, matemáticos e geográficos, elencados no parágrafo anterior, estão intrinsecamente relacionados, principalmente, ao se trabalhar com problemas práticos ou fenômenos cuja compreensão deles dependam.

Como o objetivo fim da Sequência de Atividades Didáticas, elaborada como objeto investigativo deste TCC, é a construção de um Relógio de Sol, são os conceitos mencionados que comporão a base para a real compreensão/entendimento de seu funcionamento.

3.3 SEGUNDA ATIVIDADE DIDÁTICA

3.3.1 Título da atividade

O Eixo e a Rotação terrestre e as consequências da inclinação deste eixo para o planeta.

3.3.2 Objetivos Central e secundários da atividade

Central: Apresentar, analisar e discutir com os alunos o movimento de rotação da Terra em torno de seu eixo imaginário de rotação (Norte – Sul), o qual encontra-se inclinado em relação ao eixo vertical de translação, também imaginário, da órbita do planeta em torno do Sol.

Secundários: Apresentar, analisar, discutir e responder as seguintes

perguntas:

- 1) Por que a Terra é redonda?
- 2) O que significa a força gravitacional? Do que ela depende?
- 3) Qual a diferença entre as forças gravitacionais terrestre e lunar?

Como podemos exemplificar esta diferença?

4) Justifique o porquê da órbita elíptica ser praticamente uma órbita circular, como afirmado no vídeo.

5) Como se poderia construir um Relógio Solar com centro no exato ponto onde o eixo de rotação imaginário da Terra “furasse” os Polos Norte e Sul?

6) Quando esse Relógio de Sol funcionaria nos hemisférios Norte e Sul?

7) Seria possível construir relógio de sol em qualquer ponto do planeta? Se sim, do que dependeria sua construção? Se não, justifique a resposta.

Introduzir e definir os conceitos físicos importantes como as leis de Kepler, a Gravitação Universal, os princípios básicos da óptica geométrica e suas consequências como a sombra e a penumbra.

Construir, com os alunos, na lousa, uma elipse a partir do achatamento de uma circunferência e mostrar as diferenças entre as suas equações.

3.3.3 Local para realização da atividade

Laboratório de Física da escola.

3.3.4 Tempo previsto de duração da atividade

Duas hora-aulas (100 minutos).

3.3.5 Materiais necessários à atividade

Projektor, notebook, extensão, vídeo “Espaçonave Terra: Semana 7”, questionário impresso sobre o conteúdo do vídeo, barbante, fio e fita adesiva para adaptar um compasso.

3.3.6 Habilidades a serem trabalhadas, por disciplina, na atividade

3.3.6.1 Matemática

1ª) Reconhecer e aplicar o teorema de Tales como uma forma de ocorrência da ideia de proporcionalidade, na solução de problemas em diferentes contextos (8º Ano, Ensino Fundamental II, p. 62);

2ª) Compreender as propriedades da esfera e de suas partes, relacionando-as com os significados dos fusos, das latitudes e das longitudes terrestres (2ª Série, Ensino Médio, p. 68);

3ª) Saber identificar as equações da circunferência e das cônicas na forma reduzida e conhecer as propriedades e características das cônicas (3ª Série, Ensino Médio, p. 69).

3.3.6.2 Física

1ª) Compreender as interações gravitacionais entre objetos na superfície da Terra ou entre astros no Universo, identificando e relacionando variáveis relevantes nessas interações (1ª Série, Ensino Médio, p. 107);

2ª) Reconhecer o papel da luz, suas propriedades e fenômenos que envolvem a sua propagação, como formação de sombras, reflexão, refração etc. (2ª Série, Ensino Médio, p. 115).

3.3.6.3 Geografia

1ª) Aplicar o sistema de coordenadas geográficas para determinar a posição absoluta dos lugares (6º Ano, Ensino Fundamental II, p. 84).

3.3.7 Descrição sucinta do trabalho e dos conceitos a serem abordados, em cada disciplina, na atividade

Para continuar com o tema proposto nas aulas anteriores será apresentado parcialmente mais um vídeo, “**Espaçonave Terra: Semana 7**”, o qual é encontrado no link <https://www.youtube.com/watch?v=49VuZEd2Y9M>, e que será exibido do 12” até 6’55”.

Ao final da apresentação, os alunos deverão se reunir novamente em grupos, os mesmos da última aula, e será solicitado deles que discutam, analisem e

anotem as respostas para as perguntas formuladas na descrição dos objetivos secundários acima.

Para isso, as perguntas serão divididas em blocos com duas questões e proposta aos grupos, fornecendo o tempo necessário para que eles as respondam. Portanto, desta vez, cada grupo responderá questões diferentes. Durante esse tempo, a professora passará nos grupos escutando e auxiliando os alunos em suas dúvidas sem, no entanto, fornecer “pistas externas”, isto é, “pistas que não estão no raciocínio que os alunos estão construindo” e que os levem às respostas esperadas (Princípio da Aprendizagem Ativa) (POLYA, 1985, p. 13).

Após a conclusão dos trabalhos, os alunos, sob a coordenação da professora, analisarão as respostas dadas para todas as perguntas e, será anotado na lousa, as principais conclusões, objetivando discutir quais são as principais consequências da inclinação do eixo de rotação da terra em relação ao eixo vertical imaginário de translação do planeta em torno do Sol.

A professora então formalizará os conceitos discutidos e introduzirá a Lei da Gravitação Universal, as Leis de Kepler, bem como, apresentará os Princípios da Óptica Geométrica discutidos no vídeo, onde foi mostrada a diferença entre sombra e penumbra, bem como, o porquê de os raios solares chegarem paralelamente à Terra.

Com o auxílio de um compasso adaptado, feito com fio, fita adesiva e caneta, a professora construirá na lousa, com os alunos, uma circunferência definindo-a a partir de seu “Lugar Geométrico” em um plano.

Posteriormente, uma análise similar será conduzida com a elipse, a qual foi, substancialmente, mencionada em todos os vídeos exibidos aos alunos. Uma elipse será desenhada sobre a circunferência mostrando suas diferenças. Partindo da equação da circunferência, anteriormente definida, e com auxílio do Teorema de Tales, será deduzida, analiticamente, a equação da elipse.

Ao final dessa atividade, será distribuído aos alunos o texto “À luz de sombras” (Ver Anexo A), retirado da Revista Superinteressante, publicada em 31 de outubro de 2016, e disponível no link: <https://super.abril.com.br/ciencia/a-luz-de-sombras/>. O texto aborda o conceito de Relógio de Sol, envolvendo seus aspectos históricos, sua construção e sua relação com a luz e a sombra. Este texto deverá ser lido em casa pelos alunos, para o início da próxima atividade.

3.3.8 Possíveis ligações entre os conceitos que serão trabalhados, em cada disciplina, durante a atividade

Na perseguição do objetivo fim desse TCC de se construir um Relógio de Sol, após tecer as bases conceituais necessárias e trabalhadas, cotidiana e separadamente, nas disciplinas de Matemática, Física e Geografia, embora isso não tenha ocorrido durante a primeira atividade, nessa segunda atividade os conceitos matemáticos de “Paralelismo, Equações reduzidas da Circunferência e da Elipse, Teorema de Tales e Lugar Geométrico”; físicos de “Órbitas planetárias, Lei de Kepler, Gravitação Universal e de Óptica”; e geográficos de “Latitude e Longitude”, todos estes serão aprofundados de maneira interdisciplinar e através da estratégia de ensino e aprendizagem baseada na Resolução de Problemas.

Com isso, se espera que os alunos envolvidos no trabalho possam se motivar, ainda mais, para a real compreensão desses conceitos. Além disso, com a participação dos alunos nesta sequência de atividades didáticas, objetiva-se que comecem a observar que muitos problemas/fenômenos de nosso dia a dia não podem, nem devem ser abordados de forma compartimentalizada, mas sim de maneira interdisciplinar.

3.4 TERCEIRA ATIVIDADE DIDÁTICA

3.4.1 Título da atividade

Compreendendo Latitude e Longitude e a Determinação do eixo Norte – Sul Geográfico.

3.4.2 Objetivos Central e secundários da atividade

Central: Apresentar, analisar e discutir com os alunos os conceitos de latitude e longitude como forma de localização no globo terrestre.

Secundários: Investigar a latitude e longitude local, bem como a localização dos pontos cardeais geográficos e as diferenças desses mesmos pontos determinados através de uma bússola, que depende do campo magnético terrestre.

Construir uma bússola utilizando materiais de baixo custo.

Verificar a posição que o Sol nasce na escola e a partir disto, desenhar uma rosa dos ventos permanente no pátio da escola.

Desenhar um planisfério ampliado permanente, no pátio da escola, com todos os paralelos e meridianos para utilização em aulas futuras sobre o assunto.

3.4.3 Local para realização da atividade

Laboratório de Física e pátio da escola.

3.4.4 Tempo previsto de duração da atividade

Duas hora-aulas (100 minutos).

3.4.5 Materiais necessários à atividade

Vasilhas de plástico, água, rolha de cortiça, imã, agulha, tinta látex e spray, barbante, fita crepe, fita adesiva e mapa-múndi impresso para atividade de localização.

3.4.6 Habilidades a serem trabalhadas, por disciplina, na atividade

3.4.6.1 Matemática

1ª) Compreender e usar o plano cartesiano para a representação de pares ordenados, bem como para a representação das soluções de um sistema de equações lineares (8º Ano, Ensino Fundamental II, p. 62);

2ª) Compreender os fatos fundamentais relativos ao modo geométrico de organização do conhecimento (conceitos primitivos, definições, postulados e teoremas) (2ª Série, Ensino Médio, p. 68);

3ª) Compreender as propriedades da esfera e de suas partes, relacionando-as com os significados dos fusos, das latitudes e das longitudes terrestres (2ª Série, Ensino Médio, p. 68).

3.4.6.2 Física

1ª) Reconhecer a natureza cíclica de movimentos do Sol, Terra e Lua e suas interações, associando-a a fenômenos naturais e ao calendário, e suas influências na vida humana (1ª Série, Ensino Médio, p. 108).

3.4.6.3 Geografia

1ª) Identificar os pontos cardeais e colaterais e aplicar técnicas de orientação relativa (6º Ano, Ensino Fundamental II, p. 84);

2ª) Aplicar o sistema de coordenadas geográficas para determinar a posição absoluta dos lugares (6º Ano, Ensino Fundamental II, p. 84);

3ª) Interpretar o mapa segundo os elementos que o compõem, considerando projeção, escala, métricas e linguagem (1ª Série, Ensino Médio, p. 99);

4ª) Aplicar recursos cartográficos na leitura e na confecção de mapas, como meio de visualização sintética da relação entre realidades geográficas distintas (1ª Série, Ensino Médio, p. 99).

3.4.7 Descrição sucinta do trabalho e dos conceitos a serem abordados, em cada disciplina, na atividade

Inicialmente vale ressaltar que as atividades que compõem essa parte da sequência didática, especificadamente sobre este tema, foram desenvolvidas e planejadas pela professora Gisele Cristina de Souza e Silva, professora efetiva de geografia da escola. Neste caso, a minha atuação se restringirá em auxiliá-la na aplicação e no desenvolvimento matemático e físico necessário para realização de tais atividades.

As atividades elaboradas sobre este tema estão divididas em três partes: a construção de uma bússola; a localização dos pontos cardeais e desenho da rosa dos ventos; e, por fim, o desenho do mapa-múndi planejado com seus paralelos e medianos no pátio da escola.

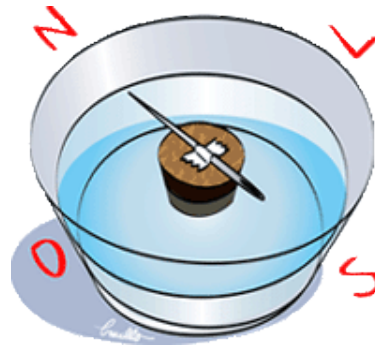
Para a primeira parte da atividade, construção da bússola, os alunos serão divididos novamente nos mesmos grupos das atividades anteriores. Cada grupo receberá o material necessário para a construção de três ou quatro bússolas.

Os alunos seguirão as instruções dadas pela professora para sua montagem, que segundo Ramos (2018), são:

Corte a rolha de cortiça ou pedaço de isopor, deixando-o com cerca de um centímetro de altura, formando um disco. Depois, magnetize a agulha: passe uma de suas extremidades na parte lateral do ímã cerca de 20 vezes sempre no mesmo sentido, tomando o cuidado de não fazer movimentos de ida e volta. Usando a fita adesiva, fixe a agulha no disco e coloque-a sobre um vasilhame com água. Se estiver tudo certo, quando você mexer na agulha, ela deve voltar para a mesma posição, ou seja, indicando a direção Norte- Sul.

Para diminuir o tempo de montagem e o perigo com materiais cortantes, como estilete, a rolha de cortiça já será entregue em pedaços.

Figura 1 - Ilustração de como será a bússola construída.



Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=802&sid=3>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

Após a verificação prática do seu funcionamento, será realizado uma pequena aula teórica ao ar livre sobre as diferenças do que foi observado na bússola e o Norte-Sul geográfico, explicando suas diferenças e a ocorrência de movimentação dos polos magnéticos terrestre. Esta parte é de extrema importância, pois explica o motivo de não usarmos a bússola para a fixação do relógio de sol que será construído.

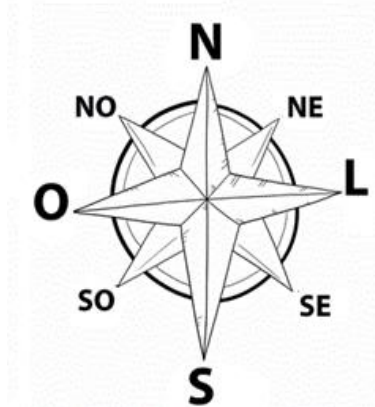
Em seguida, a partir da localização da posição em que o Sol nasce e se põe na escola, serão determinados o Leste e o Oeste para o desenho da rosa dos ventos no pátio da escola.

A segunda parte da atividade é também importante, pois trata-se da localização dos pontos cardeais geográficos para a fixação do relógio de sol. Nesta segunda parte, o grupo de alunos será dividido ao meio, pois nem todos ficarão responsáveis pelo desenvolvimento e desenho de uma única rosa dos ventos. Este desenho será feito a partir de conceitos geográficos, contando com auxílio da

professora específica, bem como, o primeiro grupo de alunos, que utilizará conceitos de desenho geométrico para a determinação da reta perpendicular que passa pela reta Leste-Oeste, ou seja, a reta Norte-Sul. Esta atividade contará com o auxílio da professora, autora desse TCC.

Figura 2 - Rosa dos ventos.

ROSA DOS VENTOS



Disponível em: <<https://suburbanodigital.blogspot.com/2017/10/rosa-dos-ventos-desenhos-para-imprimir-e-colorir.html>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

O segundo grupo de alunos iniciará a ampliação e desenho do planisfério com todos os meridianos (latitudes) e paralelos (longitudes).

Primeiro deverá ser traçada a linha do Equador, paralelo 0° , e dividi-la em 37 partes iguais que representam os meridianos de 10 em 10° . Para a realização da marcação desta divisão, será utilizado o conceito da divisão de um segmento de reta com auxílio de uma reta auxiliar, conceito pouco desenvolvido na geometria do ensino básico e que faz parte do desenho geométrico. Porém, como se trata de uma ampliação e não existem equipamentos para tal realização (régua, esquadro e compasso), serão feitas algumas adaptações de baixo custo: um cabo de vassoura e um sarrafo de madeira como régua e esquadro, fita adesiva, barbante e giz como compasso, e para o traçado das paralelas será utilizado fita crepe.

Após essa etapa, os alunos devem localizar o meridiano central, e através dos mesmos conceitos utilizados na construção da rosa dos ventos, deverão traçar a reta perpendicular a esse paralelo e que passa pelo ponto médio, ou seja, sua mediatriz, no caso o meridiano 0° ou também chamado de meridiano de Greenwich.

Após, deve ser repetido o mesmo procedimento para dividir tanto a parte Norte quanto a parte Sul do meridiano de Greenwich em 9 partes iguais para

obter os outros paralelos, também de 10 em 10°, indicando a localização dos trópicos de Câncer e Capricórnio.

Com a conclusão desta etapa, obteremos um quadriculado no qual deverá ser transferido o desenho do mapa-múndi através das técnicas de ampliação e redução de figuras utilizando-se dos conceitos de razão e proporção.

Figura 3 - Representação do planisfério com paralelos e meridianos que será ampliado pelos alunos.



Disponível em: <<http://marialuizamazzucatto.blogspot.com/p/respostas-dos-exercicios-de-revisao-da.html>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

Ao final da aula, todos os alunos receberão a atividade de localização no mapa de latitudes e longitudes, disponível no Anexo B. Nesta atividade, cada aluno deve fazer a localização em forma de pares ordenados determinando a latitude e a longitude dos locais onde se encontram os navios e aviões colocados no mapa, devendo achar também a localização, através de uma pesquisa na internet ou pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS) de seus celulares, a latitude e longitude da escola.

Para os alunos que ficarem curiosos sobre como se calculam os valores de latitude e longitude com o GPS, será deixado como sugestão o estudo do texto “A Matemática do GPS” do PIC/OBMEP 2007 para aprofundamento do tema, que se encontra no Anexo C e disponível no link: <http://www.obmep.org.br/docs/apostila6.pdf>.

3.4.8 Possíveis ligações entre os conceitos que serão trabalhados, em cada disciplina, durante a atividade

A terceira atividade mostra uma participação mais ativa da professora de Geografia, tendo em vista que com os desenhos permanentes da Rosa dos Ventos e do mapa-múndi planejado no pátio da escola, explorarão muito mais conceitos relacionados com a Geografia como “pontos cardeais e colaterais, posição absoluta sobre o mapa-múndi e recursos cartográficos”.

Por outro lado, nessa atividade, as disciplinas de matemática e física deram mais um “suporte técnico” para a construção permanente desses dois artefatos geográficos no pátio da escola. Esse suporte pode ser traduzido através da aplicação prática de conceitos como o(s)/a(s): “eixos Norte-Sul geográfico e magnético do planeta, localização absoluta de pontos sobre a superfície terrestre (latitude, longitude), paralelismo e perpendicularismo entre retas no plano, divisão de um segmento de reta em partes iguais, ampliação e redução de figuras utilizando-se dos conceitos de razão e proporção, e posicionamento absoluto através de GPS”.

3.5 QUARTA ATIVIDADE DIDÁTICA

3.5.1 Título da atividade

Compreensão e Construção de um Relógio de Sol a partir de uma garrafa pet.

3.5.2 Objetivos Central e secundários da atividade

Central: Construir um relógio de sol com materiais de baixo custo.

Secundários: Apresentar, analisar e compreender os conceitos matemáticos (desenho geométrico e geometria euclidiana), geográficos (latitude local e pontos cardeais) e físicos (óptica geométrica) envolvidos na construção de um relógio solar.

3.5.3 Local para realização da atividade

Laboratório de Física da escola.

3.5.4 Tempo previsto de duração da atividade

Quatro hora-aulas (200 minutos).

3.5.5 Materiais necessários à atividade

Projetor, notebook, extensão, vídeo “**Relógio de Sol com garrafa pet**” do canal do “Manual do Mundo”, no Youtube, garrafa pet, barbante, placa de isopor, fita adesiva ou fita crepe, nível, suporte universal, régua, esquadros, compasso, transferidor, papel sulfite e caneta hidrocor.

3.5.6 Habilidades a serem trabalhadas, por disciplina, na atividade

3.5.6.1 Matemática

1^a) Compreender e usar o plano cartesiano para a representação de pares ordenados, bem como para a representação das soluções de um sistema de equações lineares (8^o Ano, Ensino Fundamental II, p. 62);

2^a) Compreender os fatos fundamentais relativos ao modo geométrico de organização do conhecimento (conceitos primitivos, definições, postulados e teoremas) (2^a Série, Ensino Médio, p. 68);

3^a) Compreender as propriedades da esfera e de suas partes, relacionando-as com os significados dos fusos, das latitudes e das longitudes terrestres (2^a Série, Ensino Médio, p. 68)

3.5.6.2 Física

1^a) Reconhecer características comuns aos movimentos e sistematizá-las segundo trajetórias, variações de velocidade e outras variáveis (1^a Série, Ensino Médio, p. 103);

2^a) Reconhecer a natureza cíclica de movimentos do Sol, Terra e Lua e suas interações, associando-a a fenômenos naturais e ao calendário, e suas influências na vida humana (1^a Série, Ensino Médio, p. 108);

3^a) Reconhecer o papel da luz, suas propriedades e fenômenos que envolvem a sua propagação, como formação de sombras, reflexão, refração etc. (2^a

Série, Ensino Médio, p. 115).

3.5.6.3 Geografia

1ª) Identificar os pontos cardeais e colaterais e aplicar técnicas de orientação relativa (6º Ano, Ensino Fundamental II, p. 84);

2ª) Aplicar o sistema de coordenadas geográficas para determinar a posição absoluta dos lugares (6º Ano, Ensino Fundamental II, p. 84);

3ª) Descrever o movimento de rotação da Terra e identificar sua consequência na sucessão de dias e noites (6º Ano, Ensino Fundamental II, p. 85);

4ª) Reconhecer, na linguagem cartográfica e nos produtos do sensoriamento remoto, formas indispensáveis para visualizar fenômenos naturais e humanos segundo localizações geográficas (1ª Série, Ensino Médio, p. 99);

5ª) Interpretar o mapa segundo os elementos que o compõem, considerando projeção, escala, métricas e linguagem (1ª Série, Ensino Médio, p. 99);

6ª) Aplicar recursos cartográficos na leitura e na confecção de mapas, como meio de visualização sintética da relação entre realidades geográficas distintas (1ª Série, Ensino Médio, p. 99).

3.5.7 Descrição sucinta do trabalho e dos conceitos a serem abordados, em cada disciplina, na atividade

Os alunos serão avisados antecipadamente sobre a necessidade de trazerem de casa o material para desenvolverem a atividade, ou seja, uma garrafa pet transparente (preferencialmente lisa) e uma placa de isopor, por grupo, ou individualmente, se assim preferirem.

Em sala de aula, inicialmente, será apresentado aos alunos o vídeo do site Manual do Mundo, “Relógio de Sol com garrafa pet”, disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=onDE_ZAdkkE.

Neste vídeo são descritas as etapas de construção do relógio de sol que serão desenvolvidas em aula (algumas com auxílio da professora). Esta montagem foi escolhida justamente por utilizar materiais simples e de fácil obtenção. Aliás, esse vídeo é bastante acessado, pois o canal de experiências é popularmente conhecido entre os adolescentes, de modo geral.

Figura 4 - Print do vídeo Relógio de Sol com garrafa pet do Manual do Mundo



Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=onDE_ZAdkKE>. Acesso em: 30 abr. 2018.

A seguir encontram-se detalhadas as etapas de montagem apresentadas no vídeo:

1) Furar os centros, do fundo da garrafa pet e de sua tampa, com o auxílio de uma furadeira. Passar, através dos furos um pedaço de barbante e fixá-lo, para que este funcione como o gnômon do relógio de sol.

Esta etapa será desenvolvida com auxílio da professora devido ao perigo na manipulação do equipamento para furar as garrafas. Se os alunos trouxerem as garrafas com antecedência, estas serão furadas antes da aula para não atrasar as outras etapas do processo de construção. Aqui, os alunos somente elaborarão estratégias para passar o barbante por dentro da garrafa, pois o vídeo não mostra como isto é feito e, quanto maior a garrafa, mais difícil de passar o gnômon.

2) Construir o mostrador das horas.

Para esta parte será necessária uma tira de papel sulfite que dê uma volta na circunferência da garrafa, porém somente será utilizado metade dessa tira, pois as horas mostradas no relógio, compreendem somente o período de 12 horas, ou seja, o período que o Sol permanece visível no céu. Após cada grupo recortar essa tira de papel sulfite, a mesma será dividida em doze partes iguais (as 12 horas do relógio de sol).

Para executar essa divisão, os alunos serão orientados a utilizar da técnica já usada de divisão de um segmento de reta em partes iguais com auxílio de

uma reta auxiliar, diferentemente do que foi mostrado no vídeo.

Os alunos serão orientados a procederem com essas divisões, tanto no lado maior, superior e inferior, da tira. Após, serão traçadas retas paralelas ao lado menor da tira, dividindo-a em doze partes iguais, dentro das quais, os alunos deverão registrar os numerais de 1 a 12, em sequência. Nesta parte, espera-se dos alunos que se utilizem das ferramentas usuais das aulas de geometria, ou seja, régua, esquadro e compasso.

3) Construir a base de apoio do Relógio de Sol, cuja inclinação está relacionada à latitude desse local.

Neste momento, os alunos aplicarão os conceitos estudados nas atividades anteriores, como latitude e ângulos, para montar a base de apoio para o relógio de sol. A base, necessariamente, precisa ser projetada com um ângulo de inclinação igual ao da latitude do local onde este será fixado, pois o gnômon deve estar paralelo ao eixo de inclinação da Terra para mostrar, corretamente, a hora marcada.

A base a ser construída é bastante simples. Trata-se de uma rampa de isopor com dimensões proporcionais a da garrafa pet, e será construída a partir de dois triângulos retângulos e dois retângulos.

Os triângulos retângulos serão construídos tendo sua hipotenusa medindo um pouco maior (+ ou - 2 cm) que a altura da garrafa pet em uso. Já seu ângulo de inclinação com o plano horizontal deverá ser igual ao da latitude local da escola.

Quanto aos retângulos, o primeiro deles, que servirá de base de apoio do relógio de sol, terá seu lado maior com a mesma medida da hipotenusa do triângulo construído, e seu lado menor corresponderá a metade do perímetro da garrafa pet utilizada para a construção do relógio.

O segundo retângulo terá seu lado maior com o mesmo comprimento do cateto adjacente ao ângulo de inclinação com o plano horizontal e seu lado menor medindo a metade do perímetro da garrafa pet utilizada para a construção do relógio.

O relógio de sol montado será fixado nesta rampa com o auxílio de uma fita adesiva. Por conta da inclinação da rampa, o gnômon ficará paralelo a

hipotenusa do triângulo e conseqüentemente estará paralelo ao eixo de inclinação terrestre.

A professora deve enfatizar esta constatação, afirmando que os alunos compreendam que o paralelismo buscado é possível de ser obtido, o que é primordial para a marcação correta e real das horas pelo relógio de sol construído.

4) Instalação do Relógio de Sol.

Após as etapas de construção do relógio de sol e de sua base inclinada, resta somente escolher o local adequado para colocarmos o relógio (região onde o sol incida durante todo o dia) e localizá-lo segundo os pontos cardeais geográficos. Para isso, precisamos que a aula seja dividida em dois horários distintos no mesmo dia, sendo uma parte de manhã e outra no período da tarde.

Na parte da manhã, os alunos, auxiliados pela professora, escolherão um local da escola aberto, que receba luz solar diretamente sem interferência de sombras, e que seja plano, utilizando para verificar isso um nível. Neste momento, será fixado um bastão que fique perpendicular ao chão, como por exemplo, um suporte universal de laboratório.

Seguindo as orientações do vídeo, os grupos deverão mensurar e marcar a sombra projetada pelo bastão antes e depois do meio dia, mas não em horários muito próximos, pois isso diminui a precisão das medidas. Logo, a primeira sombra será medida e marcada no horário de intervalo, às 10h30 min e em seguida, cada grupo deverá traçar uma circunferência com um compasso, feito de barbante e giz, onde a ponta do barbante fixa esteja amarrada no suporte universal e o raio terá a medida igual ao tamanho da sombra projetada.

Após o horário regular, os grupos ficarão monitorando a sombra do bastão até que alcance novamente a circunferência traçada, marcando essa posição que tem o mesmo raio e conseqüentemente o mesmo tamanho da anterior.

Após isso feito, o suporte será retirado e cada grupo deverá traçar a corda que une os pontos marcados. Este segmento de reta representará a reta leste-oeste e estará alinhada aos paralelos do globo terrestre, visto que as sombras medidas mostram o movimento relativo do Sol, devido a rotação da Terra. Ou seja, o sol nasce à leste e se põe ao oeste. Logo, a primeira marcação equivale à Oeste, e a segunda ao Leste, pois o Sol está na posição oposta, mais à tarde no dia.

Com o segmento de reta Leste–Oeste traçado, basta traçarmos a mediatriz desse segmento, perpendicular a ele, para obtermos o segmento Norte–Sul, alinhado aos meridianos. Para isso, cada grupo usará as técnicas de desenho geométrico utilizadas para desenhar o mapa terrestre utilizando o compasso de barbante e giz. Após, deverão marcar onde estão localizados o Norte e o Sul, se a direita é o Leste e a esquerda é o Oeste, acima temos o Norte e abaixo, o Sul.

Figura 5 - Construção da mediatriz usando régua e compasso de fio.



Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=onDE_ZAdkkE>. Acesso em: 30 abr. 2018.

Obtidos os quatro pontos cardeais, chegou o momento de fixarmos os relógios construídos pelos grupos. Isto deverá ser realizado, aproximadamente, 30 minutos antes da hora inteira. A fixação da base de isopor construída para o relógio deverá ser colocada na direção do segmento de reta norte–sul obtido, sendo que a parte alta deverá estar voltada para o sul e a parte baixa para o norte. Após 30 minutos, ou seja, na hora inteira, fixamos a garrafa na rampa com fita adesiva de modo que a sombra do gnômon fique sobre a hora inteira, no caso do experimento 14h.

Finalmente, os grupos deverão aguardar a próxima hora inteira, 15h, para verificar a eficiência do relógio de sol construído.

As avaliações de cada etapa da sequência didática serão realizadas a partir da observação e do produto demonstrado através da participação ativa dos alunos nessas atividades e de seus desempenhos durante a execução dos mesmos, bem como da real compreensão do funcionamento do relógio de sol.

3.5.8 Possíveis ligações entre os conceitos que serão trabalhados, em cada disciplina, durante a atividade

A quarta atividade encerra o planejamento do projeto de pesquisa, em nível de TCC e, se tudo correr como esperado, ao seu final, os Relógios de Sol construídos e finalizados se mostrarão bastante satisfatórios, evidenciando a eficácia do projeto de pesquisa, possibilitando investigar a contribuição que uma abordagem interdisciplinar pode trazer às aulas de Matemática, como a resolução de problemas e o desenvolvimento de habilidades podem contribuir para essa abordagem, e, finalmente, como e por que a sequência de atividades didáticas, planejada, elaborada e aplicada pela professora/autora, auxiliou em sua formação docente.

No próximo capítulo será analisado a aplicação da sequência de atividades didáticas e discutido os resultados obtidos durante a construção do Relógio de Sol.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS

Inicialmente as atividades foram programadas para ocorrerem em duas semanas, no contra turno, as quartas e quintas-feiras, nos dias 2, 3, 9 e 10 de maio de 2018. Porém, se fez necessário, por conta da disponibilidade de horário, acrescentar mais uma data, na terça-feira dia 08 de maio de 2018, para a participação da professora Gisele na parte relacionada a disciplina de Geografia. Antes, porém, foi solicitada aos alunos uma autorização dos pais ou responsáveis (Anexo D) para dar ciência do trabalho a ser realizado e sua aquiescência, pois a atividade era extra e fora do horário das aulas regulares.

A turma era composta de 21 alunos da primeira série e 3 alunos da segunda série, totalizando 24 alunos. A participação média em todas as atividades foi de 91,7%, pois alguns alunos, em algumas datas específicas, tinham compromissos no horário das atividades que não puderam ser adiados, como por exemplo, consultas médicas.

Para a realização das atividades 1, 2 e 3 foram necessárias duas horas-aulas, como previsto inicialmente, já para a atividade 4 foram necessárias 6 horas-aulas, devido a parte de construção do relógio de sol que demandou um maior tempo para sua realização.

No primeiro dia de aplicação em 02 de maio de 2018, antes do início da atividade, os alunos foram organizados em quatro grupos e foi pedido a eles que nomeassem o grupo conforme suas características. Logo, os quatro grupos obtidos foram: Picasso, Deltas, Negritos e La Coruña.

Na sequência, os grupos assistiram aos vídeos para que posteriormente pudessem responder o questionário proposto (p. 33). Neste momento, eles foram orientados a prestar bastante atenção, principalmente em detalhes que poderiam passar despercebidos e eram importantes para a compreensão das atividades posteriores.

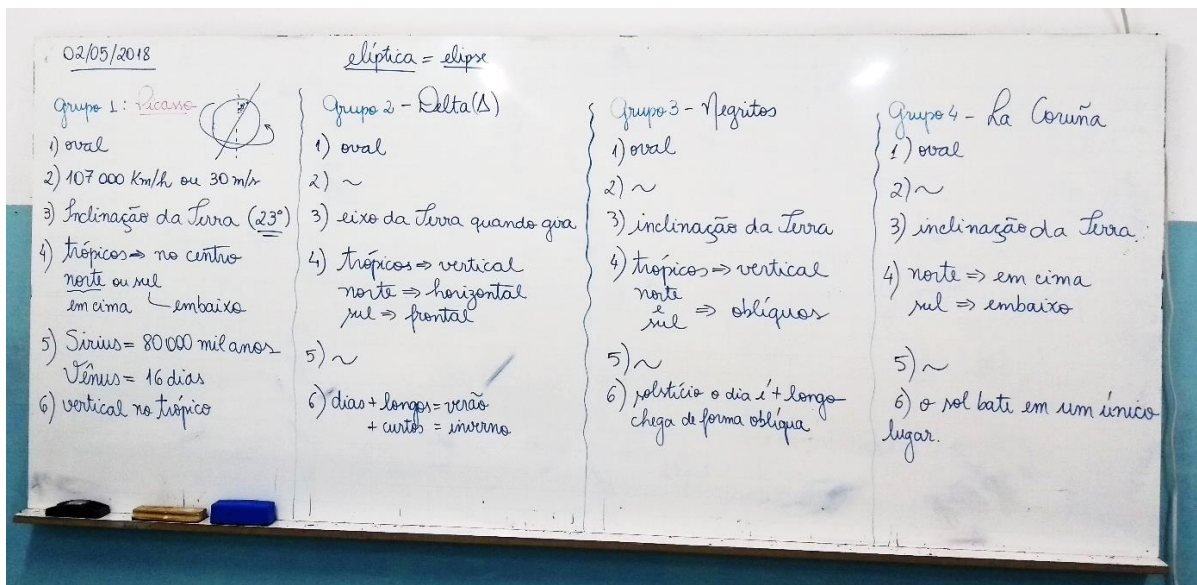
Após a exibição dos vídeos, os grupos receberam o questionário, discutiram e responderam as questões, utilizando para isso, aproximadamente, 20 minutos. Durante este tempo, a professora/autora ficou somente observando o que faziam, sem auxiliá-los ou interferir em suas respostas.

Nesta observação notei que três grupos, menos o grupo Picasso,

tentavam consultar o caderno afim de auxiliar nas respostas das questões. Neste momento, questionei o porquê deles estarem fazendo isso e eles responderam que tinham estudado sobre o solstício nas aulas de Geografia, lecionadas pela professora Gisele, no bimestre anterior e queriam ter certeza que suas respostas estavam escritas de maneira correta. O grupo que não fez consultas foi porque era composto parcialmente de alunos da segunda série, e, portanto, não tinham esse material sobre este conteúdo, e os outros componentes da primeira série eram de turma onde professor da disciplina de Geografia era outro e não havia abordado esse tema em sua sala de aula. Além disso, alguns grupos pediram para voltar o vídeo, pois não conseguiram anotar dados importantes como a velocidade de translação da Terra.

Afim de analisar as respostas coletivamente, cada grupo anotou as respostas na lousa, como pode ser observado na Figura 6. A transcrição destas respostas foi realizada pela professora para agilizar o processo e por conta da timidez dos membros dos grupos que não queriam ir na lousa, como foi planejado inicialmente. As questões 7 e 8 foram discutidas oralmente, pois não havia espaço disponível na lousa para transcrevê-las.

Figura 6 - Foto da lousa com as respostas dos grupos (o sinal ~ foi usado como resposta equivalente)



Fonte: arquivo da professora.

Para sintetizar e ajudar na análise da primeira atividade, os dados foram tabelados pelo desempenho dos grupos. Os resultados se encontram na Tabela 1:

Tabela 1 - Composição de erros e acertos, por grupo, da atividade 1

Questões	1	2	3	4	5	6	7	8
Acertos/Grupo	4	4	4	1	4	4	4	2
Erros/Grupo	0	0	0	3	0	0	0	2

Fonte: arquivo da professora.

Como pode ser observado, as dificuldades encontradas pelos alunos durante a discussão dessa atividade foram na questão 4, onde somente o grupo Negritos acertou a maneira que os raios solares atingem a Terra nos trópicos e nos hemisférios norte e sul (Figura 7a). Já os outros grupos tiveram dificuldades em descrever como que eram esses raios (Figura 7b), por conta de vocabulário ou mesmo porque não compreenderam o que foi explicado no vídeo.

Figura 7 – Resposta considerada como correta do grupo Negritos (a) e considerada errada do grupo Picasso (b)

4) do forma vertical. do forma obliqua, de forma obliqua.
 as direções verticais

a) Negritos

4- No hemisfério norte em cima, no sul em baixo e no trópicos no centro

b) Picasso

Fonte: arquivo da professora.

Por mais simples que essa questão possa parecer, ela é extremamente importante para introduzir as ideias e os conceitos das atividades posteriores, pois a maneira que os raios solares atingem a Terra são a base para compreender o porquê a localização no globo influencia na determinação das horas neste instrumento milenar. Por este motivo, durante o trabalho coletivo, foi dada maior ênfase a esta questão, mostrando novamente a parte do vídeo sobre o assunto de modo a explicar o que realmente ocorre e a relevância da inclinação da Terra que está relacionado a questão 3.

A segunda questão que os alunos apresentaram uma maior dificuldade foi a de número 8, onde metade dos grupos não compreendeu o significado das noites brancas no hemisfério norte, em consequência da inclinação da Terra. As noites são chamadas de “brancas”, antes e após o solstício, pois, nesta época o Sol

não chega a se pôr completamente ficando abaixo do horizonte, ou seja, as noites permanecem claras, sem a divisão exata do dia e da noite. Esse erro está diretamente relacionado a questão 4, pois todas noites brancas somente ocorrem devido a maneira que os raios solares atingem a Terra em determinadas épocas do ano e somente próximo aos polos. Por outro lado, o grupo Negritos também acertou essa questão juntamente com o grupo Picasso. Já o grupo Deltas, chegou próximo a resposta, relacionando o fato ao giro da Terra, mas se equivocaram ao descrever que o Sol “não aponta” para o hemisfério norte, pois se ele não estivesse lá não teria motivos de ocorrer as noites brancas.

Figura 8 - Questão 8: Análise correta dos grupos Negritos e Picasso (a) e dos erros dos grupos Deltas e La Coruña (b)

a) Acertos	
Negritos:	8) Porque nunca chega a escurer totalmente
Picasso:	8- fica até claro
b) Erros	
Deltas:	8) É que ele giram de um momento que o sol no oposto para ele.
La Coruña:	8) A Terra orbita ao redor do sol num período de 365 dias

Fonte: arquivo da professora.

Todas as outras questões, os grupos compreenderam de forma satisfatória para aquele momento, sendo o que mais chamou atenção, foram as respostas à questão 1, pois todos os grupos utilizaram a palavra “oval” para explicar o que era a elipse (órbita elíptica) explicada no vídeo, sendo que o grupo Deltas acrescentou que se tratava de uma “órbita oval não perfeita”, como pode ser observado na Figura 9. Durante a análise feita com os grupos na lousa, introduzi a palavra e o conceito informal de elipse (o conceito um pouco mais aprofundado foi realizado na segunda atividade), tanto que os grupos anotaram em sua folha, ao lado de suas respostas, a palavra até então desconhecida.

Figura 9 - Respostas dos membros dos grupos a questão 1

Negrítos: 1) círculo oval / elíptica

Picasso: 1- formato oval / elíptica

Deltas: ① Círculo / oval. Porque, do que em um círculo, porém, um círculo oval, não é perfeito. (Elíptica)

La Coruña: 4- Oval.

Fonte: arquivo da professora.

Das habilidades relacionadas inicialmente em Matemática, todas foram trabalhadas, nesta 1ª atividade, de maneira superficial durante a aula e serão aprofundadas conforme a necessidade de compreensão do problema proposto nas próximas atividades. Já as habilidades de Física e Geografia também foram abordadas no mesmo nível e serão motivo de aprofundamento posterior, apesar de que a primeira habilidade de Física (“Reconhecer características comuns aos movimentos e sistematizá-las segundo trajetórias, variações de velocidade e outras variáveis”) já estar sendo trabalhada com os alunos da 1ª série desde o início do ano, durante as aulas regulares.

Essa atividade proporcionou aos alunos relacionar os conhecimentos vistos no vídeo com situações já estudadas, dentro das três disciplinas e de seus cotidianos, o que aguçou, ainda mais, a curiosidade deles. O interesse pelo assunto foi tanto que vários alunos ficaram além do horário previsto conversando sobre o tema e discutindo o que havia sido visto durante a aula.

Cabe ressaltar que este grupo de alunos não está habituado com o método de resolução de problemas nas aulas de Matemática, tanto que no início, houve estranhamento por parte deles, quando não teve a “tradicional aula teórica” ou “as explicações sobre os fenômenos após o vídeo”. Já em Física, essa metodologia é trabalhada, mas limitada pelo número de aulas semanais, pois, quando os alunos chegam na primeira série do Ensino Médio, além das poucas aulas, o trabalho com Resolução de Problemas tem que ser feito aos poucos, paulatinamente, e eles não conseguem entender já que não viram essa maneira de trabalho no Ensino Fundamental.

Mais espanto ainda foi causado, ao final da atividade, quando

mencionei que o importante era a compreensão dos conceitos trabalhados, as discussões e análise desenvolvidas, do que simplesmente um resultado numérico correto e não compreendido, que infelizmente, é a prioridade de muitos professores da área. Completei dizendo que o conhecimento também pode ser construído a partir do erro, chegando-se, embora um pouco mais lentamente, a real compreensão das bases conceituais necessárias para a construção de um Relógio de Sol.

No segundo dia de aplicação do projeto de pesquisa, em 03 de maio, antes de se iniciar a atividade prevista, retomamos as principais indagações e conclusões da análise do dia anterior, deixando ciente aos alunos que não participaram do primeiro dia, o que foi realizado e discutido no encontro, bem como o vídeo a ser apresentado nesta segunda atividade.

Após a retomada inicial, os grupos se reuniram e assistiram ao terceiro vídeo sobre O Sistema Gravitacional e o eixo da Terra. Diferentemente da primeira atividade, as questões (p. 35) foram divididas em quatro blocos, sendo três com duas questões e um com questão única. Para manter a imparcialidade no processo, esses blocos foram escolhidos aleatoriamente pelos grupos.

Novamente, com o bloco selecionado em mãos, cada grupo teve aproximadamente 20 minutos para discutir e analisar a(s) pergunta(s) proposta(s), enquanto a professora mediava, quando solicitada, através de pistas indiretas. Ou seja, sempre elaborando uma nova pergunta para ampliar o raciocínio dos alunos e, eles mesmos, responderem sozinhos o que estava sendo questionado. Ao final, cada grupo elegeu um aluno para ler as questões e explicar, ao restante da turma, a respostas que seu grupo havia chegado. Os outros grupos após ouvirem a resposta fornecida, acrescentaram ou retiraram algo que havia sido dito inicialmente.

Diferentemente da atividade anterior, desta vez, houve menos timidez devido ao entrosamento da turma e porque, por vontade própria, os alunos decidiram criar um grupo nas redes sociais (Whatsapp) para que pudessem comentar e se programar para as próximas aulas.

Os grupos não tiveram grandes dificuldades de compreenderem o que estava sendo explicado no vídeo, pois observando o contexto da maioria dos alunos (primeira série), os conceitos desenvolvidos nas questões estavam estritamente relacionados as habilidades da Física que estavam sendo trabalhadas, naquele momento, no período regular das aulas. Logo, isso fez com que eles

argumentassem com mais facilidade sobre o tema, sendo necessário somente a formalização da teoria envolvida e os conceitos matemáticos necessários para compreendê-la.

No segundo momento, a fim de formalizar os conteúdos explorados nas sete questões, a professora utilizou da aula expositiva com slides para explicar cada um dos seguintes conceitos:

- O conceito formulado por Isaac Newton sobre a Gravitação Universal e sua equação para seu cálculo. Através de um exemplo se demonstra que esta força só se torna relevante quando existe envolvimento de grandes massas e que esta é de extrema importância para a compreensão, por exemplo, da formação das marés (tema também estudado em Geografia);
- Definição do conceito de luz, seus diferentes tipos de fonte e seus feixes (para compreender porque os raios solares chegam paralelamente a Terra). Os três princípios básicos da Óptica Geométrica para compreender a formação da sombra (ocasionada por objeto opaco sem passagem de luz) também são de extrema relevância para a leitura das horas no relógio solar, e de penumbra (quando há passagem parcialmente da luz);
- As três Leis de Kepler que explicam o movimento dos planetas em torno do Sol. Essas leis mostram a relação existente entre elas e algumas ideias abordadas nos três vídeos assistidos, como, por exemplo: a órbita dos planetas serem elípticas (algumas com excentricidade pequena); que o segmento imaginário que une o planeta ao Sol sempre, ao longo de sua órbita, varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais; e que existe uma relação entre o período orbital e a distância dos planetas a partir do Sol.

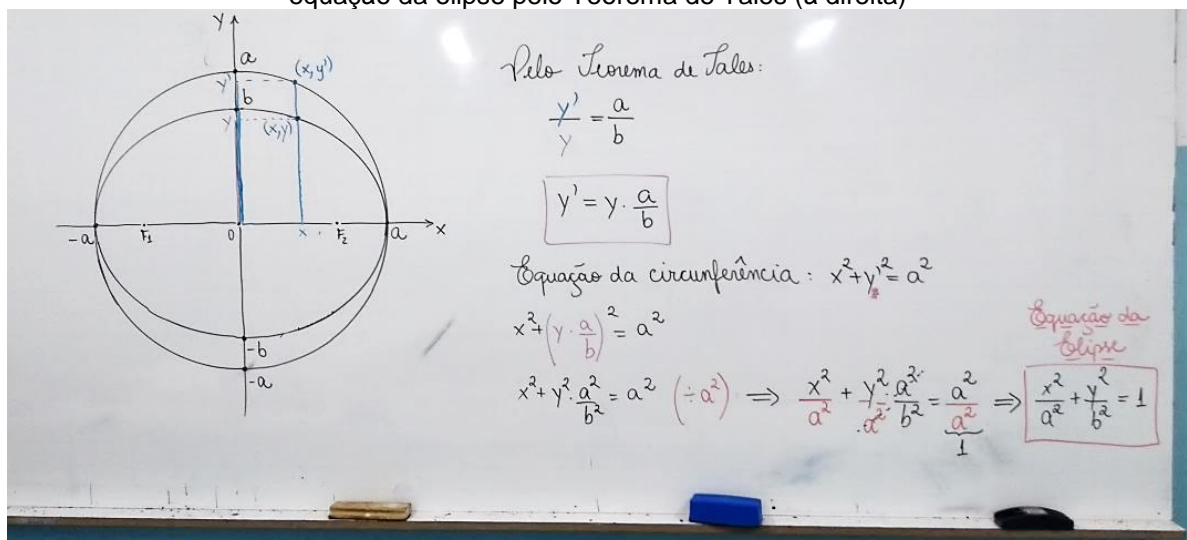
Partindo do que foi visto nas Leis de Kepler, da perspectiva matemática, os alunos construíram inicialmente uma circunferência, utilizando para isto um compasso adaptado, e da definição de Lugar Geométrico da circunferência, que afirma que “todos seus pontos equidistam de seu centro fixo na medida do seu

raio”. Utilizando-se do mesmo fio do compasso adaptado, só que agora fixando suas duas extremidades em dois pontos (focos), desenhamos uma elipse, de modo que o eixo maior corresponda a medida do diâmetro da circunferência traçada inicialmente. Após sua construção, simplificada por falta de tempo, foi explicado aos alunos que o Lugar Geométrico da elipse são “todos os pontos cuja a soma das distâncias de cada um deles aos focos é sempre uma constante e igual ao semieixo maior”.

Os alunos observaram, após as construções das duas curvas, que suas excentricidades são o que as diferem. Ou seja, enquanto na circunferência sua excentricidade vale 1, na elipse esta será sempre menor que 1.

Para que eles compreendessem qual seria o caminho percorrido por um planeta em uma elipse, a professora deduziu na lousa, analiticamente, através do Teorema de Tales (já conhecido por todos) a equação de uma elipse, com centro no ponto (0, 0). Para tanto, fez-se necessário, conceituar a equação da circunferência e mostrar o feixe de paralelas na figura para que os alunos pudessem compreender o que estava sendo desenvolvido. Nesta parte, a dificuldade foi maior por parte deles, pois não estão habituados a ver demonstrações de fórmulas utilizando somente letras, pois na maioria das vezes, o professor de Matemática somente apresenta a fórmula sem demonstrá-la, e isso acarretou mais tempo de aula, o que não estava previsto inicialmente. Portanto, ao final da aula, os alunos que puderam permanecer por mais tempo em sala de aula, suas dúvidas foram sanadas.

Figura 10 – Construção geométrica da circunferência e da elipse (à esquerda) e a demonstração da equação da elipse pelo Teorema de Tales (à direita)



Fonte: arquivo da professora.

Além disso, foram entregues a cada aluno o texto “À luz das sombras” (ver Anexo A) com a contextualização e a importância da sombra e do relógio do sol para a história da humanidade. Este texto será discutido no início da última atividade antes de iniciar a construção do relógio solar.

Das habilidades trabalhadas e relacionadas com esta atividade em Matemática e em Física, todas foram trabalhadas. Já a habilidade de Geografia, foi abordada mais superficialmente, pois seu aprofundamento será dado na atividade 3.

A terceira atividade teve sua aplicação na semana seguinte, no dia 08 de maio.

Como ocorrido na segunda atividade, o trabalho teve início retomando as dúvidas dos alunos sobre a dedução da equação da elipse, enquanto aguardávamos a professora Gisele para a atividade. Neste instante, os membros mais curiosos do grupo Negritos questionaram o porquê não podemos considerar a órbita da Terra como sendo uma circunferência, recordando o trecho do vídeo onde se afirmava que a excentricidade é muito pequena.

A partir deste questionamento, foi explicado, pela professora, que a excentricidade depende da distância entre os focos da elipse. Mais do que isso, para calculá-la basta fazer a razão entre esta e o eixo maior da elipse, e que no caso da órbita da Terra esse valor é muito pequeno, logo se aproxima mesmo de uma circunferência, onde a distância focal é praticamente nula. Portanto, ao menos, aparentemente, os dois focos se sobrepõem, resultando no centro de uma circunferência.

A fim de complementar o tema, foi sugerido que os alunos consultassem o livro didático Física da 1ª série adotado pela escola, onde Bonjorno et al (2016, p. 205) trazem uma tabela com os dados atualizados sobre os planetas e suas respectivas excentricidades de suas órbitas em torno do Sol, bem como, o período orbital em anos terrestres (T), a distância do planeta ao Sol (R) e relacionando a terceira lei de Kepler. Veja a Tabela 2:

Tabela 2 - Dados orbitais dos planetas

Dados atuais	Planeta	Excentricidade da órbita	T (anos terrestres)	R (10 ⁶ km)	$\frac{T^2}{R^3}$
Planetas visíveis a olho nu, conhecidos por Kepler	Mercúrio	0,2056	0,241	57,91	$2,99 \cdot 10^{-25}$
	Vênus	0,0067	0,615	108,20	$2,99 \cdot 10^{-25}$
	Terra	0,0167	1,0	149,60	$2,99 \cdot 10^{-25}$
	Marte	0,0935	1,881	227,94	$2,99 \cdot 10^{-25}$
	Júpiter	0,0489	11,862	778,33	$2,98 \cdot 10^{-25}$
	Saturno	0,0565	29,457	1429,40	$2,97 \cdot 10^{-25}$
Descobertos por meio de telescópios potentes (portanto, posteriores a Kepler)	Urano	0,0457	84,011	2870,99	$2,98 \cdot 10^{-25}$
	Netuno	0,0113	164,79	4504,4	$2,97 \cdot 10^{-25}$

Fonte: adaptado de Bonjorno et al (2016, p.205)

Depois deste primeiro momento, a professora Gisele iniciou sua parte na sequência de atividades ao ar livre no pátio da escola. Desse modo ficava mais simples para os alunos localizarem as referências dadas em relação a região onde a escola está inserida e auxiliava na observação da posição relativa do Sol naquele momento. Na opinião da professora Gisele e na minha, o mínimo que os alunos devem saber é compreender o local onde vivem e como se localizar em sua cidade, porque a partir disso fica mais simples a compreensão do resto do país e do mundo.

Para isso, utilizou de elementos da vida cotidiana dos alunos, por exemplo, ao falar que o Sol nasce a leste e se põe a oeste, devida a movimentação relativa do Sol por conta da rotação da Terra. Ela observou que o nome de um bairro próximo à escola chamado Jardim do Sol, onde vários de nossos alunos moram, foi assim nomeado devido ao nascer do Sol, logo este está localizado a Leste. Do mesmo modo, a Unidade de Pronto Atendimento (P.A) da Rua Coronel Nogueira Padilha, é conhecida como P.A. da Zona Leste. Similarmente, o P.A. localizado na avenida General Carneiro se encontra a oeste, e por este motivo o local também é chamado de P.A. da Zona Oeste, onde o Sol se põe.

Estes exemplos, ressaltados por ela, foram para mostrar a importância dos pontos cardeais na cidade, pois ela está dividida em zonas que recebem o nome de norte, sul, leste e oeste. Então, saber se localizar em Sorocaba é aprender a essência dos conceitos que norteiam a Geografia.

Com essa pequena introdução, os alunos formaram novamente os grupos para a primeira atividade prática da construção da bússola, pois é um instrumento básico que auxilia na localização do pontos cardeais estudados. Porém, os alunos foram alertados que existem pequenas divergências em relação aos polos magnéticos e geográficos da Terra, pois, apesar de serem nomeados iguais, eles divergem em sua localização. Tal divergência é da ordem de $11,5^\circ$ do eixo terrestre, e isto fará diferença na fixação do relógio de sol da atividade 4.

Durante a montagem da bússola, os alunos compreenderam que a agulha imantada sempre aponta para o mesmo lugar, o norte magnético. Observaram também que o norte magnético é diferente do norte geográfico estudado no início da atividade.

Figura 11 – Os alunos desenvolvendo a atividade 3 na Área de Luz/ Canto de Leitura da escola



Fonte: arquivo de imagens da professora.

Concluída a primeira parte prática da terceira atividade, a turma foi dividida em dois grandes grupos: o primeiro que executou do desenho da rosa dos ventos, aplicando os conceitos estudados, e o segundo que desenhou o mapa-múndi planificado, com os paralelos e meridianos, assim como serão introduzidos os conceitos de latitude e longitude, que são também de extrema importância para o funcionamento do relógio de sol. Esses desenhos foram realizados com material permanente para que outros alunos possam utilizá-los em anos futuros.

Diferentemente do planejado inicialmente, os alunos desenharam a rosa dos ventos, mas não haviam notado que após determinado horário a sombra do prédio atingia o desenho, logo este não pode ser utilizado na hora da fixação do relógio construído posteriormente.

O grupo responsável por esta parte foi orientado pela professora/autora a fazer as retas perpendiculares (Norte-Sul, Leste-Oeste) utilizando os conceitos de desenho geométrico, até então desconhecidos para os alunos. Para tanto, eles traçaram o segmento de reta Leste-Oeste e com o mesmo compasso adaptado da atividade anterior. Foi explicado aos alunos como se faz para traçar a mediatriz de um segmento de reta, obtendo assim um segundo segmento de reta perpendicular ao primeiro, tratando-se, conseqüentemente, direção Norte-Sul.

Com o auxílio da professora Gisele, os alunos terminaram de traçar os pontos colaterais. Primeiramente, o desenho foi feito a giz e depois foi finalizado com tinta nas cores laranja e preto (Figura 12).

Figura 12 - Montagem da rosa dos ventos feita pelos alunos no pátio da escola



Fonte: arquivo de imagens da professora.

Enquanto isso, o restante da turma traçou, também no pátio da escola, as bases para o mapa-múndi, ou seja, o equador terrestre e o meridiano de Greenwich (longitude zero).

A princípio a professora Gisele que determinou o local e o tamanho que deveria ser traçado o equador, com base no mapa da atividade do Anexo B. Após os alunos traçarem esse segmento de reta, surgiu um problema que já havia sido previsto no planejamento, na escola não havia nenhum instrumento de medição, grande o bastante, para que eles (alunos) pudessem mensurar e dividir o segmento

que representa o equador terrestre em partes iguais. Esta foi a possibilidade de introduzir a utilização de um novo instrumento geométrico, ou seja, a utilização de uma reta auxiliar para dividir, em partes iguais, qualquer segmento de reta já fornecido anteriormente.

A reta auxiliar foi traçada pelos alunos com o auxílio da professora/autora utilizando-se de uma fita crepe e, novamente, com o compasso utilizado anteriormente, dividimos essa reta em 37 partes iguais (Figura 13a). Ainda com fita crepe, eles conectaram a última divisão da reta auxiliar ao final do segmento do equador, traçando segmentos paralelos nas outras divisões realizadas e marcadas (Figura 13b e 13c). Feito isso, marcaram com tinta spray preta as 37 divisões do equador (Figura 13d), localizando a longitude zero.

Figura 13 - Etapas da divisão do equador por uma reta auxiliar



Fonte: arquivo imagens da professora.

Utilizando o mesmo conceito de mediatriz, usado no traçado da rosa dos ventos, traçou-se um segmento de reta perpendicular, ou seja, aquele que passa pela longitude zero, o meridiano de Greenwich. Por falta de instrumentos adequados para a tarefa de traçar o mapa-múndi no tamanho requerido, ao se desenhar essa reta, a mesma ficou um pouco torta. Porém, os alunos ao perceberem o problema, o corrigiram e o traço foi então feito de forma permanente.

Figura 14 - Traçando o meridiano de Greenwich



Fonte: arquivo de imagens da professora.

Infelizmente essa atividade não foi totalmente concluída por falta de material para desenhar o mapa.

Em relação às habilidades descritas no planejamento, todas foram trabalhadas em sua totalidade. Sendo que a terceira habilidade de Matemática e a segunda habilidade de Geografia foram estruturadas e trabalhadas afim que os alunos pudessem concluir esse entendimento em casa ao realizar a atividade proposta de localização no mapa de latitude e longitude (Anexo B) e a pesquisa da latitude e longitude da escola através da internet ou GPS.

Também foi disponibilizado aos alunos mais curiosos, o texto “A Matemática do GPS” (ver Anexo C), que explica como é realizado matematicamente o cálculo da localização planetária de um ponto qualquer do globo terrestre atualmente.

A quarta e última atividade desta sequência didática foi realizada nos dias 09 e 10 de maio passado, ocupando um tempo maior que o previsto, como já mencionado.

No primeiro dia, os grupos ficaram responsáveis por montar o gnômon e o mostrador do relógio de sol, além de desenhar e recortar os pedaços para a montagem da base do Relógio de Sol, feita em folha de isopor. Neste dia houve a participação do orientador desse TCC, o Professor Geraldo, bem como de um outro docente de matemática da escola.

Antes do início da atividade, retomamos o texto “À luz de sombras” e os conceitos da atividade anterior.

Sobre o texto, todos os alunos chamaram a atenção a um fato histórico relatado sobre os romanos. Consta da história que os romanos passaram 99 anos seguindo as horas erradas, pois o Relógio de Sol público de Roma, instalado em 264 a.C., que foi furtado da Sicília, os romanos não sabiam que sua base deveria ter inclinação igual à da latitude onde este seria instalado. Conseqüentemente, não levaram isso em consideração quando o instalaram e, portanto, tal relógio registrava as horas incorretamente.

Neste momento, a professora consultou os alunos que realizaram a pesquisa pedida no final da aula anterior e o valor encontrado para a latitude da escola foi de $-23,5062^\circ$, não divergindo do valor de latitude atribuída a cidade de Sorocaba.

Para ilustrar onde seria utilizado este dado, bem como a montagem que devia ser realizada, foi exibido aos alunos o vídeo “Relógio de Sol com garrafa pet” do Manual do Mundo. No vídeo, os alunos puderam observar algumas explicações acerca dos conceitos e habilidades trabalhadas nas atividades anteriores, além de mostrar os passos a serem seguidos durante a montagem. Ao final da exibição foi explicado que a parte da fixação do Relógio de Sol só poderia ser realizada no dia seguinte devido as etapas que a compunham.

Primeiramente, os membros dos grupos construíram o mostrador das horas, feito de uma tira de papel sulfite, como explicado no planejamento (p. 47). A dificuldade desta parte surgiu no momento de fazer a divisão em doze partes iguais, pois eles não sabiam manipular o compasso, a régua e o esquadro para aplicar o que foi aprendido, apesar dos alunos terem realizado essa técnica de divisão de segmento no dia anterior.

A professora/autora explicou ainda como traçar a reta auxiliar e fazer suas divisões iguais utilizando o compasso. Cabe ressaltar que o Professor Geraldo participou deste momento auxiliando na explicação de como manusear os esquadros para obtenção de retas paralelas, além de posteriormente ajudar a furar as garrafas para a passagem do fio do gnômon.

Com as garrafas furadas, cada grupo construiu o seu próprio gnômon passando o barbante pelos furos. Esta etapa também foi complicada, pois o

barbante por ser leve não passava com facilidade por dentro da garrafa fazendo com que cada grupo criasse uma estratégia diferenciada para a sua execução.

Figura 15 - Montagem do gnômon e fixação do mostrador na garrafa.



Fonte: arquivo de imagens da professora.

Faltava somente a construção da base de apoio do relógio e logo os alunos apresentaram uma nova dificuldade, manipular o transferidor. Pois, apesar de saberem construir um triângulo retângulo, eles não estão acostumados a fazer essa construção a partir de um ângulo agudo dado. Logo, a professora tentou sanar essa dificuldade, mostrando como fazer esta medição e mostrando que o valor a ser utilizado era a latitude encontrada na pesquisa.

Cortadas as partes da base e após a sua montagem, fixou-se o relógio de sol montado nesta rampa com o auxílio de uma fita adesiva. Neste instante, a professora/autora ressaltou a importância da inclinação da rampa, pois o gnômon estando em paralelo com a rampa também está em paralelo ao eixo de inclinação terrestre, tendo em vista que esta rampa possui um ângulo de inclinação igual ao da latitude local, isto é, da escola ou da cidade de Sorocaba. Isto garantirá que a observação seja condizente as horas reais, salvo nas épocas de horário de verão.

Figura 16 - Etapas realizadas pelos alunos durante a construção base do relógio de sol



Fonte: arquivo de imagens da professora.

Particularmente, creio que as dificuldades dos alunos em manusearem os instrumentos geométricos como compasso, régua, esquadro e transferidor, estejam intimamente relacionados às dificuldades dos professores de matemática de trabalharem com a geometria e seus instrumentos. Via de regra, muitos professores de matemática evitam trabalhar com conceitos e instrumentos geométricos por pura inabilidade ou falta de formação adequada, gerando com isso, dificuldades similares em seus alunos.

Já no segundo dia, a atividade foi dividida em dois períodos devido aos cálculos para a fixação do Relógio de Sol, para se proceder com a correta leitura das horas. O primeiro período de atividade ocorreu durante o horário regular de aula, quando se deu início a marcação do segmento Leste-Oeste, através da determinação do comprimento da sombra de uma haste fixada perpendicularmente ao solo.

Com a autorização da coordenação da escola, os alunos participantes da atividade foram retirados de sala de aula, por um período de 15 minutos, antes do horário do intervalo, para fazerem a primeira marcação da sombra da haste em um local previamente determinado pela professora/autora. Esta marcação realizada pelos alunos determinou o Oeste, e com a montagem do compasso adaptado, foi traçada uma circunferência, sendo o seu centro a base da haste e o seu raio o tamanho da sombra projetada naquele primeiro instante da atividade.

Figura 17 - Sombra da haste projetada no chão, à esquerda; a marcação do tamanho da sombra feita pelos alunos, no centro; e traçando a circunferência de mesmo raio do tamanho da sombra, à direita.



Fonte: arquivo de imagens da professora.

No segundo período, ou seja, no contra turno, concluiu-se a marcação iniciada no período da manhã, quando a sombra da haste voltou a ter o mesmo comprimento observado pela manhã. Isso feito, fixou-se o Relógio de Sol na rampa da base, a qual foi posicionada no sentido Norte-Sul, sendo que a parte baixa da rampa foi direcionada para o Norte. Após, verificou-se o correto funcionamento do relógio.

A professora explicou que agora bastava aguardar a sombra da haste atingir novamente a circunferência para realizar a segunda marcação determinando o Leste. Para isso, os membros dos grupos, após as aulas regulares, ficaram revezando na observação até que o fato ocorresse. Enquanto isso, os grupos que não haviam terminado, finalizaram a montagem do Relógio de Sol.

Após a sombra atingir a circunferência, os alunos realizaram os mesmos procedimentos do desenho da rosa dos ventos, ou seja, traçaram o segmento de reta Leste-Oeste e através da sua mediatriz, traçaram a reta perpendicular Norte-Sul.

Figura 18- A sombra da haste alcança a circunferência a tarde, à esquerda; traçando o segmento Leste-Oeste, no centro; e traçando a mediatriz, à direita.



Fonte: arquivo de imagens da professora.

Com isso, os grupos foram orientados a fixarem seus relógios de sol paralelamente a reta Norte-Sul, de modo que o início da rampa ficasse voltado para o norte, e que o gnômon projetasse sua sombra naquele horário, às 14 horas, nem que fosse necessário alterar sua fixação na rampa.

Figura 19 - Relógio de sol finalizado, à esquerda, e relógios fixados na reta Norte-Sul, à direita.



Fonte: arquivo de imagens da professora.

O único que não fez essa fixação foi o grupo Deltas, pois eles erraram a montagem da base só percebendo isso no dia seguinte e não havia tempo hábil para a confecção de uma nova base.

Para verificar o funcionamento dos três relógios de sol fixados, tivemos

que aguardar próxima hora inteira, pois o relógio construído não possui divisão de minutos.

Os grupos verificaram a eficácia da montagem quando observaram a sombra do gnômon exatamente na divisão das 15 horas. Porém, não existe registros fotográficos deste momento porque na sequência ocorreu um forte vento no local e os relógios foram deslocados (a fita que fixava o relógio ao chão descolou devido a base ser muito leve).

Em relação as habilidades descritas no planejamento, todas foram trabalhadas em sua totalidade, até porque elas já vêm sendo desenvolvidas progressivamente desde a primeira atividade, sempre aumentando o nível de aprofundamento.

Com a conclusão da Sequência de Atividades Didáticas, a professora/autora e os alunos participantes do trabalho foram unânimes em afirmar que gostaram de ter participado da experiência, pois as atividades fugiram do tradicionalmente realizado nas aulas de Matemática e que estavam disponíveis a concluir o desenho do mapa assim que tivesse material disponível (o que não ocorreu até este momento).

Com o acima exposto, fica concluída a apresentação e discussão dos resultados observados durante a aplicação da Sequência de Atividades Didáticas planejada, elaborada e implementada junto aos alunos das 1ª e 2ª séries do Ensino Médio que participaram ativa e espontaneamente desta pesquisa, em nível de TCC.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na introdução deste TCC, foram definidos três objetivos de investigação. Foram eles:

1º) Analisar e discutir como um tema interdisciplinar pode ser trabalhado com alunos do Ensino Médio;

2º) Analisar e discutir por que uma estratégia de trabalho baseada na Resolução de Problemas e no desenvolvimento de habilidades auxilia neste trabalho interdisciplinar;

3º) Analisar como e por que o trabalho de investigação, ora proposto, contribui para a formação desta futura professora de matemática.

Dos conceitos definidos de Interdisciplinaridade, Habilidade e Sequência de Atividades Didáticas, bem como, da definição da estratégia de ensino e aprendizagem baseada na Resolução de Problemas, descritos no Capítulo 2; do planejamento da Sequência de Atividades Didáticas apresentada no Capítulo 3; e, finalmente, do relato da implementação dessa Sequência em alunos das 1ª e 2ª séries do Ensino Médio, da E. E. “Professor Aggêo Pereira do Amaral” de Sorocaba/SP, as principais considerações finais, a respeito dos três objetivos de investigações propostos, devem ser assim resumidos:

1º) Quanto à possibilidade de se trabalhar interdisciplinarmente as disciplinas de Matemática, Física e Geografia, com alunos do Ensino Médio, fica inequívoca a contribuição desta abordagem no trabalho desenvolvido neste TCC. Pelos relatos, dados e fotos apresentados, em muito, as três citadas disciplinas contribuíram de forma complementar para a real compreensão dos conceitos, normalmente trabalhados pelas mesmas disciplinas de forma independente. Obviamente, o tema do trabalho (Relógio de Sol) contribuiu significativamente para os bons resultados dos alunos, por suas motivações para a realização das atividades e para os seus comprometimentos para com o trabalho desenvolvido, em um período de contra turno desses estudantes. Mais do que isso, o fato de duas professoras unirem esforços para, em conjunto, implementarem as atividades propostas, em nada subtraiu a importância dos conceitos e de suas reais compreensões, caso os mesmos fossem tratados individualmente em cada disciplina envolvida. Quem dera, numa futura oportunidade de realizar um trabalho similar a este, poderia eu, professora e autora desse TCC, pudesse contar com a

colaboração de não “um”, mas sim de “dois, três ou quatro” professores. Certamente, com um trabalho bem planejado, equilibrado e interdisciplinar, quem sabe, transdisciplinar, os resultados obtidos seriam ainda mais promissores.

2º) Quanto à possibilidade de uma estratégia de trabalho, baseada na Resolução de Problemas e no desenvolvimento de habilidades, auxiliar ou não em um trabalho interdisciplinar, novamente, os resultados desse TCC não deixam dúvidas. O grande problema de se trabalhar com resolução de problemas, qualquer que seja a disciplina envolvida, é a dificuldade de formação de nossos atuais professores. Poucos de nós temos a oportunidade de, em nossas graduações, contar com professores que se dedicam a Resolução de Problemas e ao desenvolvimento de Habilidades. Na grande maioria das vezes, nossos cursos de graduação nos ensinam a resolver questões “rotineiras” e não problemas “não rotineiros”. Mais do que isso, somos ensinados a responder perguntas. Quase nunca a formular perguntas. Se nossas habilidades incluíssem a formulação de perguntas e não simplesmente a responder perguntas, nossa habilidade em ensinar e aprender, qualquer tipo de conhecimento, aumentaria expressivamente. Afinal, o que move o conhecimento são as perguntas e não as respostas. Por que, em um processo de ensino e aprendizado, deveria ser diferente? Se esse processo fosse baseado em perguntas formuladas pelo professor que buscassem conduzir seus alunos na direção do raciocínio desejado, provavelmente, nossos alunos seriam mais intelectualmente independentes. Poderiam analisar, refletir e tomar decisões mais lógica e racionais do que hoje acontece em sociedade, a qual todo Professor, com “p” maiúsculo deve servir.

3º) Quanto a contribuição que o planejamento, elaboração e aplicação desse TCC teve para com a formação desta futura professora de matemática, sei que ela foi enorme. A possibilidade de questionamento que as orientações que tive e a construção desse TCC para com o meu próprio trabalho como Professora de Física, concursada pelo Estado de São Paulo, bem como a possibilidade de implementar algo que sempre acreditei ser possível nas aulas de Matemática, mas que nunca tinha tido oportunidade de desenvolver, são dois pontos fundamentais a serem aqui registrados. A colaboração da professora de Geografia durante boa parte desse processo também me fez refletir que devemos tentar com mais afinco trabalhar “de forma cooperativa” entre os professores de uma mesma escola.

Finalmente, o comprometimento, a alegria, o envolvimento, e o espírito de trabalho em conjunto demonstrado pelos meus alunos que se envolveram neste trabalho me deram um novo ânimo de buscar sempre me aperfeiçoar e aprender para auxiliá-los cada vez mais, na busca pelo conhecimento. Realmente, esta é a única saída para a maioria dos problemas que nosso País insiste em debelar, desde sua descoberta.

Concluindo minhas considerações finais a respeito desse TCC, acredito também ser importante que, após todo o trabalho que desenvolvi, indicar possíveis áreas de continuidade para futuros trabalhos na área de educação matemática e temas como a “Construção do Relógio de Sol”. Indicaria:

- 1) O estudo de funções a partir de aplicações práticas nas áreas da Física, Biologia, Meio Ambiente, Saúde e Energia;
- 2) Tubo de Rubens, também conhecida como Chamas Dançantes, que poderiam envolver conhecimentos de Matemática, Física, Química, Música e Arte;
- 3) Brinquedos de equilíbrio, que poderiam envolver conhecimentos relacionados à Matemática, Física, Educação Física e Arte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. A Matemática do GPS. In: _____. **A Geometria do Globo Terrestre**. Programa de Iniciação Científica da OBMEP. Rio de Janeiro, IMPA, 2007. p. 64 – 70. Disponível em: <<http://www.obmep.org.br/docs/apostila6.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

AMARO, P. B. R. **Construção de um Relógio Solar para o Museu de Ciências Naturais**. 2015. 25 f. Monografia (TCC) – Universidade de Brasília, Planaltina, DF, 2015. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/13837/6/2015_PedroBiralRadicaAmaro.pdf>. Acesso em: 24 set. 2018.

AZEVEDO, S. S. M. **Relógio de Sol analêmico: método pedagógico interdisciplinar**. 2012. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2012. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5657964-Relogio-de-sol-analemico-metodo-pedagogico-interdisciplinar-samara-da-silva-morett-azevedo-universidade-estadual-do-norte-fluminense-darcy-ribeiro.html#show_full_text>. Acesso em: 24 set. 2018.

BESSA, V. H. Teorias da Aprendizagem. In: _____. **Philippe Perrenoud e a Teoria das Competências**. Curitiba: IESDE Brasil S. A., 2008. p. 149 – 156.

BONJORNO, J. R. et al. **Física: mecânica**, 1º ano. 3 ed. São Paulo: FTD, 2016. v.1.

BONJORNO, J. R. et al. **Física: termologia, óptica, ondulatória**, 2º ano. 3 ed. São Paulo: FTD, 2016. v.2.

BRASIL. **Lei 9.394/96**, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). 1996, 76p. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/529732/lei_de_diretrizes_e_bases_1ed.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura (MEC). Secretaria de Educação Fundamental (SEF). **Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília, 1997. 126p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2018.

CARTA da transdisciplinaridade. In: Congresso Mundial de Transdisciplinaridade, 1, 1994, Porto. p. 1-4. Disponível em: <<http://cetrans.com.br/assets/docs/CARTA-DA-TRANSDISCIPLINARIDADE1.pdf>>. Acesso em 08 nov. 2018.

CARVALHO, R. P. **O Globo Terrestre na visão da Física: Leituras complementares para o ensino médio**. Belo Horizonte: Autêntica, 2012.

CIRILO, L. B. **Explorando a construção de calendários no ensino fundamental e médio**. 2017. 189 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, UNESP, São José do

Rio Preto, SP, 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/149904>>. Acesso em: 18 set. 2018.

DIOTTO, M. G. et al. Construção do Relógio de Sol na Semana de Calouros no Campus de Ourinhos-SP. In:_____. **Congresso de Extensão Universitária da UNESP**, 8, 2015, Ourinhos. p. 1-4. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/142030>>. Acesso em: 24 set. 2018.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. In: _____. **Gêneros orais e escritos na escola**. Tradução e organização de Rojo, R; Cordeiro, G. S. Campinas: Mercado de Letras, 2004, p. 95-128.

DOS ANJOS-SANTOS, L. M.; LANFERDINE, P. A. F.; CRISTOVÃO, V. L. P. Dos saberes para ensinar aos saberes didatizados: uma análise da concepção de Sequência Didática segundo o ISD e sua reconcepção na Revista Nova Escola. **Revista Linguagem em (Dis)curso**, Tubarão, SC:, v. 11, n. 2, p. 377-400, maio/agosto, 2011.

FAZENDA, I. C. A. (Org.). **O que é interdisciplinaridade?**, São Paulo: Cortez, 2012.

FAZENDA, I. C. A.. **Interdisciplinaridade: História, Teoria e Pesquisa**. 20. ed. Campinas: Papyrus, 2017.

GOMES, J. P. À luz de sombras. **Superinteressante**, São Paulo, n. 201, jun. 2004. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/a-luz-de-sombras/>>. Acesso em: 3 abr. 2018.

GONÇALVES, R. M. **A Trigonometria e a História de Matemática em sala de aula: uma experiência com a construção de instrumentos de navegação e do relógio de sol**. 2018. 69 f. Monografia (TCC) - Instituto de Matemática e Estatística, Departamento de Matemática Pura e Aplicada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/179421/001068452.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 18 set. 2018.

JAPIASSÚ, H. **O sonho transdisciplinar e as razões da filosofia**. Rio de Janeiro: Imago Editora, 2006.

JAPIASSÚ, H., **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago Editora, 1975.

MICHAELIS: Dicionário da Língua Portuguesa on line. São Paulo: Editora Melhoramentos Ltda., 2019. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

MORAES, E. A. de. **Interface entre História e Ensino de Matemática: um movimento lógico-histórico da medição do tempo e a atividade orientadora de ensino**. 2018. 191 f. Dissertação (Mestrado em Docência para a Educação Básica) - Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, SP, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/153084/moraes_ea_me_bauru.pdf?sequence=3>. Acesso em: 24 set. 2018.

PEREZ, E. P. **Caixa experimentoteca**: uma proposta para o ensino de astronomia. 2015. 79 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente, SP, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/136053>>. Acesso em: 18 set. 2018.

PERRENOUD, Ph. **Dez Novas Competências para Ensinar**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2000 (traduzido para o português de: Dix nouvelles compétences pour enseigner Invitation au Voyage. Paris: ESF, 1999).

POLYA, G. O ensino por meio de problemas. **Revista do Professor de Matemática**, São Paulo, nº 7, p. 11-16, 2º semestre, 1985.

POMBO, O., **A interdisciplinaridade como problema epistemológico e exigência curricular**. Disponível em: <<http://cfcul.fc.ul.pt/biblioteca/online/pdf/olgapombo/interdisciplinaridadeproblema.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2018.

POMBO, O.; LEVY, T.; GUIMARÃES, H. **A interdisciplinaridade**: reflexão e experiência. Lisboa: Editora Texto, 1993.

POMPEU Jr., G.; MONTEIRO, A. **A Matemática e os Temas Transversais (Educação em Pauta: Temas Transversais)**. São Paulo: Editora Moderna, 2001, p. 160.

RAMOS, M. **Faça sua própria bússola!** Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=802&sid=3>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

SÃO PAULO. Secretaria da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias**. Coordenação geral: Maria Inês Fini, Coordenação de área: Luís Carlos de Menezes, 1ª ed. atual., 2011a, 156 p.

SÃO PAULO. Secretaria da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências Humanas e suas tecnologias**. Coordenação geral: Maria Inês Fini, Coordenação de área: Paulo Miceli, 1ª ed. atual., 2011b, 152 p.

SÃO PAULO. Secretaria da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Matemática e suas tecnologias**. Coordenação geral: Maria Inês Fini, Coordenação de área: Nilson José Machado, 1ª ed. atual., 2011, 72 p.

SÃO PAULO. Secretaria da Educação. **Sistema de Avaliação do Rendimento Escolar do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.educacao.sp.gov.br/saresp>>. Acesso em: 23 out. 2018.

WHITEHEAD, A. N. **The aims of Education and other essays**. Nova York: Mentor Books, 1951.

ANEXO A – Texto “À luz de sombras”

GOMES, João Paulo. À luz de sombras. **Superinteressante**, São Paulo, n. 201, jun. 2004. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/a-luz-de-sombras/>>. Acesso em: 3 abr. 2018.

À luz de sombras

No princípio era o medo do escuro. Mas, ao olhar para o sombrio, a ciência viu que na falta de claridade escondem-se respostas para grandes mistérios

Uma mancha negra gigantesca escureceu e apavorou Nova York. Era o ano de 1915 e acabara de ser erguido o primeiro arranha-céu da cidade, o Equitable Building, com 40 andares. A sombra projetada pelo prédio de 166 metros, na época o mais alto do mundo, engolia quatro quarteirões, escurecia edifícios que o cercavam e deixava sem luz até pequenas fazendas que ainda existiam na região. Os nova-iorquinos se enfureceram, temendo que a cidade fosse devorada pelas sombras caso os construtores de Manhattan decidissem seguir o modelo estabelecido pelo Equitable. O protesto dos moradores resultou numa lei que regulamentou a altura das construções. A partir de 1916, com o surgimento de um plano diretor, edifícios passaram a ser projetados com um recuo à medida que os andares ficavam mais altos, levando-se em consideração as sombras que eles não poderiam fazer nos vizinhos – daí a origem da arquitetura característica da cidade, visível em construções como o Empire State Building, que afina quanto mais alto fica.

O episódio da metrópole apavorada pela penumbra descreve bem a má reputação que as sombras carregam. De um eclipse lunar a uma silhueta se esgueirando sobre uma parede, as sombras sempre foram consideradas entidades estranhas, cercadas de mistério, superstição e medo. Na Guerra do Peloponeso, por exemplo, o general ateniense Níeios permitiu que suas tropas fossem capturadas pelos espartanos após se recusar a bater em retirada durante um eclipse lunar. Para os nativos da ilha de Wetar, na Indonésia, se a silhueta de uma pessoa levar um golpe, ela certamente ficará doente nos dias seguintes. Na China, faz-se de tudo para evitar que a sombra caia numa cova

ou caixão aberto. Na África subsaariana, o povo Songhay acredita que a sombra pode ser atacada, roubada e até devorada em algum macabro ritual de bruxaria.

Mas o que exatamente são as sombras? Essa é uma pergunta que nos fazemos desde crianças, quando ainda não somos capazes de respondê-la. Um experimento realizado pelo psicólogo suíço Jean Piaget revelou que a maneira como as crianças percebem as sombras varia de acordo com a idade. A partir de 5 anos, tendem a achar que são feitas do mesmo material que a noite – a escuridão. Depois, entre os 6 e 8 anos, acreditam que sejam objetos materiais. Só mais tarde, a partir dos 9 anos, é que elas percebem que as sombras são fruto da relação entre objetos e a luz. Já é algo muito próximo do que entendemos quando nos tornamos adultos: sombras são áreas escuras onde a luz foi bloqueada. E, apesar do costume de utilizarmos esse conceito apenas quando vemos uma borda entre o claro e o escuro, essa definição pode ser facilmente aplicada à noite, uma enorme sombra que ocupa o céu por cerca de 12 horas do dia.

Bem assombrado

Com um currículo desses, repleto de histórias esquisitas, é fácil ficar com um pé atrás em relação às sombras. Mas, se olharmos mais de perto, talvez a história tenha sido um pouco injusta com elas. Voltemos a Nova York, agora durante a Segunda Guerra Mundial. A cidade que no início do século protestava contra a mancha negra agora tentava se esconder na escuridão. Em 1944, Manhattan precisou apagar suas lâmpadas, incluindo os famosos néons e luminosos da Times Square. É que as luzes do horizonte tinham um brilho tão forte que iluminavam os navios que saíam em direção à Inglaterra, deixando-os vulneráveis aos ataques dos submarinos alemães que espreitavam nos arredores da costa americana.

A verdade é que, longe dos holofotes, as sombras têm sido importantes aliadas do homem há milhares de anos. É o que afirma o pesquisador italiano Roberto Casati, um dos diretores do Centro Nacional de Pesquisa Científica, em Paris.

Em seu livro *A Descoberta da Sombra*, Casati mostra como as sombras nos ajudaram a descobrir de que forma acontecem os eclipses, qual o tamanho da Terra e a distância entre os planetas. “O uso consciente das sombras é feito desde os tempos mais antigos, apesar de serem temidas e de muitos não saberem bem o que elas realmente são”, afirma. Em defesa de seu estranho objeto de estudo, ele lista mais de 30 avanços da matemática, astronomia, geografia e até da pintura possibilitados pelas sombras. “Uma ciência como a astronomia não sobreviveria sem elas”, escreve.

Foi observando um eclipse lunar, por exemplo, que o filósofo grego Aristóteles chegou à conclusão, em cerca de 350 a.C., de que a Terra não poderia ser plana. Aristóteles argumentava que a sombra projetada na superfície da Lua durante os eclipses era sempre curvada e, por isso, o planeta deveria ter um formato esférico. Cerca de 100 anos mais tarde, Eratóstenes, um outro filósofo grego, descobriu que as sombras poderiam medir a circunferência da Terra. Ele observou que, durante o solstício de verão, o sol do meio-dia era refletido no fundo de um poço na cidade de Siene (atual Assuã, no sul do Egito). Eratóstenes vivia em Alexandria, a cerca de 780 quilômetros ao norte, onde trabalhava na famosa biblioteca da cidade, e sabia que lá um obelisco projetava uma pequena sombra no mesmo horário. Utilizando um instrumento conhecido como scaphe – uma espécie de relógio de sol no formato de uma tigela redonda –, o filósofo calculou que a sombra ali projetada cobria 2% da circunferência da tigela. Eratóstenes tinha conhecimento de que a Terra era esférica e concluiu, então, que a distância entre Siene e Alexandria correspondia a 2% da circunferência do planeta. Multiplicando os valores, o filósofo chegou a uma medida de 39 250 quilômetros. Incrivelmente preciso, o resultado ficou muito próximo da medida correta, estimada em 40 070 quilômetros. Nada mau para um cientista que viveu há mais de 2 mil anos.

Sombras do tempo

Além de dar ao homem a medida do espaço em que vivemos, as sombras também nos forneceram a chave para conhecer o tempo. Na Grécia e Roma

antigas, era comum marcar um encontro baseado no comprimento da sombra de uma pessoa. Era algo do tipo: “Te vejo na porta do Coliseu quando nossas sombras chegarem aos 3 metros, pode ser?”. O combinado, é claro, muitas vezes dava errado, já que o comprimento varia de acordo com a altura de cada um. Um baixinho e um grandalhão dificilmente se encontrariam utilizando esse método. As sombras deles chegariam ao comprimento combinado em diferentes momentos do dia.

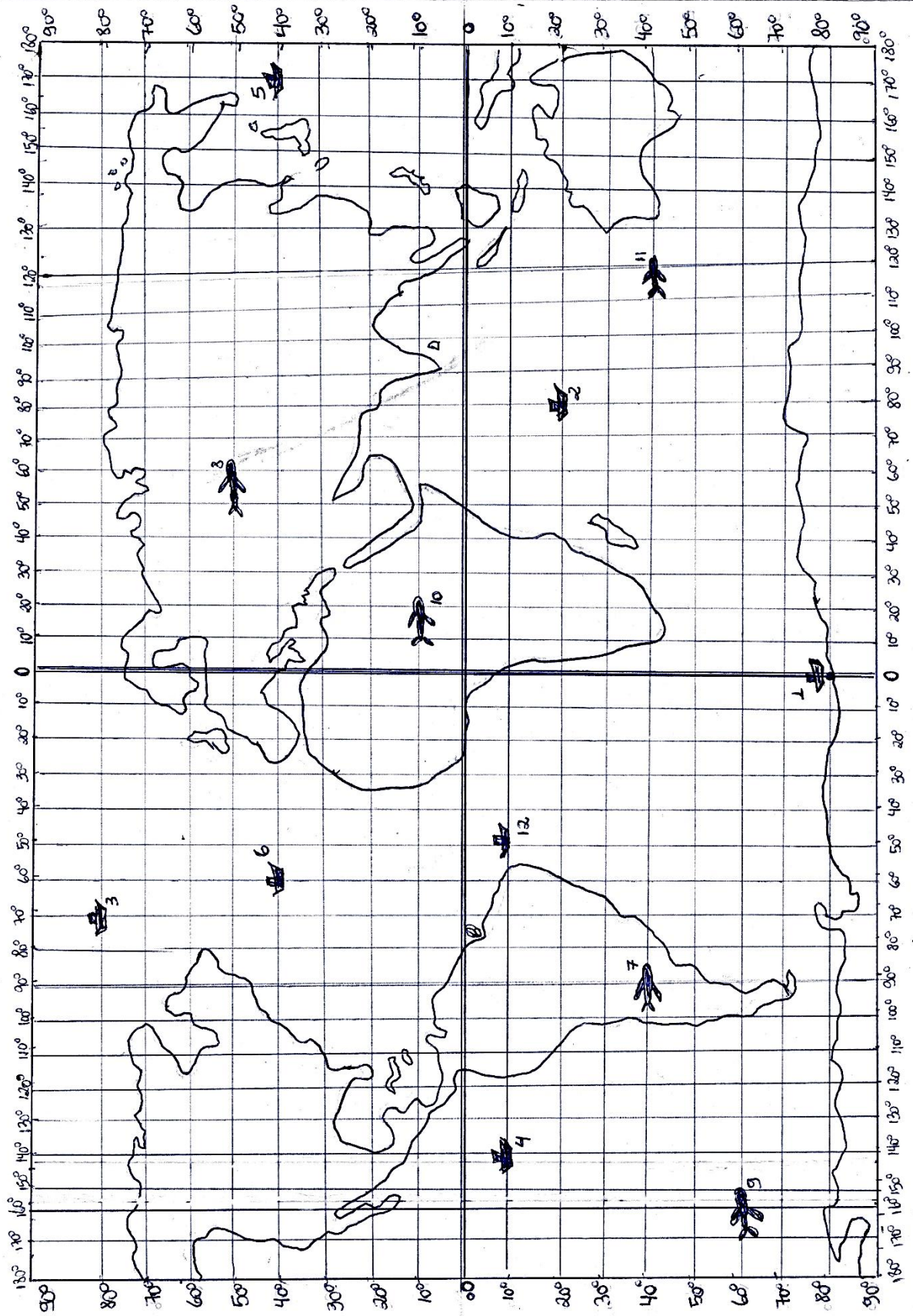
Os romanos, aliás, eram exímios guerreiros e hábeis saqueadores, mas marcar um cineminha com eles devia ser tarefa difícil. O historiador Plínio conta que o primeiro relógio solar público de Roma foi instalado em 264 a.C., trazido da Sicília como parte do saque liderado pelo cônsul Marcus Valerius Messala durante a Primeira Guerra Púnica. “As linhas do relógio não concordavam com as horas”, escreveu o historiador, “mas as pessoas continuaram a segui-las por 99 anos!”. Plínio descreve o episódio com certo espanto pois, ao contrário da maioria dos outros cidadãos romanos, ele sabia que os relógios solares eram projetados de acordo com a latitude de cada cidade e a sombra que produziam ao serem expostos ao sol. Roma fica ao norte da Sicília, em latitude diferente, e por isso o relógio marcava as horas erradas. Os romanos só saíram do atraso quando o censor Quintus Marcus Phillipus, em tempo, resolveu erguer um relógio solar adequado à posição de Roma no globo terrestre.

Já era mesmo hora de os romanos entenderem como medir as horas por meio das sombras. Em Roma o relógio solar podia ser novidade, mas entre os egípcios tratava-se de um velho conhecido. Desde por volta do ano 3000 a.C. eles utilizavam um sistema que consistia em uma haste vertical, paralela ao eixo da Terra, montada sobre uma base. Na Grécia antiga a técnica foi aperfeiçoada: a projeção atingia uma tigela graduada, que era dividida em partes iguais. A duração do dia era medida de acordo com a sombra projetada ali. O que parece um mecanismo simples é, na verdade, um esquema imenso que envolve o Sol e a Terra. “Se você abrir um relógio de pulso, vai encontrar engrenagens e bateria. Se você abrir um relógio solar, irá encontrar um planeta e sua estrela”, afirma Casati. Nesse tipo de relógio, as sombras são a ponta de um sistema que registra o movimento aparente do Sol no céu. “O relógio solar mostra a posição da sombra de uma haste fixada no centro. Mas essa posição

varia não somente com a hora do dia, mas com a órbita da Terra em torno do Sol”, diz o professor Kepler de Oliveira, chefe do departamento de Astronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). É daí também que surge a definição do que chamamos de sentido horário. No hemisfério norte, a sombra projetada pelo sol caminha marcando as horas da esquerda para a direita. Quando os relógios mecânicos foram inventados, no século 14, os fabricantes resolveram manter o sentido para evitar confusões.

No fim das contas, todas essas teorias e equações provam que as sombras não são tão perigosas e misteriosas quanto se pensava. Seguindo cada passo de filósofos e astrônomos ao longo dos séculos, elas acabaram se mostrando fiéis assistentes da ciência em suas tentativas de entender melhor o que acontece no Universo. Ao invés de esconder, elas se mostraram reveladoras, apontando o caminho para que descobríssemos as medidas do espaço e do tempo.

ANEXO B – Atividade de localização no mapa de latitude e longitude



Fonte: Arquivo da professora.

ANEXO C – Sugestão de leitura aos alunos: “A Matemática do GPS”

Capítulo 5

A Matemática do GPS

A sigla GPS nada mais é do que a abreviatura para **Global Positioning System**. Trata-se de uma constelação de vinte e quatro satélites, orbitando em torno da Terra a uma altura aproximada de 20 200 km acima do nível do mar, permitindo a receptores determinar a sua posição em qualquer lugar sobre a Terra com uma notável precisão.



O projeto foi iniciado em 1973 pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos com o propósito de que aeronaves e navios militares pudessem determinar, em qualquer circunstância de tempo, sua posição exata. Ajuda no lançamento de mísseis e a localização de tropas terrestres em movimento foram outras necessidades que motivaram tal projeto.

Os projetistas do GPS também o planejaram para uso civil, porém, com precisão menor do que para as operações militares.

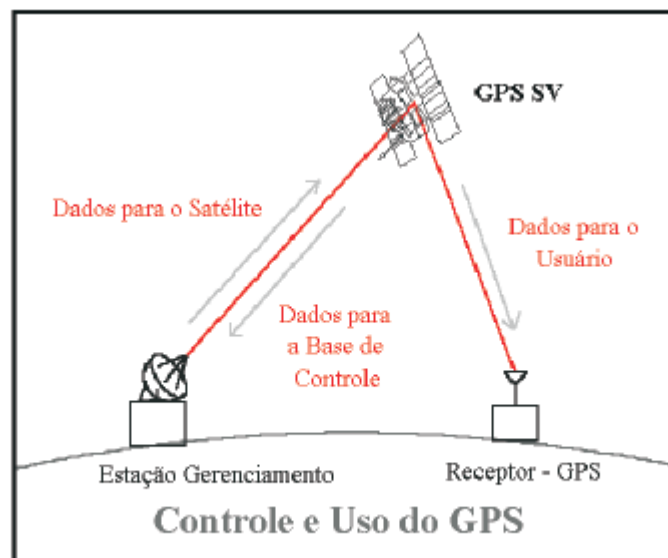
O sistema NAVSTAR (abreviatura para **N**avigation **S**atellite **T**iming and **R**anging), nome oficial dado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos ao GPS, consiste de um segmento espacial (os satélites), um segmento de controle (as estações terrestres de gerenciamento) e um segmento do usuário.



Os vinte e quatro satélites que formam o segmento espacial do GPS trafegam em torno da Terra em seis órbitas estáveis e predeterminadas com quatro satélites em cada órbita. Os satélites percorrem uma órbita completa a cada 12 horas e cada satélite tem 28° de visualização sobre a Terra (veja atividade 9 da seção 2.1). Isso assegura com que todo ponto da superfície terrestre, em qualquer instante,

esteja visualizado por pelo menos quatro satélites. Várias áreas da Terra são, por alguns momentos, visualizadas por até dez satélites.

Todos os vinte e quatro satélites são controlados pelas estações terrestres de gerenciamento. Existe uma “estação master”, localizada no Colorado (Estados Unidos), que com o auxílio de quatro estações de gerenciamento espalhadas pelo planeta, monitoram o desempenho total do sistema, corrigindo as posições dos satélites e reprogramando o sistema com o padrão necessário. Após o processamento de todos esses dados, as correções e sinais de controle são transferidas de volta para os satélites.



Afinal, de que maneira o GPS determina a localização de um ponto sobre a superfície terrestre?

Cada um dos satélites do GPS transmite por rádio um padrão fixado que é recebido por um receptor na Terra (segmento do usuário) funcionando como um cronômetro extremamente acurado. O receptor mede a diferença entre o tempo que o padrão é recebido e o tempo que foi emitido. Esta diferença, não mais do que um

décimo de segundo, permite que o receptor calcule a distância ao satélite emissor multiplicando-se a velocidade do sinal (aproximadamente $2,99792458 \times 10^8$ m/s – a **velocidade da luz**) pelo tempo que o sinal de rádio levou do satélite ao receptor.

Essa informação localiza uma pessoa sobre uma imaginária superfície esférica com centro no satélite e raio igual à distância acima calculada.

Cada satélite é programado para emitir o que se chama **efeméride**, que informa a sua posição exata, naquele instante, em relação a um sistema ortogonal de coordenadas como o descrito na seção anterior. Tal posição é permanentemente rastreada e conferida pelas estações terrestres de gerenciamento. A unidade receptora processa esses sinais. Com a posição do satélite e a distância acima calculada obtém-se a equação geral da superfície esférica imaginária.

Coletando-se sinais emitidos por quatro satélites, o receptor determina a posição do usuário calculando-a como intersecção das quatro superfícies esféricas obtidas. A localização é dada, não em coordenadas cartesianas, mas por meio das coordenadas geográficas (latitude, longitude) e a elevação.

A precisão do tempo é essencial na operação do GPS. Um erro de um microssegundo (10^{-6} segundos) no registro do lapso de tempo desde a transmissão até a sua recepção resulta num erro de 300 metros. Unidades receptoras do GPS extremamente precisas (e caras!) podem determinar sua posição a menos de um metro.

Com o fim da guerra fria, o sistema GPS passou a oferecer uma precisão muito maior para o usuário civil, disponibilizando a ele a mesma precisão que só os militares tinham a algum tempo atrás. Hoje em dia, com auxílio do piloto automático e do GPS, uma aeronave civil é capaz de percorrer distâncias transatlânticas e pousar sem a interferência do piloto com erro de alguns centímetros com o eixo da

pista.

A navegação é a função primária do GPS sendo usado em aeronaves, navios, veículos e por indivíduos que usam o receptor portátil (“de bolso”). Atualmente o GPS tem se mostrado útil em diversas situações das quais destacamos algumas.

1. Roteirista de viagens: determinam além da sua posição dentro de uma cidade, quais as atrações e pontos turísticos mais próximos, hotéis, postos de emergências, etc.
2. Monitoramento de abalos sísmicos: tais abalos são precedidos por alterações no campo gravitacional que distorcem as ondas de rádio permitindo, através do GPS, tentar prever a ocorrência de um terremoto com algumas horas de antecedência.
3. Meteorologia: o GPS gera informações para a previsão da meteorologia, estudo do clima e outros campos de pesquisa relacionados.
4. Localização para resgate: o serviço usa o GPS para guiar helicópteros de socorro até o lugar do acidente.
5. Aplicações industriais: áreas infectadas por pestes são identificadas por fotografias aéreas e, com uso do GPS, um trator pode ser guiado para aplicações de pesticidas.
6. Uso militar: coordenadas de ataque, orientação e controle para mísseis balísticos, marcação para artilharia, bombardeio de aeronaves, defesa aérea, rastreamento de submarinos, localização de minas e radares inimigos, atos terroristas, etc.

Na atividade a seguir pretendemos discutir, do ponto de vista matemático, o método utilizado pelo GPS na determinação da posição de um ponto sobre a superfície terrestre. As informações transmitidas

no sistema GPS envolvem, por uma questão de precisão, dez ou mais dígitos. Para um aproveitamento mais realista da atividade, sugerimos a utilização de calculadoras ou softwares com capacidade de resolver sistemas lineares com coeficientes dessa ordem. Uma alternativa, abrindo mão eventualmente da precisão, é trabalhar com um número menor de dígitos utilizando a notação científica. Suponha que o raio da Terra meça $6,378164 \times 10^6$ metros e considere a velocidade da luz sendo de $2,99792458 \times 10^8$ m/s.

Atividade

A tabela abaixo indica as efemérides (em metros) de cada satélite.

	x	y	z
Satélite 1	$1,877191188 \times 10^6$	$-1,064608026 \times 10^7$	$2,428036099 \times 10^7$
Satélite 2	$1,098145713 \times 10^7$	$-1,308719098 \times 10^7$	$2,036005484 \times 10^7$
Satélite 3	$2,459587359 \times 10^7$	$-4,336916128 \times 10^6$	$9,090267461 \times 10^6$
Satélite 4	$3,855818937 \times 10^6$	$7,251740720 \times 10^6$	$2,527733606 \times 10^7$

Um receptor GPS registra os seguintes lapsos de tempo (em segundos) entre a transmissão e a recepção do sinal de cada satélite.

Satélite 1	Satélite 2	Satélite 3	Satélite 4
0,08251731391	0,07718558331	0,06890629029	0,07815826940

- Calcule a distância entre o receptor e cada satélite.
- Escreva as equações gerais das imaginárias superfícies esféricas centradas em cada satélite e raios iguais às distâncias calculadas no item anterior.

- (c) Determine as coordenadas cartesianas do ponto P que pertence simultaneamente às quatro superfícies esféricas obtidas no item anterior. (SUGESTÃO: Veja atividade 4 do capítulo 4)
- (d) Determine a latitude, a longitude e a elevação do ponto P.
- (e) Consulte um atlas geográfico ou um globo terrestre para identificar a posição desse usuário do GPS.

ANEXO D – Autorização aos pais elaborada pela escola

<p>Aggêo E. E. Prof. Aggêo Pereira do Amaral</p> <p>Eu _____ RG _____ autorizo meu(minha) filho (a) _____ a participar da atividade prática da Construção de um Relógio Solar, atividade extra, não é obrigatória, que será administrada pela Professora de Física.</p> <p>O aluno terá aula normalmente, e a atividade será desenvolvida no contra turno das 13 às 14 h e 40 minutos nos dias: 02,03,08,09 e 10 de maio de 2018.</p> <p>Assinatura do responsável: _____</p>
--

Fonte: Arquivo da professora.