



ENSINANDO OS FENÔMENOS TÉRMICOS-AMBIENTAIS ATRAVÉS DA
METODOLOGIA EM ESPIRAL.

LEONARDO DE SOUSA LEAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação UNIFESSPA no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof.º Dr. Luiz Moreira Gomes

Marabá - PA
Junho 2019

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS-ICE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTITULADO "ENSINANDO OS FENÔMENOS TÉRMICOS-AMBIENTAIS ATRAVÉS DA METODOLOGIA EM ESPIRAL" PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENSINO DE FÍSICA, REALIZADA ÀS 09:00 HORAS DO DIA 03 DE JUNHO DE 2019, NO AUDITÓRIO CENTRAL, CAMPUS II. A DISSERTAÇÃO FOI APRESENTADA DURANTE 50 MINUTOS PELO CANDIDATO **LEONARDO DE SOUSA LEAL**, DIANTE DA BANCA EXAMINADORA APROVADA PELA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, ASSIM CONSTITUÍDA: MEMBROS: PROF. DR. LUIZ MOREIRA GOMES (ORIENTADOR), PROF.ª DR.ª FERNANDA CARLA LIMA FERREIRA (MEMBRO INTERNO), E PROF. DR. MANOEL ROBERVAL PIMENTEL SANTOS (MEMBRO EXTERNO), EM SEGUIDA, O CANDIDATO FOI SUBMETIDO À ARGUIÇÃO, TENDO DEMOSTRADO SUFICIÊNCIA DE CONHECIMENTOS NO TEMA OBJETO DA DISSERTAÇÃO, HAVENDO A BANCA EXAMINADORA DECIDIDO PELA APROVAÇÃO DA MESMA. PARA CONSTAR, FORAM LAVRADOS OS TERMOS DA PRESENTE ATA, QUE LIDA E APROVADA RECEBE A ASSINATURA DOS INTEGRANTES DA BANCA EXAMINADORA E DO CANDIDATO.

CANDIDATO: Leonardo de Sousa Leal

BANCA: 
Fernanda Carla Lima Ferreira
Manoel Roberval Pimentel Santos

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca II da UNIFESSPA. CAMAR, Marabá, PA

Leal, Leonardo de Sousa

O estudo dos fenômenos térmicos-ambientais através da metodologia em espiral / Leonardo de Sousa Leal ; orientador, Luiz Moreira Gomes. — 2019.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Ciências Exatas - ICE, Mestrado Nacional em Ensino de Física - MNPEF, Marabá, 2019.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Avaliação educacional. 3. Aprendizagem. 4. Método de estudo. I. Gomes, Luiz Moreira, orient. II. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. III. Título.

CDD: 22. ed.: 530.07

Elaborado por Nádya Lopes Serrão
Bibliotecária-Documentalista CRB2/575

DEDICATÓRIA

A minha família, em especial meu pai, Otávio e minha mãe, Ruth, que me estimularam a estudar e acreditar nos meus sonhos e ideais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me ajudado a me manter firme nesta caminhada de estudo, ao longo desses dois anos de dedicação e empenho.

Ao meu professor Dr. Luiz Moreira Gomes pela disponibilidade, atenção e orientação na realização desse trabalho.

A todos os amigos e colegas da minha turma de mestrado.

A todos que contribuíram de certa forma para concretização desse trabalho, em particular a gestão da escola e os professores responsáveis pelas turmas envolvidas na proposta de trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

O ESTUDO DOS FENÔMENOS TÉRMICOS-AMBIENTAIS ATRAVÉS DA METODOLOGIA EM ESPIRAL.

LEONARDO DE SOUSA LEAL

Orientador:

Prof.º Dr. Luiz Moreira Gomes

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Este trabalho, utiliza a metodologia de Jerome Bruner (“ensino em espiral”), com a finalidade de levar os alunos a compreender a relação dos fenômenos físicos, térmicos e naturais: inversão térmica, efeito estufa, ilhas de calor e aquecimento global, abordando os conceitos de umidade, radiação infravermelha e pressão atmosférica. Para isso, utilizou-se aulas práticas com experiências de materiais de baixo custo, mapa conceitual e o LEGO. Nas aulas, aplicou-se uma sequência didática metodológica cujo objetivo foi incentivar a reflexão sobre os conceitos ambientais trabalhados, além disso, os estudantes foram submetidos a uma análise qualitativa e quantitativa por meio de redação, com intuito de comprovar a eficiência da proposta didática. Os dados foram obtidos na escola estadual de ensino médio Lourenço Galleti na cidade de Açailândia – MA. Portanto, verificou-se que os resultados dos alunos avaliados forma significativos com relação aos conceitos abordados. Ainda aplicou-se o método estatístico (ANOVA), através do qual foi possível avaliar o nível de compreensão dos estudantes entre as turmas do terceiro ano A e C envolvidas na pesquisa. Com esse método observou-se a disparidade entre os níveis de aprendizagem das duas turmas, a turma C apresentou resultados melhores significativamente do que a turma A. Dessa forma, conclui-se que a proposta torna-se eficaz, desde que haja uma análise dos conhecimentos prévios e dos possíveis obstáculos epistemológicos de cada turma afim de obterem o mesmo rendimento com a intervenção docente.

Palavras-chave: Ensino em espiral, sequência didática, calor.

Marabá - PA

Junho 2019

ABSTRACT

THE STUDY OF THERMAL-ENVIRONMENTAL PHENOMENA USING SPIRAL METHODOLOGY

LEONARDO DE SOUSA LEAL

Supervisor:
Prof.º Dr. Luiz Moreira Gomes

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação (nome dado na instituição) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This work uses the methodology of Jerome Bruner ("spiral teaching"), with the purpose of getting students to understand the relation of physical, thermal and natural phenomena: thermal inversion, greenhouse effect, heat islands and global warming, addressing the concepts of humidity, infrared radiation and atmospheric pressure. For this, we used practical classes with experiences of low cost materials, conceptual map and LEGO. In the classes, a didactic methodological sequence was applied whose objective was to encourage reflection on the environmental concepts worked, in addition, the students were submitted to a qualitative and quantitative analysis through writing, in order to prove the effectiveness of the didactic proposal. Data were obtained from Lourenço Galleti State High School in the city of Açailândia - MA. Therefore, it was verified that the evaluated students' results were significant in relation to the concepts discussed. The statistical method (ANOVA) was also applied, through which it was possible to evaluate the comprehension level of the students among the third year classes A and C involved in the study. With this method the disparity between the levels of learning of the two groups was observed, the group C presented better results significantly than the group A. In this way, it was concluded that the proposal becomes effective, as long as there is an analysis of the knowledge and possible epistemological obstacles of each class in order to obtain the same income with the teacher intervention.

Keywords: Spiral teaching, didactic sequence, heat.

Marabá - PA
June 2019

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comunicação dos neurônios no processo de aprendizagem.....	5
Figura 2- O espectro eletromagnético	18
Figura 3 - Raios de luz branca e de sete cores que se separaram na dispersão.	19
Figura 4 - Onda eletromagnética	20
Figura 5 - Experiência de Torriceli.....	29
Figura 6 - Variação da pressão atmosférica com altitude.....	31
Figura 7 – Movimentação dos gases com a diferença de pressão	32
Figura 8 –Formação de nuvens devido à alta e baixa pressão.....	33
Figura 9 - Conceitos resgatados em espiral	40
Figura 10 - (a) Radiação eletromagnética visível; (b) Umidade relativa do Ar; (c) Pressão Atmosférica	47
Figura 11 – (a) Estufa caseira; (b) Uso do termo hidrômetro; (c) Telhado.....	47
Figura 12 – (a) Dispersão da luz no prisma; (b) Espectro visível ao olho humano.....	48
Figura 13 – (a) Conexão do sensor a porta; (b) Seleção o ícone luz refletida; (c) Aproximação e visualização da intensidade refletida da luz.....	50
Figura 14 – Assinaturas espectrais	50
Figura 15 - Termo hidrômetro digital.....	51
Figura 16 – Utilização do termo hidrômetro digital	52
Figura 17 – Mapa conceitual da proposta didática elaborado no Cmap.....	57
Figura 18 – Gráfico de linha que representa as expressões nominais (y) e a média (x).	62
Figura 19 – Gráfico de regressão linear das quantidades de acertos (y) pela média (x)	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo dos obstáculos epistemológicos	16
Tabela 2 – Resultados de incidência das expressões nominais das turmas A e C.....	60
Tabela 3 – Consequências geradas pelos fenômenos analisados	61
Tabela 4 – Relação das medidas de combate indicadas pelos estudantes	61

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 A LIMITAÇÃO DA MEMÓRIA HUMANA	5
2.1.1 MEMÓRIA DE CURTO PRAZO OU TRABALHO	5
2.1.2 MEMÓRIA DE LONGO PRAZO	6
2.2 OS TIPOS DE CARGAS COGNITIVAS	6
2.2.1 CARGA ESTRANHA	7
2.2.2 CARGA INTRÍNSECA	7
2.2.3 CARGA RELEVANTE	8
2.3 ALGUMAS MANEIRAS DE “BURLAR” A LIMITAÇÃO DA MEMÓRIA	8
2.3.1 PLANEJAMENTO DO TEMPO	8
2.3.2 EVITAR EXCESSOS DE INFORMAÇÕES	9
2.3.3 FRAGMENTAR O CONTEÚDO	9
2.3.4 O USO DA AUTO EXPLANAÇÃO ALIADO A DIAGRAMAS	10
2.4 TRABALHOS DA TCC LIGADOS A EDUCAÇÃO	11
2.5 SUPERANDO AS IDEIAS DO SENSO COMUM	12
2.5.1 A CONTRIBUIÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	12
2.5.2 OBSERVANDO OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS	15
CAPÍTULO 3	18
3. CONCEITOS BÁSICOS DA FÍSICA AMBIENTAL	18
3.1 A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA	18
3.1.1 A DESCOBERTA DO EFEITO ESTUFA POR FOURIER	21
3.2 UMIDADE RELATIVA DO AR	24
3.2.1 O PROCESSO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO	27
3.3 A PRESSÃO ATMOSFÉRICA	28
CAPÍTULO 4	33
4. PROPOSTA METODOLÓGICA	33
4.1 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA E A ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	33
4.2 AS CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL INSTRUCCIONAL DA METODOLOGIA EM ESPIRAL	35
4.2.1 PREDISPOSIÇÃO PARA APRENDIZAGEM	36
4.2.2 ESTRUTURA E FORMA DO CONHECIMENTO	37
4.2.3 SEQUÊNCIA EM ESPIRAL	38
4.2.4 A RELAÇÃO DA METODOLOGIA EM ESPIRAL COM OS REFERENCIAIS TEÓRICOS	40
4.3. A INVESTIGAÇÃO DOS DADOS PELO MÉTODO DA COMPLEMENTAÇÃO	41
4.3.1 ANÁLISE QUALITATIVA	42
4.3.2 ANÁLISE DA VARIAÇÃO DOS DADOS (ANOVA)	44
CAPÍTULO 5	46
5. ATIVIDADES REALIZADAS	46

5.1 EXPERIÊNCIA DA RADIAÇÃO VISÍVEL(DVD)	47
5.2 EXPERIÊNCIA DO LEGO	49
5.3 EXPERIÊNCIA DO PSICRÔMETRO E DA PRESSÃO(BALÃO).....	51
5.3.1 PSICRÔMETRO CASEIRO	51
5.3.2 EXPERIÊNCIA DA PRESSÃO (BALÃO)	52
5.4 EXPERIÊNCIA DA INVERSÃO TÉRMICA(GARRAFAS).....	53
5.5 ESTUFA CASEIRA.....	54
5.6 EXPERIÊNCIA DO TERMO HIDRÔMETRO	55
5.7 EXPERIÊNCIA DA TEMPERATURA DE AMBIENTES INTERNOS(TELHADO).....	56
5.8 MAPA CONCEITUAL	57
CAPÍTULO 6	59
6.RESULTADOS	59
6.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS	63
CAPÍTULO 7	66
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
APÊNDICE A: RELATÓRIO DE PERGUNTAS	76
APÊNDICE B: SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	87
APÊNDICE C: PRODUTO EDUCACIONAL	88
ANEXO: TABELA DE TESTE F (ANOVA)	130

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, verificou-se um aumento considerável de gases poluentes lançados na atmosfera (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, clorofluorcarbonos, hidro clorofluorcarbonos, ozônio, hexa fluoreto de enxofre, entre outros), provindos de fontes poluidoras, na maioria das vezes encontradas nas cidades: automóveis, indústrias, etc.

Para se ter uma ideia, segundo dados, antes da revolução industrial a concentração de dióxido de carbono se manteve estável na ordem de 280 partes por milhão (ppm) por milhares de anos. No entanto, com a invenção do motor de combustão em 1900, pertencente aos carros, essa taxa disparou, chegando a superar 400 ppm em 2017 .

A paisagem modificada das metrópoles agrava ainda mais os efeitos da sensação térmica, pois materiais como o concretos e asfalto, esquentam rapidamente, emitindo uma grande quantidade de radiação térmica para o meio ambiente (KUSHNIR, 2000). Aliado a isto, com a construções de edifícios cada vez maiores, a circulação do vento é prejudicada, aprisionando ainda mais calor de forma localizada, prejudicando a qualidade de vidas das pessoas que moram nestas cidades, provocando fenômenos como: inversão térmica e ilhas de calor; cada vez mais comuns no dia-dia conforme o autor.

Dessa forma, o aumento de temperatura, deixa de ser localizado, alcançando proporções globais, na medida que o sistema térmico da terra é resultado da integração de todos as partes do planeta ,ou seja, um influenciando o outro (KUSHNIR, 2000). Daí se tem consequências graves no meio ambiente, como alterações no ecossistemas, que levam a extinção de diversas espécies do nosso planeta (PRIMAVESI *et al*,2007).

Neste sentido, devido ao crescimento do problema ambiental, o governo federal, criou a lei nº 9.795/99, instituindo uma política nacional, na qual entende-se que “Os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à qualidade de vida e sua sustentabilidade” (Lei nº9795/99).

Este conhecimento deve ser trabalhado de forma articulada em todos os níveis e modalidades do processo educativo, seja em caráter formal e não-formal. Logo é necessário que este tema importante seja incorporado ao currículo da escola conforme consta a orientação no artigo 4, incisos II e VII da referida lei Federal.

“II - A concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade; VII - A abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais.” (BRASIL, 1999).

A mesma preocupação na questão ambiental do planeta também é comentada nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, na qual diz que “o ensino médio em todas modalidades de ensino, será orientado pelo seguinte princípio: sustentabilidade ambiental” (art.5º, incisos VI). Cabe a escola ter o cuidado de selecionar o conhecimento que melhor se integra dentro da realidade deste aluno, apresentando conceitos que possam ter significados para a vida deste, contribuindo para despertar valores e atitudes que serão úteis para resolver problemas reais no seu dia a dia (art.7º da DCNEM).

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais, os itinerários formativos devem ser organizados de forma que os conceitos estruturantes devem ser aprofundados em situações que envolvam discussões relacionados a contextos sociais e de trabalho, separados em arranjos curriculares que permitam, dentre outras coisas os estudos da “análise de fenômenos físicos e químicos, meteorologia e climatologia, etc.” (art.12º da DCNEM).

Dentre as competências específicas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que é um documento de caráter normativo que define o conteúdo obrigatório aplicados na escola para a ciência da natureza e de suas tecnologias; Define a importância de relacionar o conteúdo obrigatório com as problemáticas ambientais do planeta “analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.”(BNCC, pg.541,2018).

Na parte das habilidades, a Base Nacional Comum Curricular estimula as escolas a darem ênfases a conteúdos que mostram os prejuízos provocados por diferentes substâncias e produtos à saúde e ao meio ambiente. Muitos desses, prejudiciais a atmosfera, intensificando os efeitos de fenômenos considerados naturais.

Fazendo que os estudantes tenham consciência desta problemática e criem alternativas de combater estes efeitos danosos a toda vida do planeta. (BNCC, pg.542, 2018).

Assim, o professor deve se adaptar à esta nova realidade, criando metodologias diferenciadas na forma de ensinar o conteúdo obrigatório de física que estimulem o protagonismo dos alunos, a investigação científica de fatos do seu dia a dia “investigação voltados ao enfrentamento de situações cotidianas e demandas locais e coletivas, e a proposição de intervenções que considerem o desenvolvimento local e a melhoria da qualidade de vida da comunidade” (Art.12º, § 2º da DCNEM).

Neste sentido, este trabalho apresenta a metodologia em ensino em espiral com objetivo de desenvolver no aluno a vontade de procurar soluções para problemáticas que por ventura apareçam durante a realização de experiências de ensino. Estes questionamentos procuram promover revisões periódicas de conceitos e atividades já aprendidas, durante este processo, expandir os conceitos aos poucos, a medida que o aluno avança na sequência didática trabalhada (MOREIRA *et al* 1982).

Dessa forma, nesse trabalho apresenta-se como objetivo geral desenvolver um produto educacional, na forma de um processo educativo que usa a metodologia de “ensino espiral”. Usando para isto como recurso didático, experiências que visam demonstrar fenômenos físicos-ambientais (inversão térmica, efeito estufa, ilhas de calor e aquecimento global) geralmente encontrados nas grandes cidades do planeta, mas que nos últimos anos, seus efeitos vem sendo intensificados pela ação humana na natureza, principalmente pela substituição de espaços naturais por artificiais e o aumento exponencialmente de gases do efeito estufa emitidos na atmosfera.

Logo, a modificação do espaço urbano e o excesso de poluição, provocam alterações em variáveis importantes para o equilíbrio do planeta, como: umidade, radiação infravermelha e pressão atmosférica; Na qual também serão discutidos neste trabalho por serem responsáveis diretamente para a formação destes fenômenos ambientais. Assim, esta proposta apresenta como objetivos específicos:

- Entender e responder questionamentos quando solicitados, como por exemplo: Como ocorre a formação do efeito estufa na natureza? Qual sua importância para a manutenção da temperatura do planeta? Desde quando passa ser uma ameaça para o equilíbrio do planeta e contribuir diretamente para a intensificação do processo de aquecimento global?

- Conscientizar os alunos do papel importante das árvores no balanço energético no meio ambiente, ajudando amenizar os efeitos provocados pelo o aumento da temperatura no planeta.
- Despertar atitudes dos estudantes diante as problemáticas do seu dia-dia, provocando no mesmo o interesse de criar soluções simples e viáveis apresentados em sua comunidade.
- Entender o processo de ensino aprendizagem dos alunos, considerando as limitações da memória humana e as dificuldades de superação das ideias do senso comum.

Neste sentido, esse trabalho é composto pelo capítulo 1 introdutório, em que são apresentadas as considerações gerais do trabalho, bem como a justificativa e os objetivos – geral e específicos. No capítulo 2 são descritos os referencias teóricos que envolvem a relação entre as três teorias de aprendizagem: carga cognitiva (TCC), aprendizagem significativa de David Ausubel e os obstáculos epistemológicos de Bachelard. Por seguinte, no capítulo 3, abordam-se os conceitos físicos ambientais. No capítulo 4, trata-se sobre a organização da sequência didática, com aplicação de atividades experimentais e mapa conceitual, utilizando a metodologia em espiral proposta por Bruner, além da apresentação do tipo de avaliação qualitativa e quantitativa – por meio de redação envolvida na proposta didática e por fim, nos últimos capítulos 5 e 6, apresentam-se os resultados e conclusões da pesquisa.

Portanto, como visto nas leis anteriormente, a temática dessa dissertação é relevante para a sociedade em geral, não podendo deixar de ser discutida no ambiente escolar. Infelizmente este tema, bem como outros ligados aos conceitos da física ambiental são poucos trabalhados em sala de aula. Nesse trabalho, procura-se incentivar os docentes das escolas públicas Brasileiras a aplicarem estas metodologias durante a realização de suas aulas, principalmente a fim de explicarem conceitos ligados a termologia, calorimetria e hidrostática, os quais geralmente são trabalhados de forma tradicional. Além disso, a sequência didática vem estimular os docentes a criarem suas próprias práticas educativas ligadas as questões ambientais, conseqüentemente ajudando a propagar o ensino da física ambiental pelo Brasil.

CAPÍTULO 2

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A LIMITAÇÃO DA MEMÓRIA HUMANA

A figura 1 abaixo mostra um botão terminal do neurônio pré-sináptico “A” sobrepondo-se ao corpo celular de um neurônio pós-sináptico. O primeiro é capaz de modular a atividade do segundo. A formação de novas memórias envolve mudanças nas sinapses existentes (como a do terminal “A” com o neurônio pós-sináptico) ou a formação de novas sinapses (como a do terminal axonal “B” sobre o terminal “A”); essas alterações levam à alteração e estabelecimento de circuitos neurais que representam as memórias arquivadas (SWELLER, *et al* 1994).

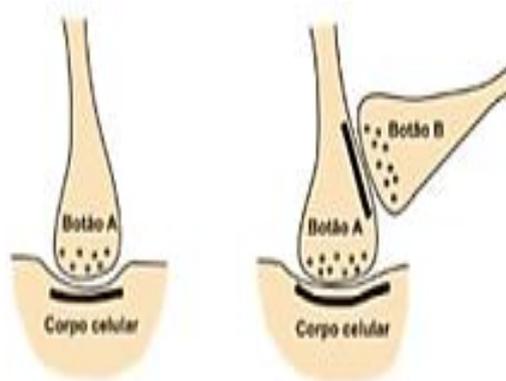


Figura 1 - Comunicação dos neurônios no processo de aprendizagem
Disponível em <http://www.ib.usp.br>.

Esta memória humana do ponto de vista da Teoria da carga cognitiva¹ (TCC), na qual foi usado para justificar o processo de aprendizagem neste trabalho, divide-se em duas partes: memória de curto e longo prazo.

2.1.1 MEMÓRIA DE CURTO PRAZO OU TRABALHO

Esta denominação foi chamado pela primeira vez no livro “Planos e estruturas do comportamento” (MILLER, 1960), visto que ela não tinha a função somente de armazenar informações, mas gerenciá-las, indicando também sua localização. Para o autor “Esta parte mais proeminente do lóbulo frontal nos parece servir como uma

¹Na teoria da carga cognitiva a ideia central é a da limitação da memória de trabalho e de como esta memória se relaciona com a vasta memória de longo prazo (onde fica armazenado o conhecimento aprendido pelo aluno).

memória de trabalho onde planos podem ser armazenados temporariamente enquanto estão sendo formados, ou transformados, ou executados”.

2.1.2 MEMÓRIA DE LONGO PRAZO

Define-se como a memória humana em que conhecimento ficou armazenado de forma mais ou menos estável, logo considerando que ocorreu a aprendizagem da informação. Enquanto que na memória de trabalho a noção da quantidade de informações que está sendo processada, confunde-se com o próprio pensamento consciente como apresenta Ayres a seguir.

“A memória de trabalho é a estrutura cognitiva na qual o pensamento consciente ocorre. Nós temos consciência somente da informação que está sendo correntemente processada na memória de trabalho e somos mais ou menos inconscientes na memória de longo prazo.” (AYRES, 2006, p.6).

No entanto, para ocorrer a aprendizagem não é necessário somente que o indivíduo possua a memória de longo prazo, mas esquemas de aprendizagem armazenados na mesma, devido ao fato de que esses esquemas reduz informações em quantidades menores na sua memória de trabalho, liberando espaço para outras funções mais importantes que ajudam na aprendizagem. A respeito Sweller (2003) declara que “esquemas podem ser definidos como estruturas mentais que nós utilizamos para organizar o conhecimento”.

Dessa forma, os esquemas permitem “*experts*”. Assim, os estudantes aprendem a categorizar, reconhecer e finalmente resolver problemas por intermédio deles. Logo, observa-se que os esquemas se encontram na memória de longo prazo onde ficam armazenados os conhecimentos do indivíduo, conforme afirma Paas (2003, p.34) “De acordo com a teoria dos esquemas, assume-se que o conhecimento é armazenado na memória de longo prazo sob a forma de esquemas”.

2.2 OS TIPOS DE CARGAS COGNITIVAS

O fato da memória de trabalho não ter somente a função de armazenar a informação, mas também articular as mesmas em raciocínios coerentes, é muito comum em resoluções de problemas físicos ou matemáticos sobrecarregar está memória conforme afirma Sweller (1988).

Ao longo dos anos, os pesquisadores da área observaram principalmente entre os professores, que estes apresentavam dificuldades em ensinar sem considerar as limitações da memória de trabalho, a exemplo, o psicólogo australiano John Sweller, em

1982, percebeu esse evento por meio de experiências realizadas com um grupo de estudantes da universidade. O psicólogo em 1988, no seu famoso artigo intitulado “A carga cognitiva durante a resolução de problemas. Efeitos sobre a aprendizagem”, chamou-a a primeira vez de “carga cognitiva” cujo objetivo é o estudo de limitação da memória humana.

Esta “carga cognitiva” nada mais é que o excesso de informações que o cérebro recebe na memória de trabalho, onde vai ter que processar tudo ao mesmo tempo, dificultando a assimilação do conhecimento pelo aluno (SWELLER, 1988).

2.2.1 CARGA ESTRANHA

Gerada pelo formato do material de estudo mal elaborado, essa carga cognitiva provoca o efeito da atenção dividida, forçando os estudantes a observarem e, conseqüentemente a se concentrarem em mais de uma informação ao mesmo tempo, simplesmente por estarem espacialmente separadas no material, logo prejudicando a aprendizagem.

2.2.2 CARGA INTRÍNSECA

A partir do ano de 1994, os pesquisadores da Teoria da carga cognitiva começaram a dar ênfase a outros tipos de cargas descobertas, como, por exemplo, a “carga cognitiva intrínseca”, ou seja, uma carga cognitiva que diz respeito a complexidade do material, relacionada a interação entres os elementos que formam o mesmo, como por exemplo, a dificuldade em resolver uma equação de segundo grau é bem maior do que a resolução de uma equação de primeiro grau, pois o nível de variáveis a identificarem é maior conforme afirma Ayres (2001).

Durante muito tempo se pensou que está carga era imutável, pois pertencia à característica intrínseca do material analisado, no entanto, a partir do ano de 2002, admitiu-se que ela poderia ser contornada. No entanto, dentro da realidade da sala de aula das escolas Brasileiras pouco foi mudado, permanecendo um grande obstáculo na compreensão dos conteúdos mais complexos, principalmente por falta de preparo e conhecimento do professor em relação a criação de maneiras de contornar está carga, durante a realização de suas aulas (AYRES, 2003).

2.2.3 CARGA RELEVANTE

Descoberta no mesmo ano da carga intrínseca – em 1994, essa carga é a única que contribui positivamente para aprendizagem, sendo descoberta por acaso numa experiência de Van Merriënboer e Paas, na qual pretendiam observar o efeito da variabilidade dos exemplos resolvidos, em alguns alunos submetidos a certos materiais didáticos em análise. Levando a crê que o esforço dos alunos em relação a variabilidade das questões fez com que observassem as diferenças de resoluções de uma pra outra, inclusive os detalhes e conseqüentemente os esquemas de resoluções. Após quatro anos, denominaram-na de “carga cognitiva relevante”, em função da formação de esquemas (SWELLER *et al* 1998).

2.3 ALGUMAS MANEIRAS DE “BURLAR” A LIMITAÇÃO DA MEMÓRIA

2.3.1 PLANEJAMENTO DO TEMPO

A questão do tempo é uma grande preocupação na teoria da carga cognitiva. Esta limitação foi descoberta no final no século XIX pelo pesquisador Herman Ebbinghaus e relatada no livro “*Memory*”. Uma de suas descobertas foi a existência de limites no tempo de armazenamento da informações de curto prazo, também chamada de trabalho, por ser utilizada no nosso dia-dia. A partir desta experiência, construiu uma “curva de esquecimento”, em forma de exponencial, mostrando o declínio da lembrança dessas informações, nos primeiros 20 minutos (BADDELEY, 1982).

Já na metade do século XX, os pesquisadores começaram a investigar não o esquecimento de grandes quantidade de dados e extensões de tempos, mas um esquecimento de pequenas quantidades de informações que ocorrem dentro de um intervalo de tempo de alguns segundos. O pioneiro dessas pesquisas foi o americano, Peterson, verificando que após 18 segundos, as pessoas tinham grande dificuldades de lembrar três letras aleatórias, sendo indicado para muitos como a duração da memória de curto prazo como relata Peterson (1959, p. 194).

Solicitava-se ao sujeito que repetisse o número e depois prosseguisse enumerando seus algarismos de trás pra frente por algumas vezes após o que deveria tentar repetir as consoantes. Sua intenção ao fazer o sujeito se concentrar no números em ordem decrescente, pronunciando-os (309,308,307...), era impedir que o sujeito pudesse ficar repetindo mentalmente as letras “ABC”, o que impediria o decaimento natural das 3 letras. Embora nesta época ainda não existisse a denominação “memória

de curto prazo” as experiências de Herman Ebbinghaus sobre o decaimento da memória de sílabas sem sentido, se referem inequivocamente a memória de curto prazo, ou seja, memória de trabalho.

O pesquisador, verificou também nesta experiência que após 18 segundos ocorria um esquecimento severo das 3 letras do alfabeto. Estes 18 segundos assim obtidos desta experiência é frequentemente citado como um indicador da “duração” da memória de curto prazo (PETERSON, 1959).

2.3.2 EVITAR EXCESSOS DE INFORMAÇÕES

Em 1987, Sweller fazendo experiências em sala de aula para tentar reverter o problema da limitação da memória humana, criou duas técnicas dos exemplos resolvidos. Ele verificou que em algumas experiências, envolvendo resolução de problemas matemáticos os alunos geralmente na penúltima etapa, em razão da demanda da memória de trabalho, aumentava a quantidade de erros nessa etapa (AYRES, 1990). Conseqüentemente, visando diminuir esta carga, os exemplos resolvidos, tornam-se uma ótima opção, pois incentiva os alunos retomarem sua atenção nas etapas que envolvem resoluções dos problemas.

Além disso, os pesquisadores Sweller e Cooper demonstraram experimentalmente que intercalar exemplos resolvidos com exercícios a resolver é mais benéfico para aprendizagem do que a utilização exclusiva da simples resolução de problemas. Esta vantagem decorrente da utilização de problemas resolvidos foi denominada “efeito do problema resolvido”. Sendo uma ferramenta útil para o aprendizado do aluno, podendo ser incorporado esta abordagem ao “dever de casa”, pois os atuais sobrecarregam muito a memória de trabalho do aluno, causando angústias desnecessárias conforme declara Ayres (1990).

2.3.3 FRAGMENTAR O CONTEÚDO

A partir do ano de 1994, os pesquisadores começaram criar técnicas para contornar a carga intrínseca do material analisado, ligado a complexidade do material. Segundo Chandler, Pollock e Sweller a melhor forma de reduzir esta carga é a informação complexa, ao invés de dá-la simultaneamente, pois a ideia é aumentar a interatividade aos poucos, na medida em que surgem novos esquemas. A respeito,

“Ao lidar com informação muito complexa, para permitir que os alunos iniciantes possam processar os elementos interativos, a carga cognitiva intrínseca do material deve ser reduzida artificialmente. Isto permite o

processamento serial ao invés de simultâneo da informação, reduzindo-se assim a carga na memória de trabalho” (POLLOCK *et al*, 2002, p.83).

Uma técnica diferente a anterior, proposta por Reigerluth em 1999 e Van Merriënboer em 1997, apresenta uma visão geral da tarefa como um todo, porém simplificada, focando as informações mais importantes, que posteriormente, poderão ser melhor aperfeiçoadas durante o curso. Assim ao invés de utilizar o sequenciamento “partes da tarefa-tarefa integral”, propuseram “tarefa simplificada-tarefa integral”, denominado simplesmente de sequenciamento “*whole-task*” (tarefa integral). Verifica-se que este sequenciamento é mais eficiente em tarefas com alto grau de coordenação e integração, no entanto as duas seguem o mesmo princípio de sequenciamento das informações diminuindo a carga cognitiva da mesma, facilitando a criação de esquemas mais simples que darão suporte a outros mais complexos (PECK *et al*, 2000).

2.3.4 O USO DA AUTO EXPLANAÇÃO ALIADO A DIAGRAMAS

Uma forma de desenvolver a carga relevante no nosso cérebro é uso da técnica da auto explanação - explicações para si mesmo, pois experiências feitas com alunos que tiveram alto rendimento na resolução de exercícios, perceberam que utilizavam esta técnica, e dessa forma foram estimulados por Sweller a utilizarem, Swller declarou a respeito “Uma forma de promover uma melhor compreensão a partir de exemplos resolvidos é encorajar os seus aprendizes a fazerem auto explicações eficazes”.

Quando se demanda de que um aluno auto explique os passos de um exemplo, está impondo a ele um esforço mental, uma carga cognitiva. Uma das hipóteses levantadas por Chi em 1989 para justificar este efeito é que o aluno consegue perceber, ao falar, as lacunas de seu conhecimento e, conseqüentemente preenche-las; Esta hipótese aqui é chamada de “preenchimento de lacuna” (VAN-LEHN *et al* 1993). Assim, sugere-se que as dificuldades do aluno generalizar uma regra para outros contextos possa ser minorada pela prática das auto explicações de acordo com Bogo *et al* (2004).

Segundo Sweller (1994), a melhor apresentação de material didático é na forma dual (auditiva e visual), pois não se sobrecarrega as informações em uma única área da área de trabalho, mas ficam distribuídas nos dois sistemas, provocando uma melhor assimilação do conhecimento.

Em 2003 Ainsworth e Loizou perceberam que esta forma dual pode contribuir para tornar a auto explanação mais eficiente em termos do aprendizado. Alguns

resultados experimentais mostraram que alunos que usaram os diagramas na hora da auto explanação obtiveram os melhores resultados no pós-testes realizados posteriormente. Os pesquisadores explicaram que o diagrama auxilia a memória de trabalho e torna a informação explícita o que incita/induz a auto explanação (AINSWORT *et al* 2003).

2.4 TRABALHOS DA TCC LIGADOS A EDUCAÇÃO

Quando se fala da aplicabilidade da teoria da carga cognitiva (TCC) na área da educação, muita coisa pode ser feita, basta observar a quantidade de trabalhos que aparecem em sites de busca da internet, a exemplo, se você digitar “*cognitive load*” (em português, carga cognitiva) aparecerá mais de cinquenta e sete milhões de resultados. Isto significa, a popularidade do tema entre os pesquisadores do mundo todo.

Notam-se que muitos desses trabalhos são ligados a adequação dos fundamentos desta teoria na área da tecnológica, tendo por fim elaborar e potencializar plataformas de educação digital mais atraentes, conseqüentemente mais produtivas, tal que estejam em sintonia com as limitações do cognitivo humano, diminuindo as chances de sobrecarga a memória de trabalho do aluno (MAYER *et al* 1991).

Logo, conforme Mayer (2003), alguns princípios defendidos por esta teoria utilizados nas plataformas digitais, são:

- Princípio de Representação Múltipla: os alunos aprendem melhor quando se combinam palavras e imagens, do que no momento em que se usam somente palavras.
- Princípio de Proximidade Espacial: esse princípio diz respeito à proximidade de palavras e imagens, ou seja, é quando palavras e imagens correspondentes estão próximas em vez de afastadas.
- Princípio da Não Divisão ou da Proximidade Temporal: nesse princípio tem se a apresentação de palavras e imagens simultaneamente em vez de sucessivamente, uma vez que a apresentação de um texto e de uma animação na mesma tela divide a atenção do aluno.
- Princípio das Diferenças individuais: sabe-se que estudantes com maior nível de conhecimento, sobre um determinado assunto e com grau maior de orientação espacial possuem maiores condições de organizar e processar seu próprio conhecimento ao interagir com o assunto.

- Princípio da Coerência: refere-se à exclusão de palavras, imagens ou sons não relevantes para o assunto. Quanto mais simples e objetiva for a apresentação do conteúdo, mais livre ficará a memória de trabalho para processar um número maior de conhecimentos.
- Princípio da Redundância: nesse princípio, ressalta-se que o uso da animação e narração, quando usadas simultaneamente no processo de ensino, potencializa o conhecimento, diferente de quando usadas separadamente.

Além da área tecnológica, outros artigos da TCC, refletem sobre aprendizagem guiada pelo professor, no processo de exploração do aluno no meio em que se vive, como, por exemplo, no artigo denominado “A aprendizagem contextualizada: análise dos seus fundamentos e práticas pedagógicas” (FESTASI, 2015). Onde o mesmo vem desmitificar o pensamento que a TCC é incoerente ao processo de exploração do ambiente. Os resultados chamam a atenção para a necessidade de se desenvolver investigação entre os dois tipos de métodos, ou seja, dosar a descoberta com instruções, abrindo a possibilidade de um diálogo entre as diferentes concepções de educação, até o momento, quase impossível.

Em outro artigo “Efeitos do ambiente físico na carga e aprendizagem cognitiva: rumo a um novo modelo de carga cognitiva”, mostra que as características específicas do ambiente físico, poderiam afetar a carga cognitiva nos alunos, sendo um fator causal distinto que poderia interagir com as características do aprendiz da tarefa ou da combinação de ambas, prejudicando com isso a aprendizagem (MERRIENBOER, 2014).

Outros trabalhos refletem sobre o conhecimento prévio do aluno, como o publicado pelo pesquisador Artino (2008) na Universidade de Connecticut (EUA), “Teoria da carga cognitiva e o papel do aprendiz experiência: Uma revisão abreviada para profissionais de educação”. Apresentando uma discussão da relação do rendimento do aluno com o seu respectivo conhecimento prévio, tendo o mesmo uma influência direta na aprendizagem.

2.5 SUPERANDO AS IDEIAS DO SENSO COMUM

2.5.1 A CONTRIBUIÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo a teoria de Ausubel o fator isolado da aprendizagem mais importante do processo ensino aprendizagem “é o que aprendiz já sabe” (NOVAK, 1977a). Sendo o

conceito mais importante desta teoria e a da “aprendizagem significativa”, na qual diz que os conceitos específicos são amparados por outros conceitos mais gerais ou relevantes, chamados de “subsunçores”, desenvolvidos através de experiências presenciadas durante seu dia a dia. Para Moreira *et al* (1982),

“Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. (...), a qual Ausubel define como conceitos subsunçores ou, simplesmente, subsunçores, existente na estrutura do cognitiva do indivíduo” (MOREIRA *et al*, 1982, p.7).

Logo, a aprendizagem significativa é totalmente diferente do que propõem a metodologia tradicional que não associa os conceitos estudados pelos alunos na escola aos existentes na estrutura cognitiva de sua memória, sendo portanto, armazenada de forma arbitrária, conseqüentemente contribuindo para o esquecimento das informações a curto prazo ou até mesmo o desenvolvimento de um conhecimento “vago”, assimilado de forma mecânica, na qual não consegue explicar ou utilizar este conhecimento para resolver problemas que surgem durante seu dia-dia, pois não é significativo, ainda os autores declaram “[...] se a intenção do aprendiz é, simplesmente, a de memoriza-lo arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos ou sem significado”.

O sentido deste novo conhecimento elaborado, depende de como ocorre a interação do conteúdo potencialmente significativo com as ideias-âncoras, além do tipo de relação entre eles, podendo dar origem uma ideia: derivada, elaborada, qualificada ou superordenada da âncora. Isto é um processo que exige a participação do aluno, sendo um processo ativo para poder conseguir uma “aprendizagem significativa” (MOREIRA *et al*, 1982, p.11).

Segundo Ausubel, após a aprendizagem significativa, começa o segundo estágio de subsunção, chamado de “assimilação obliteradora”, consistindo num processo em que o cérebro humana assimila apenas ideias, conceitos e proposições mais gerais e estáveis, depois de um certo tempo, quando foram trabalhadas informações conceituais com os alunos em sala de aula.

Neste sentido, este autor recomenda que antes do professor iniciar qualquer assunto em sua aula, é necessário criar um material chamado de “organizadores prévios” que utilizam conhecimento que serão como “âncoras” para aprendizagem dos

conceitos mais complexos, também chamados de “pontes cognitivas” ligando aquilo o que já sabe é o que se deve saber, nesse sentido, Moreira *et al* (1982, p. 12) afirma que “A principal função dos organizadores é, então, superar o limite entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele precisa saber, antes de poder aprender a tarefa apresentada”.

O ideal é usar este material no início das tarefas de aprendizagem, aproveitando bem as características do subsunçor do indivíduo, sendo capaz de fazer com que os alunos consigam perceber as diferenças de conceitos existentes entre uma aula e outra, tirando suas dúvidas ou conflitos de entendimentos, que por ventura possam aparecer. Entretanto, pode-se ser extremamente expositório, caso o aprendiz não tenha nenhuma base sobre assunto ou no caso de ter uma certa familiaridade, comparativa, dando atenção a discriminabilidade do conteúdo, a fim de que os alunos não confundam os conceitos e o senso comum (MOREIRA *et al*, 1982, p.13).

Então o material em geral tem que ser elaborado de forma que possa contribuir para uma aprendizagem significativa no aprendiz, organizado de forma coerente que desperte a vontade de aprender do aluno. Um exemplo desse tipo é a metodologia superordenada, na qual usa conceito mais gerais para assimilarem outros menores conforme declara Moreira *et al* (1982, p.20).

Esta alternativa de metodologia procura fazer uma “diferenciação progressiva” do conteúdo, esmiuçando aos poucos o conteúdo em detalhes ou especificidades do mesmo, começando de conceitos mais gerais para o menos, obedecendo uma hierarquia de ideias de forma decrescente.

Entretanto, conforme já relatado é importante que a medida em que explica-se o assunto, o aluno deve fazer uma “reconciliação integrativa” das ideias, ou seja, diferenciar as ideias ou conceitos, mostrar suas relações e particulares, dessa forma o aluno não tenha dúvidas. Por outro lado, Novak (1977) diz ser mais eficiente o método “descendo subindo”, pois para explicar os conceitos derivados dos mais gerais é necessário mostrar qual sua relação com a ideia principal, principalmente através de exemplos.

Posterior a isso, a melhor forma de avaliar este conhecimento é fazer testes que não induzem a respostas mecânicas dos alunos analisados, exigindo que os mesmos saiam da sua “zona de conforto”, deixando os mesmos à vontade para deixarem o máximo de interpretações possíveis em suas respostas aos questionamentos apresentados. Outra ideia, também é pedir que os alunos diferenciem um conceito do

outro ou ainda que o professor desenvolva uma sequência de aprendizagem, na qual uma tarefa depende de outra para avançar.

Tudo isso, não só também contribui para uma aprendizagem significativa, mas diminui o efeito inevitável de assimilação obliteradora, fazendo que este conhecimento detalhado fique por mais tempo na memória. A respeito, declara Moreira,

“Os recursos para facilitação da aprendizagem de significados tem o objetivo contribuir para a aquisição de uma estrutura cognitiva adequadamente organizada, baixar o nível de obliteradora e tornar mais ativo o processo de aquisição de significados” (MOREIRA *et al*, 1982, p.15).

Uma forma de diminuir este efeito de esquecimento a longo prazo, e o uso dos mapas conceituais, também chamados de mapas significativos, como instrumento para implementação de seus princípios instrucionais, na qual os conceitos de uma disciplina ou assuntos são organizados de maneira hierarquizadas, podendo ser verticalmente, horizontalmente ou mista, sendo mais comum as últimas (bidimensionais), não podendo ser confundidos com mapas mentais, devido somente relacionar conceitos. Pode-se usar figuras geométricas – elipses, retângulos, círculos, ligados por linhas, devendo deixar claro quais são os conceitos mais importantes e os secundários ou específico, podendo também usar setas para dar uma direção a determinadas relações conceituais (MOREIRA *et al*, 2011, pg.124).

É importante destacar que não existe um único mapa conceitual como verdadeiro, podendo ter diferentes representações dos conceitos, dependendo da visão particular do indivíduo. Neste sentido é preciso ter cuidado para não ser autoexplicativo, pois a grande vantagem desses mapas é a possibilidade da explicação do aluno, externar a relação dos significados.

2.5.2 OBSERVANDO OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Em certas situações em sala de aula, quando o professor tenta explicar determinados assuntos, nota-se que é muito difícil fazer com que o aluno supere suas ideias pré-concebidas em relação ao entendimento do mundo em sua volta, algumas vezes devido estar ligado ao lado abstrato da interpretação, ou seja, o conceito estar relacionado a um laço de afetividade difícil de superar conforme relata Bachelard (1996).

Em parte, isto também tem a contribuição da maneira como a ciência foi propagada pelo mundo, trazendo as respostas aos problemas encontrados na sociedade,

confiável, devido ter passado por todo um processo experimental que comprova sua veracidade.

No entanto, as conclusões tiradas pelas experiências são baseadas num “indutivismo ingênuo” das pessoas que convivem dentro do mesma realidade social, valorizando informações perceptíveis aos sentidos humanos, principalmente o da visão, sem por ventura questionar ou desenvolver hipóteses alternativas as problemáticas apresentadas que fujam da verdade aceita deste meio social (CHALMERS et al, 1993, p. 23).

Apesar da imagem que chega na retina do estudante, por exemplo uma observação de uma experiência, ser a mesma, ele pode tirar conclusões diferentes, baseadas impressões subjetivas experimentadas que talvez só ele possua. Nesse aspecto,

“O que um observador vê, isto é, a experiência visual que um observador tem ao ver um objeto, depende em parte de sua experiência passada, de seu conhecimento, de suas expectativas e do estado geral interior do observados” (CHALMERS *et al*, 1993, pg.48).

Algumas dessas experiências do senso comum, presente na memória deste estudante, formam conceitos que vão de encontro aos científicos (aprendidos na escola), foram chamados de obstáculos epistemológicos, por Gaston Bachelard (1884-1962), sendo difundido em 1938 por Gaston Bachelard, na famosa obra: *La formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance*; Traduzida para o português em 1966.

Nesta obra, Bachelard (1996, p.17) fala que os obstáculos epistemológicos podem provocar lentidões, conflitos e até regressão do aluno no entendimento dos assuntos abordados, constituindo um verdadeiro obstáculo pedagógico. Neste ponto, Santos comenta, em relação ao que diz Bachelard em sua obra:

“[...] Eles são, diz, conhecimentos subjetivos, essencialmente de foro afetivo que entram o conhecimento objetivo. São geralmente anquilosantes porque bloqueiam o pensamento. Dizem respeito a aspectos intuitivos, imediatos e sensíveis” (SANTOS,1991, p.136).

Dentre os obstáculos existentes podemos destacar o substancialista e a experiência primeira, além de outros apresentados com maiores detalhes na tabela 1 seguir.

Tabela 1 - Resumo dos obstáculos epistemológicos

OBSTÁCULOS	CARACTERÍSTICA
Substancialista	O substancialismo carrega ideias de que partículas possuem características físicas semelhantes a corpos

	materiais, como dilatação, fusão e ebulição
Experiência primeira	São ideias ou opiniões de vida, obtidas através de experiências do dia-dia, também chamadas de senso comum que possui um grande valor psicológico, sendo difícil de ser superado.
Conhecimento geral	A tendência de generalizar os conceitos físicos é outro obstáculo observado por Bachelard em seus trabalhos, dificultando a aprendizagem dos conhecimentos científicos.
Obstáculo realista	A tendência de generalizar os conceitos físicos é outro obstáculo observado por Bachelard em seus trabalhos, dificultando a aprendizagem dos conhecimentos científicos.
Obstáculo verbal	São palavras, frases ou sentenças mal colocadas dentro de um texto que possam dificultar o entendimento do aluno ou levar a um raciocínio errado. Sendo que algumas palavras são interpretadas como autoexplicativas, podendo gerar imagens, conseqüentemente interpretações completamente errôneas dentro a situação analisada.
Obstáculo animista	Dentro da história da ciência era muito comum associar característica de seres vivos para explicar fenômenos físicos encontrados na natureza, como por exemplo, nos fenômenos eletromagnéticos que poderiam atrair ou repelir objetos metálicos quando aproximados da fonte geradora do campo.
Obstáculo da libido e o conhecimento objetivo	Para Bachelard o obstáculo do libido é ligado ao inconsciente do aluno, ligado aos desejos e os pensamentos mais duradouros. Como por exemplo, a busca incansável pelos alquimista é alimentado pelo desejo de conseguir transformar o metal em ouro.
Conhecimento quantitativo	Numa experiência é preciso ter cuidado ao afirmar um resultado,

principalmente quando envolve medidas com valores, generalizando como um fato irrefutável. Ao fazer uma simples medição de comprimento com uma trena é preciso considerar as margens de erros, dentro do mundo macroscópico, deixando claro ao aluno que é um valor aproximado.

CAPÍTULO 3

3. CONCEITOS BÁSICOS DA FÍSICA AMBIENTAL

3.1 A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

A estrela pertencente ao sistema solar do planeta terra, funciona como uma imensa fornalha aquecida, na qual íons de hidrogênio se fundem produzindo hélio e liberando uma quantidade fantástica de energia na forma de radiação eletromagnética (HEWITT, 2015), isso acontece devido uma parte da matéria fundida do hidrogênio se transformar em luz e calor, pertencentes ao espectro eletromagnético contínuo de energia conforme mostra a figura 2 abaixo.

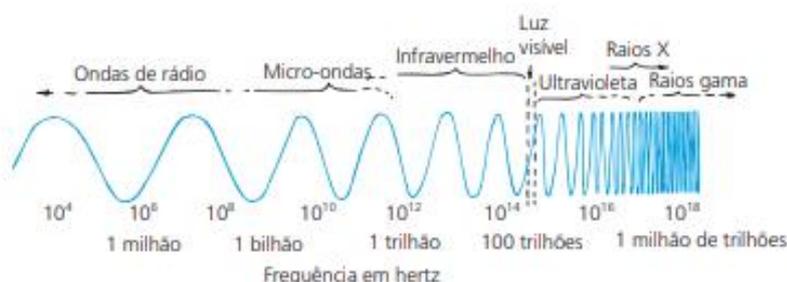


Figura 2- O espectro eletromagnético
Fonte: Hewitt, 2015

O espectro visível aos olhos humanos foi observado pela primeira vez pelo cientista inglês, Isaac Newton, em 1672, através da dispersão da luz branca pelo um prisma de vidro, totalmente polido, obtendo as cores sensíveis a retina humana (vermelho, amarelo, alaranjado, verde, azul e violeta).

Newton repetiu esta experiência por diversas vezes, descartando a hipótese que as cores se formavam por impurezas do prisma. Logo, ele concluiu que a luz branca é resultado da superposição de todas as cores do espectro visível, sendo a mesma

decomposta devido a refração sofrida ao passar de um meio (ar) para outro (prisma), com índices de refrações distintos. A figura 3 apresenta essa configuração.

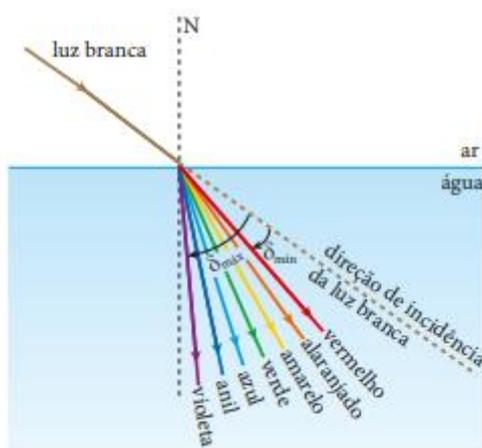


Figura 3 - Raios de luz branca e de sete cores que se separaram na dispersão.
Fonte: Hewitt, 2015

A relação entre os índices de refração dos dois meios determina a escala de refração medida pela lei de Snell conforme a equação (1).

$$N_1 \cdot \text{Sen}i = N_2 \cdot \text{Sen}r \quad (1)$$

Nesta equação (1), i é o ângulo de incidência, N_1 é o índice de refração do meio 1, r é o ângulo de refração, e N_2 é o índice de refração do meio 2.

Neste sentido, devido a luz ser uma onda eletromagnética, sua frequência em Hertz é inversamente proporcional ao comprimento de onda, de acordo com a equação (2).

$$V = \lambda \cdot f \quad (2)$$

Na equação (2), v é a velocidade, λ (lambda) é o comprimento de onda, e f é a frequência dada em Hertz. Tal que a mesma é produzida por um dipolo elétrico oscilante, se propagando ao longo de uma linha horizontal, com um comprimento de onda λ (ao centro), variando tanto a direção de vibração do campo elétrico quanto o campo magnético, representado, respectivamente, pela cor vermelha e azul, conforme mostra a figura 4 a seguir

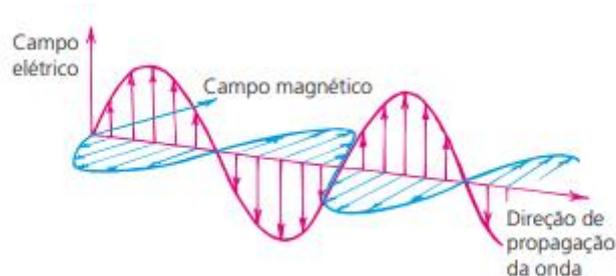


Figura 4 - Onda eletromagnética
Fonte: Hewitt, 2015

A fim de se conhecer quanto de energia esta onda transporta durante seu movimento, utiliza-se a equação (3) de Planck-Einstein, em que **E** é a energia dada em Joule; **h** a constante de Planck; e **f** e a frequência em Hertz (Hz).

$$E = h \cdot f \quad (3)$$

Esta forma de calcular a energia, segue o modelo de partículas, na qual a luz é comparada a um feixe luminoso compostos por pacotes discretos de energia, denominados de fótons. Sua geração é resultado do desequilíbrio dos átomos formadores do corpo emissor, ao passarem pelo processo de elevação de sua temperatura, transformando sua energia cinética em energia térmica, podendo ser calculado sua intensidade pela Lei de Stefan-Boltzmann, tal que a intensidade de radiação emitida (**R**) é proporcional a sua temperatura (**T**) conforme define Nussenzveig (1981).

$$R = \sigma \cdot T^4 \quad (4)$$

A equação (4) define que para cada valor de temperatura de um corpo reflete num tipo de cor do espectro, visível aos olhos humanos, dentro do intervalo de 400 nm a 700 nm de comprimento de onda (HEWITT, 2015).

Todavia, denomina-se de refletância o fator que mede a capacidade de um objeto refletir esta energia radiante para o meio, enquanto que a capacidade de absorver, chama-se absorptância, da mesma forma que capacidade de transmitir esta energia radiante e denominada de transmitância. Esses fenômenos, são expressos em porcentagens variando de 0 a 1, entre as cores, ficando entre os extremos de objetos escuros e opacos que possuem um valor baixo para a refletância, alto para a absorptância e nulo para a transmitância, para objetos de cor clara que possuem características contrárias as observados em objetos escuros.

3.1.1 A DESCOBERTA DO EFEITO ESTUFA POR FOURIER

O primeiro pesquisador a falar sobre o efeito estufa foi o físico e matemático francês, Jean-Baptiste Fourier. Nascido em 1768, ficou conhecido pela a série de senos e cossenos, propondo como solução para a equação diferencial relacionada a condução de calor de sólidos geométricos (SPIEGEL, 1976). Mesmo despertando críticas de Laplace, de Legendre e de Denis Poisson, gênios da Matemática na época, esta solução foi revolucionária para a época, ajudando a desenvolver a tecnologia da época. Outra façanha do matemático foi a transformada que leva o seu nome - “transformada de Fourier”, em que a versão contínua da série numérica anterior, obtida quando se considera um número infinito de frequências com contribuições infinitesimalmente próximas de acordo com Spiegel (1976).

Além disso, desenvolveu diversas ferramentas matemáticas que propiciou a análise e o estudo da transferência de calor entre substâncias sólidas e líquidas, consequentemente analisando os seus efeitos. Neste estudo, Fourier foi o primeiro a relacionar estes resultados com efeitos similares acontecidos no planeta, discutindo pela primeira vez, no meio científico, o tema de aquecimento global, sendo divulgado em 1827, em seu famoso artigo “As temperaturas do globo terrestre e dos espaços planetários” na Academia de Ciências da França (ALENCAR, 2007).

Segundo o artigo, a equação (4) de Stefan Boltzmann, por se tratar de uma quarta potência, em escala logarítmica e não linear, estabelece que a radiação emitida pelo sol depende de sua temperatura. Portanto, pensou-se que para calcular o equilíbrio térmico da terra, a quantidade de energia que entra no planeta deve ser a mesma quantidade de energia que sai, neste sentido, é necessário calcular a área da esfera planetária definida pela equação (5) a seguir.

$$S_0 = \pi.r^2 \quad (5)$$

Sendo que o “r” é o raio do planeta, representando pela energia que está incidindo sobre o mesmo. Para ele, parte da energia que chega a terra é refletiva de volta ao espaço: através das nuvens, geleiras e gases da atmosfera. Desta forma, ao calcular a equação de equilíbrio térmico é preciso considerar esta variável. Para incluir esta variável na equação, adiciona-se um elemento que pode ser representado pela letra “A” (que equivale ao valor 1), representando a quantidade de energia refletiva pelo planeta de volta ao espaço. Deve-se incluir também a variável “1-A”, estabelecendo a energia

que fica aprisionada no planeta terra. Ou seja, A é a energia total, e a energia que fica retida no planeta é menor que o total, portanto, $1-A$.

Dependendo do valor de “ A ”, absorve-se mais ou menos calor da radiação solar, além das particularidades da superfície do planeta (uma região coberta por gelo reflete mais a luz do que uma região coberta por rochas ou fuligem). Assim, a equação (6) ajustada da energia que ficou retida no planeta define-se por:

$$S_0 = \pi \cdot r^2 \cdot (1-A) \quad (6)$$

Para calcular a energia que sai do planeta leva-se em consideração a equação de equilíbrio térmico de Stefan & Boltzmann, considerando a área do planeta como uma esfera utiliza-se a equação (7) a seguir.

$$E = \sigma \cdot T^4 \cdot 4\pi \cdot r^2 \quad (7)$$

A resolução desta equação demonstra que tal efeito não depende do tamanho do planeta. Portanto, chega-se a temperatura por intermédio da equação (8).

$$T = \sqrt[4]{\frac{S_0(1-A)}{4\sigma}} \quad (8)$$

Na equação (8) a área inicial $S_0 = 1365 \text{ W/m}^2$ e $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$ define uma constante. Nesse sentido, baseada nas bandas do espectro eletromagnético, “ A ”, se refere a porcentagem de luz do sol refletiva pela terra (cerca de 0,31 ou 31%).

Ao realizar seus cálculos, Joseph Fourier obteve a temperatura média do planeta em torno de 254°K (-19°C), entretanto notou que a temperatura não correspondia à realidade, pois a temperatura média do planeta era de entorno de 14°C . Na concepção de Fourier, dois cenários poderiam ocorrer: pouco calor estava chegando a Terra, ou muito calor estava sendo emitido de volta ao espaço.

Após estudar as variáveis de seus cálculos notou o papel importante dos gases da atmosfera, funcionando como isolante térmico, e considerou esta variável em seus novos cálculos, concluindo que a maior parte da energia que a Terra irradiava era dissipada para o espaço, porém uma pequena parte continuava ainda presa na terra, retida por esses gases que compõem a atmosfera.

Sua descoberta revolucionária, deu a Fourier o título do primeiro a constatar o efeito estufa, e caracteriza-lo como um potencial agente ligado a manutenção da temperatura média do planeta (ALENCAR, 2007).

Para a correção da equação (8), insere-se um novo elemento em seus cálculos “G”, representando o calor irradiado pelo planeta para o espaço, em contrapartida o elemento “1-G”, representa a irradiação retida pelos gases da atmosfera – que, evidentemente, é menor que o total de energia irradiada.

Adequando-se a equação (8), com a inserção desse novo elemento, têm-se a equação (9).

$$T = 279 \sqrt[4]{\frac{(1 - A)}{1 - G}} \quad (9)$$

O parâmetro G é definido no intervalo entre maior do que zero e menor do que um ($0 < G < 1$), representando um aumento na temperatura em relação ao cálculo anterior. Como este elemento “G” é igual a 0.4 (ou 40%), logo resulta em uma temperatura média do planeta de 288°K, ou 16°C. Esta primeira modelagem de temperatura média global, obviamente, passou por refinamentos, conforme os instrumentos de medição ficaram mais precisos com o passar dos anos, chegando a 14°C nos tempos atuais.

Portanto, no artigo, Fourier procurou estabelecer uma relação dos conjunto de fenômenos naturais com suas relações matemáticas, visando explicar de forma geral o aquecimento terrestre. Chegando a conclusão, conforme foi visto que o calor do globo terrestre deriva de três fontes distintas: a Terra é aquecida pelos raios solares de forma não uniforme, o que provoca uma diversidade de climas no planeta; O mesmo também permanece exposto a irradiação dos incontáveis astros que existem em todas as partes do sistema solar; E por último, a Terra conservou em seu interior uma parte do calor primitivo que ela contém desde a época de formação dos planetas (ALENCAR, 2007).

Em particular, os raios que o sol envia incessantemente ao globo terrestre produzem dois efeitos muito distintos, primeiro é periódico pertencente ao envoltória exterior da Terra, contribuindo para as variações diurnas ou anuais do clima, já outro é constante e se observa nas profundos da Terra.

A presença dos gases pertencentes a atmosfera e das águas dos rios fazem a distribuição do calor pela superfície da terra de maneira mais uniforme. De acordo com Fourier, os raios do Sol que chegam à Terra na forma de luz têm a propriedade de penetrar substâncias sólidas ou líquidas. Entretanto, ao atingir os corpos terrestres, esses raios se transformam em calor radiante obscuro, como ele chamava a radiação infravermelha, que ainda não era conhecida por este nome na época.

A distinção entre o calor luminoso (luz branca vinda do sol) e o calor obscuro (radiação infravermelha) explicaria a elevação da temperatura causada pelos corpos transparentes (gases da atmosfera e água), visto que os raios de luz atravessariam facilmente a atmosfera, enquanto os raios obscuros teriam dificuldade de realizar o caminho contrário (ondas de comprimento grande). Esse efeito seria responsável pelo aquecimento da superfície terrestre. Fourier estava, mais uma vez, com a razão.

Por conseguinte, o movimento do ar e das águas, o regime do mar, a elevação e a forma do solo, os efeitos da indústria provocadas pela ação humana e todas as alterações acidentais da superfície terrestre, afetam as temperaturas em cada região, influenciando no clima, porém, a presença das nuvens que cobre nosso planeta, funciona como cobertor aquecendo-o, neste aspecto quanto maior a concentração desses gases nas proximidades da superfície terrestre, maior a concentração do calor que fica contido nessa região (ALENCAR, 2007).

3.2 UMIDADE RELATIVA DO AR

Entende-se por umidade relativa do ar, a relação entre a quantidade de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura (ponto de saturação), variando de 0 a 100%. Um exemplo, a 30 graus Celsius, pode existir no máximo 4% de moléculas de água no estado de vapor no ar; caso efetivamente exista apenas 3%, então a umidade relativa será 3 dividido por 4, portanto, 0,75 ou 75%. Diz-se que o ar estar saturado, quando em uma determinada temperatura existe um percentual máximo de moléculas de água no ar em estado de vapor, sendo que ultrapassando este percentual inicia-se a condensação dessas moléculas, aparecendo em forma de neblina (temperatura de orvalho), estas pequeníssimas gotas produzem espalhamento da luz branca, conferindo a cor esbranquiçada característica da neblina conforme declara Branco (2003).

Na temperatura ambiente a saturação do ar ocorre com um percentual baixo de água no ar, seja em número de moléculas, seja em massa. As experiências mostram que o percentual de água no ar saturado de vapor de água a 1 atm (atmosfera) varia com a temperatura, sendo que em temperaturas mais altas acumula mais umidade do que a mais baixa, como a de 30 graus Celsius, ocorrendo a saturação na proporção de água de apenas 4% (ou um pouco menos de 3% em massa), já a temperatura de 10 graus Celsius, estes percentuais caem para 1,3% ou 0,7%, mostrando que o ar não comporta muito vapor de água em temperaturas mais baixas (BRANCO, 2003).

Por ventura, para detalhar o comportamento da umidade, foi necessário desenvolver o estudo da psicrométrica, ou seja, o estudo do ar seco e do vapor de água como sendo uma mistura de duas substâncias gasosas puras, obedecendo a lei dos gases perfeitos com o propósito de estabelecer equações que expressem propriedades físicas tanto do para o ar quanto para a água em uma forma mais simples. Sendo que as soluções dessas equações podem ser utilizadas para construir tabelas de dados psicrométricos ou gráficos úteis no estudo das condições do ar atmosférico em função de variáveis termodinâmicas, tais como a temperatura e a pressão (NUSSENZVEIG, 1981).

Logo, se uma mistura de gases perfeitos ocupa um volume conhecido a uma temperatura de referência, a pressão total exercida pela mistura é igual à soma das pressões dos constituintes, onde no início, cada constituinte é considerado na mesma temperatura e no mesmo volume, obedecendo à lei dos gases perfeitos, sendo que é mais conveniente expressar a lei de Dalton, obedecendo os seguintes princípios:

- A pressão exercida por cada gás em uma mistura de gases é independente da presença dos outros gases.
- A pressão total exercida pela mistura de gases é igual à soma das pressões parciais (pressão de cada gás constituinte).

A umidade absoluta é a massa de vapor de água presente na unidade de volume de ar úmido, a certa temperatura e pressão, sendo sua unidade no Sistema Internacional é grama de água por metro cúbico (g.m^3) de ar. No entanto, quando a razão é entre a massa de vapor de água e a massa do ar seco, as unidades utilizadas são: gramas/quilogramas. Onde nada mais esta razão representa uma fração molar, pois considera uma comparação do número de moles da substancia pesquisada pelo total das moléculas envolvidas, no caso a fração molar de vapor no ar úmido χ_v e a fração molar χ_{sv} de vapor de água no ar úmido saturado na mesma pressão e temperatura conforme a equação (10) definida por Chapman (1992).

$$UR = \chi_v / \chi_{sv} \quad (10)$$

Existe outra forma de expressar a definição da umidade relativa baseado no fato que o vapor é considerado como um gás perfeito conforme Scott (1996). Utiliza-se então a pressão de vapor da água (e), na unidade pascal (Pa), para o cálculo desta umidade, multiplicando-se por 100, dessa forma, a equação (11) apresenta-se em termos percentuais.

$$UR\% = E/E_s \quad (11)$$

Na equação (11), E é a pressão parcial de vapor de água do ar (g/kg) e E_s é a pressão de vapor nas condições de equilíbrio, também chamada de pressão de vapor de saturação, sendo alcançada numa câmara de água como superfície líquida ou de gelo, para temperaturas negativas, onde o número de moléculas de água passando da fase líquida para vapor é igual ao processo contrário, mantendo um equilíbrio, na qual denomina-se de condições de Clausius – Clapeyron. Sendo que a equação de Clapeyron segundo VAN WAYLEN (2003) obedece a equação (12) abaixo.

$$\frac{de_v}{dt} = \frac{S_l - S_v}{V_l - V_v} \quad (12)$$

Na equação (12), e_v é a pressão de vapor, S_i é a entropia do líquido ou vapor, V_i o volume do líquido ou vapor e T é a temperatura. Sendo que nos casos onde a temperatura da fase de vapor é baixa, simplifica-se à equação de Clapeyron, onde considera-se a entalpia de evaporação (L) dependente da temperatura do meio pela equação (13) conforme descreve MCPHERSON (2002).

$$\frac{de_v}{dt} = \left(\frac{L}{R_v}\right) \frac{E_v}{T^2} \quad (13)$$

Neste sentido, supondo-se que em um recipiente fechado de volume V (m^3), que contenha 1kg de ar seco a uma pressão P_a (Pascal) e temperatura T (Kelvin) e, ao se injetar “X” kg de vapor de água na mesma temperatura no recipiente, a pressão será definida pela equação (14) abaixo.

$$P = P_a + E \quad (14)$$

Estabelecendo-se a razão entre essas duas pressões (ar úmido pelo ar seco) chega-se na equação (15).

$$X = \left(\frac{R_a}{R_v}\right) \frac{E}{P - E} \quad (15)$$

Na equação (15) R_v é a constante de gás para o vapor de água e R_a é a constante de gás para o ar seco. Adicionando-se mais vapor de água e mantendo-se a temperatura constante, o excesso de vapor de água se condensará e será coletado como água líquida nas paredes do recipiente. Portanto, quando o sistema não aceita mais vapor de água, diz-se que o ar se encontra saturado, obtendo-se a pressão de vapor saturado e_s , sendo que esta expressão matemática correlaciona-se em função da temperatura de saturação (T_s) de acordo com SCOTT (1996).

Outra forma de se obter a umidade relativa é estabelecer a razão entre a pressão de vapor saturado da água na temperatura do ponto de orvalho (T_{orva}), pela pressão de vapor saturado da água na temperatura ambiente (T_{amb}). A equação (16) apresenta matematicamente essa definição.

$$UR = E^{4900\left(\frac{1}{T_{amb}} - \frac{1}{T_{orv}}\right)} \quad (16)$$

3.2.1 O PROCESSO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Durante a evaporação, a água é convertida de líquido em vapor, passando para a atmosfera, a uma temperatura inferior a de ebulição (100°C), um processo invisível aos nossos olhos, na qual envolve a evaporação da água das superfícies livre dos rios, lagos, represas, oceanos, dos solos e da vegetação úmida (que foi interceptada durante uma chuva), além do processo da transpiração dos vegetais (BRANCO, 2003).

Tendo destaque as árvores que liberam grandes quantidades de água para atmosfera, como por exemplo, um carvalho de grande porte, transpira cerca de 150 mil litros de água para a natureza, a cada ano. Já no processo da Transpiração, a evaporação devida a ação fisiológica dos vegetais, ocorrida, principalmente, através dos estômatos que é uma célula modificada das plantas, onde flui o vapor de água (BRANCO, 2003).

A transferência natural de água no estado de vapor da superfície do globo para a atmosfera interpreta-se facilmente pela teoria cinética da matéria, correspondendo um aumento da energia cinética das partículas da substância, exigindo por isso, com temperatura constante, este o consumo de energia, por unidade de massa da substância, é o calor de vaporização (NUSSENZVEIG, 1981). Entretanto, conforme já dito anteriormente na explicação do hidrômetro de bulbo na explicação da umidade, simultaneamente com o escape das partículas de água para a atmosfera dar-se o fenômeno inverso, ou seja, partículas de água na fase gasosa, que existem na atmosfera, chocam à superfície de separação e são captadas pelo corpo evaporante, mantendo a evaporação até atingir o estado de equilíbrio, que corresponde à saturação do ar em vapor d'água, na qual o número de partículas de água que escapam do corpo evaporante é então igual ao número de partículas de água na fase gasosa que são capturadas pelo corpo no mesmo intervalo de tempo (BRANCO, 2003).

Caso exista uma superfície exposta às condições ambientais, que contenha um certo conteúdo de vapor d'água, nota-se a troca de moléculas entre as fases de vapor e líquida, a qual envolvem os fenômenos de condensação e evaporação, em geral, a

radiação solar é a principal fonte de evaporação, consumindo 540 cal.g^{-1} a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ e 586 cal.g^{-1} a $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Podendo ser mais intenso este processo, se houver uma variação da intensidade desta radiação recebida na superfície, produzindo uma maior variação na temperatura da mesma, modificando a energia cinética das moléculas, escapando da superfície com mais facilidade, devido à sua maior energia cinética (NUSSENZVEIG, 1981).

Este aumento da temperatura provoca um aumento da quantidade absorvida de vapor d'água pelo ar, presente no mesmo volume de ar, conseqüentemente aumentando também a pressão de saturação do vapor na atmosfera (e_s), mas diminuindo a umidade relativa (efeito indireto), já que de acordo com a Lei de Charles, para gases ideais, permanecendo o volume constante, as duas grandezas são diretamente proporcionais conforme a equação (17).

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_t}{T_f} \quad (17)$$

De acordo com a equação (17), quanto maior temperatura maior será e_s (maior a capacidade do ar conter água) e menor UR. A UR é baixa próximo ao meio dia e alta durante a noite, não por causa da umidade do ar em si (e_a) (que provavelmente é até maior durante o dia) e sim porque a temperatura é alta durante o dia e baixa durante a noite, ajudando explicar, por que em uma dada temperatura, quanto mais seco o ar maior será a sua capacidade de absorver água, ajudando a aumentar a e_s , mas diminuindo a UR.

A primeira equação para o cálculo da evaporação de uma superfície foi proposta por Dalton (1928).

$$E = C \cdot (e_s - e_a) \quad (18)$$

Na equação (18) C é um coeficiente empírico, relativo a elementos meteorológicos, e_s é a pressão de saturação à temperatura da superfície e e_a é a pressão de vapor do ar.

3.3 A PRESSÃO ATMOSFÉRICA

A grandeza pressão atmosférica define-se como a medida da pressão que o ar atmosférico exerce sobre a superfície do planeta, sua manifestação está diretamente relacionada à força da gravidade exercendo sobre as moléculas gasosas que compõem a atmosfera. Logo, de acordo com a hidrostática, esta pressão pode mudar de acordo com

a variação de altitude (h). A equação (19) apresenta a definição matemática da pressão hidrostática.

$$P = \mu . g . h \quad (19)$$

Na equação (19), (μ) representa a densidade volumétrica, g significa a gravidade e h como visto a altitude ou altura.

Portanto, isso significa que quanto maior for a altitude menor será a pressão, porque quanto menor for a pressão gasosa menor será a pressão atmosférica, do contrário maior será a pressão atmosférica exercida sobre a superfície. Quem percebeu isso pela primeira vez, foi o matemático e físico italiano Evangelista Torricelli (1643), conseguindo determinar a medida da pressão atmosférica ao nível do mar por intermédio de uma simples experiência. Inicialmente, ele encheu um tubo de aproximadamente um metro de comprimento com mercúrio conforme mostra figura 5, e logo em seguida mergulhou o tubo cheio de um recipiente contendo a mesma substância, após um período, ele notou que o mercúrio descia um pouco, se estabilizando aproximadamente a 76 cm (760mm) acima da superfície.

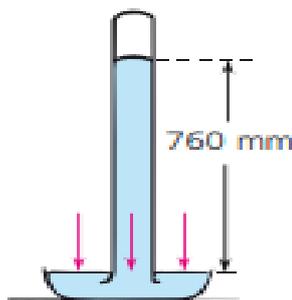


Figura 5 - Experiência de Torricelli
Fonte: Hewitt, 2015

Analisando o resultado, ele interpretou essa experiência dizendo que o que mantinha a coluna de mercúrio nesta altura, não fazendo o tubo esvaziar, era a pressão atmosférica que empurrava no sentido contrário. Estabilizado-se a coluna do líquido em aproximadamente em 76 cm, obtida ao nível do mar, pois quando a altitude varia a pressão atmosférica também varia como citado anteriormente. Então, Torricelli concluiu que ao nível do mar a pressão atmosférica é 76 cmHg ou em milímetro 760 mmHg, equivalendo a uma atmosfera (1 atm), unidade nova surgida para definir esta pressão, onde $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, portanto conforme Hewitt (2015), 1 atm corresponde a 76 cmHg que corresponde a 760 mmHg e finalmente corresponde a 1,01105 Pa.

Conforme visto, esta pressão diminui à medida que as moléculas vão se distanciando da superfície do planeta, conseqüentemente a força da gravidade que prende as prende também diminui, pois as duas são grandezas diretamente proporcionais, isso explica o fato de grandes cadeias de montanhas apresentarem um ambiente mais rarefeito. A equação (20) apresenta claramente o que fora discutido nesse aspecto.

$$P = \frac{\frac{G.M.m}{d^2}}{S} \quad (20)$$

Na equação (20), P é a pressão atmosférica, resultado da divisão da força gravitacional (representado pelo valor do numerador da fração da equação dada) e por “S” (área da superfície). Sendo que a força da gravidade depende de “m” (massa de uma molécula gasosa), “M” (massa da terra) e “d” distância que separa as moléculas do núcleo do planeta. Conforme visto no capítulo anterior, a pressão depende também da temperatura (inversamente proporcionais), por sua vez, fisicamente falando, quando as substâncias estão mais frias, as moléculas agrupam-se, e quando as substâncias estão mais quentes, as moléculas afastam-se (HEWITT, 2015).

Logo, nas zonas da Terra em que as temperaturas encontram-se menos elevadas, as moléculas de ar unem-se, ficando mais densas e, portanto, mais pesadas, aumentando a pressão. Enquanto as temperaturas se elevam, as partículas se afastam, o ar fica menos denso e a pressão diminui. De forma, poder-se-á considerar que a pressão diminui 1 hPa (ou 1 mbar) a cada 8 metros que se sobe, a 3000 metros de altura, é cerca de 0,7 kgf/cm², porém em 8840 metros, a pressão é de 0,3 kgf/cm²

Esta relação da pressão atmosférica com altitude, vem do teorema de Stevin dos líquidos representado pela equação (21).

$$P_{total} = P_{atm} + h.d.g \quad (21)$$

Na equação (21), P_{atm} é a pressão atmosférica no nível do mar(76cmHg), h é a distância da superfície (ao nível do mar) até a altitude analisada é d é a densidade gasosa.

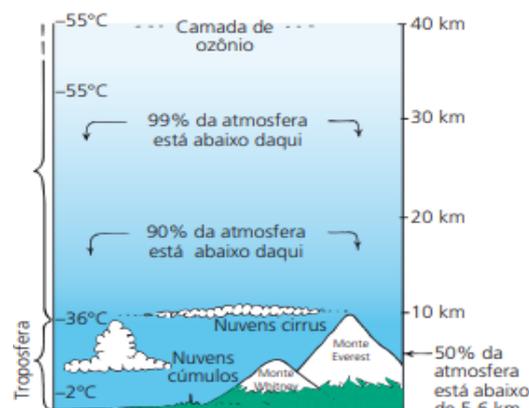


Figura 6 - Variação da pressão atmosférica com altitude

Fonte: Hewitt, 2015

Como visto na figura 6, observa-se que o ar está mais comprimido ao nível do mar, do que em altitudes superiores onde é mais rarefeito.

Neste sentido, se estas variações de pressão atmosférica no planeta são responsáveis pela formação dos ventos, também é um dos fatores que determinam as condições do tempo, pois os mesmos estão relacionados, na medida que a corrente de ar carrega este vapor de água de um ponto ao outro, influenciando na formação das chuvas. Isso acontece na atmosfera, devido à baixa pressão do ar estar associado com a formação de muitas nuvens, com chuva e eventualmente com tempo severo, com tempestades. Enquanto a alta pressão é identificada como áreas que estão com céu azul ou com poucas nuvens, com menor umidade no ar, com tempo seco, sem chuva (GIOVANI, 1976).

A causa deste fenômeno é a insolação sobre a superfície da Terra que aquece o ar circundante, logo expandindo-se, devido sua baixa densidade, no final tendo uma concentração mais baixa do que o ar frio. Como consequência disto, o ar quente sobe e aquece também as regiões superiores da atmosfera, simultaneamente, o ar "descola" do "aquecimento" - a terra - e, portanto, vai arrefecendo. Se este processo ocorre numa área maior, surgirá um grande pacote de ar expandido mais quente, que agora é mais estratificado (altaneiro) do que o ar circundante. No entanto, se ocorrer uma diferença de altitude significativa nas regiões próximas, o ar mais quente começa a fluir lateralmente ao longo dos pacotes de ar adjacentes mais frios conforme descreve Giovanni (1976).

Por essa razão, o ar vai arrefecendo ainda mais, ficando mais pesado e, finalmente, afundando no chão quando atinge as regiões menos frias. Quando ocorre isso, diz que houve uma circulação gasosa, pois o ar se levanta sob alta pressão, vai-se

espalhando para fora lateralmente e flui para baixo para as áreas com menor pressão. O ar restante vai arrefecendo sob certas condições e por isso diminui. Por causa do dreno, ele perdeu um pouco da sua massa e assim a pressão vai afundando. Durante o aquecimento, o ar também pode absorver mais água, sendo o mesmo movido para cima com o aumento da umidade, formado nuvens nas altitudes (GIOVANI, 1976).

Esses centros de baixa pressão criam um movimento de ar convergente para o seu centro, fazendo com que haja concentração de umidade e de calor, facilitando a formação e o crescimento das nuvens. Diferentemente dos centros de alta pressão atmosférica geram um movimento de ar divergente, para fora do centro e também subsidente (de cima para baixo) fazendo com que o ar fique mais seco, ou seja, a alta pressão faz o papel oposto da baixa pressão: seca o ar, diminui a nebulosidade e as condições para chuva.

Nesse aspecto, conclui-se que a pressão atmosférica depende dessas duas grandezas - temperatura e pressão, provocando a circulação gasosa conforme mostra a figura 7 a seguir.

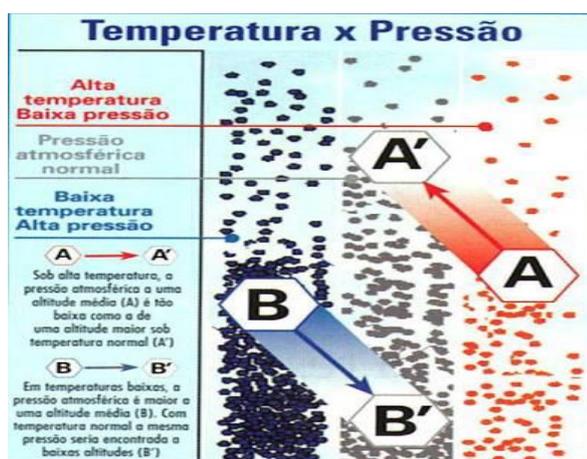


Figura 7 – Movimentação dos gases com a diferença de pressão
Disponível em <https://www.climatempo.com.br>

Portanto, conforme visto, essas zonas de baixa pressão provocam a subida das frentes de ar, o que propicia a formação de nuvens, enquanto as zonas de alta pressão propiciam a descida do ar, impedindo a formação de nuvens e deixando o tempo mais “limpo”. Na figura 8 é possível observar a representação artística desse fenômeno.

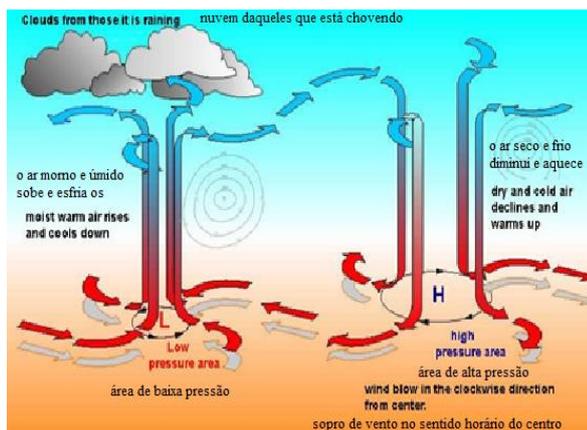


Figura 8 –Formação de nuvens devido à alta e baixa pressão
Disponível em [https://www. content.meteoblue.com/pt/](https://www.content.meteoblue.com/pt/)

CAPÍTULO 4

4. PROPOSTA METODOLÓGICA

4.1 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA E A ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho, descreve uma sequência de atividades realizadas na escola “E.M Lourenço Galleti, localizada no município de Açailândia-MA, com duas turmas do terceiro ano, sendo a primeira (3ºano A) com 20 alunos e outra (3º ano C) representada por 28 alunos, todos pertencentes ao turno matutino de ensino médio regular. As etapas da sequência didática foram realizadas no último bimestre do ano letivo de 2018(período que vai início de novembro ao final de dezembro), obedecendo as seguintes etapas da proposta metodológica:

- Introdução

Nesta etapa que durou menos de uma aula (cerca de 30 minutos) foram divididos em oito grupos, de forma que cada grupo ficasse responsável a realização de

uma experiência, tendo o 3º A, quatro grupo de três integrantes e os outros quatro de dois (totalizando 20 alunos); Já o terceiro C, devido ter uma maior quantidade de alunos em sua sala, foram divididos quatro grupos de 4 e a mesma quantidade de 3 participantes (totalizando 28 alunos). As experiências dos grupos foram divididas em sorteio, de modo que o processo tornou-se mais transparente entre os estudantes. Nessa mesma aula, foi marcado a visita dos grupos no laboratório da escola para o início da sequência didática, organizados cada visita com três grupos de cada vez, obedecendo a ordem das experiências:

Grupo1: experiência da radiação visível (DVD)

Grupo2: experiência do lego

Grupo3: experiência do psicrômetro

Grupo 4: experiência da pressão(balão)

Grupo 5: experiência da inversão térmica(garrafas)

Grupo 6: experiência da estufa caseira

Grupo 7: experiência do termo hidrômetro

Grupo 8: experiência da temperatura de ambientes internos(telhado)

- Diálogo e comparação

Afim que o professor conseguisse acompanhar o andamento da realização da prática educativa pelos alunos, conforme comentado no item anterior, o professor reservará um dia da semana para levar de três em três grupos de cada vez para ao laboratório.

No processo, o professor deixará os alunos realizarem suas experiências para que os mesmos possam analisassem os fatos apresentados, tirando conclusões que sirvam de base para responder o questionário de perguntas (ver no apêndice A), elaborado pelo professor para cada experiência, a fim de discutir os fenômenos físicos relacionados a atividade educativa.

- Conclusão

Ao término da resolução do questionário de perguntas (ver no apêndice A), o professor explicará o conceito básico ambiental (radiação, umidade relativa do ar e pressão atmosférica) ou fenômeno físico (inversão térmica, ilhas de calor, efeito estufa e aquecimento global), por trás das experiências (mais detalhes no capítulo 5, das atividades realizadas).

- Generalizações

Após a visita de todos os grupos ao laboratório, o docente marcará uma reunião com todos os grupos ao mesmo tempo para que os mesmos realizem uma pequena apresentação dos resultados obtidos das atividades realizadas, resumindo os conceitos físicos envolvidos nas experiências.

Na parte final desta reunião, o professor expõem e explica todas as relações dos conceitos e fenômenos aprendidos pelos alunos durante a realização de suas atividades através de um mapa conceitual elaborado pelo docente (mais detalhes no capítulo 5).

- Prova ou exame

Os alunos fizeram uma redação de 30 linhas em forma de avaliação, para saber se os conceitos ambientais trabalhados até o momento foram realmente assimilados pelo mesmo. O tema da redação escolhido pelo professor foi “- Explique como a poluição do ar pode prejudicar o meio ambiente e o ser humano, colocando em risco o futuro do nosso planeta”. Este tema foi escolhido devido a poluição atmosférica ser principal causa do fenômeno do efeito estufa, conseqüentemente do aquecimento global, principal alvo de discussão do professor com os alunos neste trabalho.

- Avaliação e divulgação dos resultados

O professor analisará as redações, corrigindo os possíveis erros conceituais ou epistemológicos que por ventura possa surgir com os alunos. Logo os alunos que tiveram algum resultado relevante na pesquisa foram identificados pela inicial de seu nome, escrita com letras maiúsculas (I, P, G, etc.), afim de manter o anonimato desses estudantes.

4.2 AS CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL INSTRUCIONAL DA METODOLOGIA EM ESPIRAL

O material instrucional deste trabalho foi baseado nas ideias de “experiência dirigida” do pesquisador Jerome Bruner (1915-2016) um dos autores mais influentes no século passado (XX), que dentre seus diversos feitos no mundo da educação, contribuiu para melhorar o processo ensino-aprendizagem de aulas voltadas a experimentação em geral, principalmente nas áreas ligadas as exatas como física, matemática, química e até biologia.

Discípulo de Piaget, como Ausubel, defendia a ideias parecidas ao seu mestre, segundo ele o ser humano possui três fases de desenvolvimento intelectual, na qual mostra como o ser humano visualiza o mundo em sua volta (BRUNER, 1973): a primeira fase é a de representação ativa, nessa fase a criança manipula o mundo por meio da ação; na fase de representação icônica fase semelhante ao operacional concreto de Piaget, o estudante começa manipular símbolos em sua mente, sendo capaz de relacionar ideias para chegar numa conclusão; e na última das fases na representação simbólica o aluno começa abandonar a ação operacional para chegar somente as conclusões de situações observadas durante seu dia a dia.

Esse trabalho foi aplicado aos alunos do ensino médio (terceiro ano), os questionários das perguntas geradoras – disponíveis no apêndice foram elaborados seguindo as peculiaridades desta fase de idade entre 14 a 17 anos, ou seja, considerando que o estudante seja capaz de perceber detalhes que possibilitam desenvolver hipóteses em sua mente, de fatos que poderá acontecer no futuro. Isso significa que o estudante é capaz de pensar nas possíveis variáveis, conseguindo deduzir relações potenciais que podem mais tarde ser comprovadas experimentalmente, representados em axiomas ou expressões formais matemáticas que comprovam sua hipótese (BRUNER, 1973).

Segundo o autor, para conseguir que o aluno evolua na sua representação de mundo com mais facilidade, é necessário que a proposta de intervenção seja eficiente em termos de aprendizagem no mesmo, para isso ele apontou três características envolvidas na proposta de intervenção: a predisposição para a aprendizagem, estrutura e forma de conhecimento e sequência em espiral.

4.2.1 PREDISPOSIÇÃO PARA APRENDIZAGEM

Nessa primeira característica, o professor deve criar um ambiente propício que desperte interesse do aluno para descobertas de alternativas para solução do problema. Neste sentido, no processo de descoberta, o aluno tem que passar pela fase da “ativação”, onde o professor crie um questionamento com um nível ótimo de incerteza (não seja muito ou pouca esclarecedora) que provoque a vontade de explorar o meio pelo estudante e encontrar a resposta correta, a respeito disso, Bruner declara que “Parece, porém, que um importante ingrediente é um sentimento de excitação pela descoberta”.

No trabalho, foram usadas experiências ligadas aos conceitos de fenômenos térmicos com intuito de despertar o interesse para aprendizagem, sequencialmente, a

montagem da experiência, sua realização e o preenchimento dos questionários com perguntas sobre os conceitos analisados.

Na realidade elabora-se uma sequência das perguntas, a qual uma dependa da outra, ou seja, a resposta da pergunta posterior depende do que foi declarado anteriormente. Nesse sentido, seguem os exemplos:

I. Quais as cores se formaram sobre o DVD, de fora pra dentro, ao colocar na frente de uma vela?

II. De acordo com a figura abaixo as cores que apareceram sobre o DVD (de fora pra dentro) seguem uma ordem crescente ou decrescente, em relação ao seus comprimentos de ondas e suas frequências?

Como visto os questionamentos foram criados como intuito de manter os alunos concentrados em desvendar as soluções dos problemas, estimulando-os a elaborar respostas ou conclusões:

VIII. Na tua opinião isto reflete na ordem das cores apresentadas sobre o DVD?

XIII. Que conclusão você tira da luz branca. Ela é monocromática ou policromática?

XIV. Em que situação, ela se revela na sua natureza?

Seguindo uma “trilha” lógica que leva no final do processo o entendimento completo do fenômeno analisado, estimulando relacionar com a realidade do seu dia-dia:

XV. Dê um exemplo do dia-dia que ocorre o mesmo fenômeno.

VII. Fazendo uma analogia com a questão anterior; diga por que é importante manter áreas verdes nas cidades?

Logo, quando o estudante conseguir relacionar a experiência com o meio em que vive, neste caso, Bruner afirma que o mesmo tem uma “potência efetiva” desenvolvida, ocorrendo a aprendizagem segundo Moreira (2011). Segundo Oliveira (1973), o fato do aluno descobrir por si só, o que acontece neste meio, é o evento mais importante no processo instrucional de Bruner, dando recomendações específicas para a sequência de instrução ser mais produtiva conforme Koll (2006).

4.2.2 ESTRUTURA E FORMA DO CONHECIMENTO

Bruner sugere que o professor antes de começar uma atividade educacional, tenha domínio sobre o conteúdo que está ministrando – no caso desse trabalho, se os conceitos físicos básicos envolvidos (radiação, umidade e pressão), além dos fenômenos

físicos ambientais analisados (efeito estufa, ilhas de calor, inversão térmica e aquecimento global) de fato serão ministrados.

No entanto, isso por si somente não é o suficiente, é necessário também que o conteúdo ensinado estruture-se de maneira coerente, simples na sua representação, facilitando a lembrança dos “pormenores” ou detalhes mais importantes (princípios fundamentais), visto que a memória humana é limitada, possibilitando a rememoração de todo o fenômeno estudado, através de exemplos ligados as ideias gerais que facilita a lembrança de particularidades ligadas, numa sequência natural, a estes conceitos fundamentais, o autor declara que “Consiste, essencialmente, em aprender uma ideia geral, que pode servir de base para reconhecer problemas subsequentes como casos especiais da ideia adquirida”.

Para isso, procurou-se explicar primeiramente os conceitos mais gerais (radiação, umidade e pressão) para posteriormente relacioná-los com os mais específicos (fenômenos térmicos ambientais), de uma forma ativa, através do manuseio das experiências pelos alunos, sempre dirigida ou acompanhada pelo professor, com isso o aluno não desanima ou desiste da atividade.

4.2.3 SEQUÊNCIA EM ESPIRAL

A metodologia em espiral promove revisões periódicas de conceitos e atividades já aprendidas, dando um novo enfoque, talvez num nível mais avançado, discutindo novas relações desse conceito, através do chamado “currículo em espiral”, Moreira *et al* (2015), declara que “[...] o processo instrucional deve prover revisões periódicas, revistas a conceitos e atividades já aprendidos, aplicando-os a novas e mais complexa situações”

A figura 9 a seguir apresenta-se os nomes das experiências (balão, Lego, dentre outros...), com a sua ordem de apresentação (de 1 a 8) e as perguntas que os conceitos são complementados por outras experiências, ligadas por setas e as perguntas representadas por algarismos romanos (I.II.III...), onde os conceitos são resgatados à medida que avançam na sequência didática, sendo que ao final fique claro a compreensão sobre o aquecimento global.

Um exemplo deste processo de resgate de conceitos ambientais é a terceira pergunta da experiência de temperaturas de ambientes internos, também chamada de telhado (8.III) que indaga “Qual a radiação pertencente a solar, estar mais presente? Justifique.”, sua resposta estar relacionada com que foi aprendido na experiência do

LEGO (2.V; III), resgatando o conceito da radiação infravermelha, dando assim um novo sentido a este conceito, sendo portanto uma radiação invisível aos olhos humanos que contribui para o aquecimento de ambientes internos (ver no anexo os questionários de perguntas).

Já nona pergunta da mesma experiência “Diga outro fenômeno natural que as árvores contribuem para sua formação, amenizando o calor das regiões Brasileiras? Explique”; Uma pista para resposta correta deste questionamento se encontra no que foi aprendido pelo estudante na sétima pergunta do LEGO (2. VII), ou seja, que área verde contribui para diminuir a influência da radiação infravermelha no ambiente, seja pela sua sombra ou pelo processo da fotossíntese ou umidade produzida pelas suas folhas(evapotranspiração).

Neste sentido, a experiência do telhado resgata respostas dado pela experiência do psicômetro (3.VI; VII), já que a mesma trabalha com o conceito de umidade relativa do ar, além da experiência da estufa (6.VII) que funciona como grande telhado que aprisiona o calor no meio ambiente (ver mais detalhes no capítulo da descrição das experiências).

Por sinal, as experiências da estufa caseira e do telhado são as mais importantes desta sequência, pois faz analogia com os gases que produzem o efeito estufa, principal responsável pelo aquecimento global, gerados pela poluição de carros, indústrias, queimadas, etc. Influenciando na frequência e no prolongamento de outros fenômenos, como as da inversão térmica e nas ilhas de calor (experiência do termo hidrômetro), principalmente nas cidades onde se concentra mais poluição e matérias artificiais (concreto, asfalto) que absorvem mais a radiação solar, emitindo mais calor para o meio ambiente.

Aliado a isto, as mesmas perguntas dessas experiências também reforçam a ideia da importância da preservação das árvores, no sentido de amenizar os efeitos provocados do aquecimento global, principalmente pela produção de umidade no ar, no meio em que elas vivem(evapotranspiração), contribuindo para a formação de chuvas que ajudam a refrescar o ambiente, e também pela retirada de carbono da atmosfera, através do fenômeno da fotossíntese.

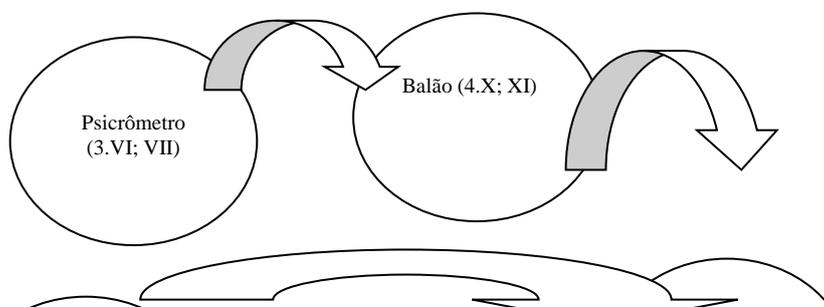


Figura 9 - Conceitos resgatados em espiral

4.2.4 A RELAÇÃO DA METODOLOGIA EM ESPIRAL COM OS REFERENCIAIS TEÓRICOS

Na relação da teoria de Bruner com outras teorias nota-se a preocupação do mesmo em criar questionamentos que não venha sobrecarregar a memória de trabalho do aluno, com o nível de incerteza ideal, evitando que este estudante se desestimule e abandone o processo de descoberta elaborado pelo professor. Aliado a isto este pesquisador dá ênfase no acompanhamento do professor ao aluno, durante a realização de suas atividades, tal que o docente fique sempre atento a retirar dúvidas quando

perceber que um questionamento superou o nível de incerteza deste estudante, significando que o mesmo não possui esquemas suficientes em sua memória de longo prazo para solucionar esta problemática.

Em vista disso, Bruner pensou em numa metodologia em que conhecimentos mais gerais são introduzidos para explicar conceitos específicos, assim facilitaria o entendimento do aluno já que diminuiria o efeito da carga cognitiva intrínseca do conteúdo. Esta metodologia chamada de “espiral” resgata conceitos dados anteriormente, se aproveitando deste esquema assimilados para explicarem novos conceitos, além de diminuir o efeito do tempo destas informações que muitas vezes provocam o esquecimento a longo prazo.

Em relação a teoria de Ausubel existe muitas semelhanças com a metodologia em espiral, principalmente quando a trilha lógica de questionamentos do processo de investigação leva o estudante relacionar com as problemáticas do seu dia, desenvolvendo no mesmo uma aprendizagem mais significativa.

Conforme falado anteriormente devido o resgate dos conceitos no processo em espiral, possibilita sempre a recordação destas informações, detalhando ainda mais ideias, facilitando a lembranças dos pormenores da mensagem dada pelo professor ao aluno. Isto tem função semelhante ao mapa conceitual de Ausubel que busca através de uma imagem mostrar todas as relações dos conceitos apresentados pelo docente, mostrando detalhes apresentados na metodologia em espiral.

4.3. A INVESTIGAÇÃO DOS DADOS PELO METÓDO DA COMPLEMENTAÇÃO

Nesse trabalho, utiliza-se abordagens tanto quantitativa quanto qualitativa, de forma complementar um em relação ao outro, também chamada de complementação, definida por Bericat (MOREIRA, 2011):

“A complementação existe quando, no marco de um mesmo estudo, se obtém duas imagens, um procedentes de métodos de orientação qualitativa e outra de métodos de orientação quantitativa” (MOREIRA,2011, pg.37).

A vantagem de usar a complementação e a capacidade de ter diferentes visões sobre o mesmo fenômeno em estudo, facilitando sua compreensão:

“[...] é capaz de revelar diferentes zonas da realidade social, assim como que é necessário contar com essa dupla visão para uma melhor entendimento do fenômeno” (MOREIRA,2011, pg.37).

4.3.1 ANÁLISE QUALITATIVA

Neste capítulo, enfatizou-se a fase de “prova ou exame”, na qual utilizou-se de uma análise qualitativa ou interpretativa dos dados, buscando interpretar as singularidades dos diversos contextos envolvendo a sala de aula do aluno. Nesse sentido, Moreira (2011) declara que “Naturalmente, o contexto assume então um papel de destaque, pois os significados e as ações são contextuais. A pesquisa interpretativa procura analisar criticamente cada significado em cada contexto”.

Outro ponto positivo da análise interpretativa é o fato de envolver um número de pessoas distintas, evidentemente, cada sala de aula tem uma organização social e cultural única. Não obstante, registros, anotações e asserções podem ser diferente uma das outras (MOREIRA, 2011). Logo, a melhor maneira encontrada para avaliar esses alunos é na dedicação dos estudos dos signos, como elementos formadores das palavras, utilizados pelo homem para facilitar suas atividades do dia-dia, como: lembrar, relatar, comparar coisas, etc.

Esses signos internos são representações mentais que substituem os objetos do mundo real, armazenando informações, ideias ou conceitos em nossa mente, possibilitando fazer relações, fazer planos e intenções, sem necessidade do ver o objeto concreto em sua frente. Entretanto estes signos são criados, desenvolvidos através de mediadores presentes na sociedade em que ele vive, compartilhando estes signos entre seus membros, consequentemente aprimorando sua interação social conforme explica Koll (2006).

Dessa forma, os signos são dados, socialmente compartilhados, uma espécie de código que vai ajudar interpretar sua realidade, únicos, presentes em cada cultura de sociedade existente a esse respeito comenta o autor.

“[...] é que os grupos culturais em que as crianças nascem e se desenvolvem funcionam no sentido de produzir adultos que operam psicologicamente de uma maneira particular, de acordo com os modos culturalmente construídos de ordenar o real” (KOLL,2006.).

Ainda, o autor considera que a “palavra” expressada pelo sujeito é a manifestação do pensamento humano.

Essa pesquisa fundamentou-se nessa ideia da “palavra”. Dessa maneira, solicitou-se aos estudantes o seguinte: “Faça uma redação (30 linhas), explicando como

a poluição do ar pode prejudicar o meio ambiente e o ser humano, colocando em risco o futuro do nosso planeta” - conforme comentado na metodologia. Os mesmos foram orientados a usarem todo o conhecimento aprendido durante a realização das experiências e a apresentação do mapa conceitual pelo professor para produzirem esta redação.

A partir da análise dos manuscritos (redações) dos estudantes, retirou-se palavras “chaves” ou afirmações próximas aos conceitos aprendidos durante a realização da sequência didática e foram representadas pelas seguintes classes da Língua Portuguesa:

➤ **Substantivos**

Nomeia os seres e as coisas; Isso é considerando a significação, pode ser concreto, abstrato, comum, próprio, coletivo, simples, composto, primitivo e derivado (MAIA, 2000).

Ex.: poluição, desmatamento, gado, queimadas, efeito estufa, ilhas de calor, etc.

➤ **Adjetivo**

Define-se como a palavra com a qual designamos qualidades concretas ou abstratas (MAIA *et al* 2000). Ex.: inundações.

➤ **Locução adjetiva**

Expressão de valor de adjetivo, formadas de preposição mais substantivo (MAIA *et al*, 2000).

Ex.: extinção de espécie(extinta), derretimento das calotas polares (degelo).

➤ **Verbo**

Palavra que, numa perspectiva de tempo, exprime ação, estado ou fenômeno, indicando também o modo, o número a pessoa e a voz (MAIA *et al*, 2000).

➤ **Conectivos**

Artigos, preposições e conjunções. Isso significa na determinação, ligação e relações entre as palavras (MAIA *et al*, 2000).

Na maioria das vezes estas classes aparecem em formas de sentenças concordando com os verbos (aparecendo como objetos) ou nomes, completando o mesmo (MAIA *et al*, 2000).

Verbo + conectivo +objeto

Ex.: falta de chuva, afeta a saúde, mudança no clima, etc.

Nome + conectivo+ complemento

Ex.: poluição das indústrias, preservação das árvores, projetos de preservação, etc.

4.3.2 ANÁLISE DA VARIAÇÃO DOS DADOS (ANOVA)

Com intuito da realização de uma análise qualitativa, de forma que possa preencher o requisito da complementação, foi usado a estatística de formulação de hipóteses ou suposições, visando comparar resultados de grupos diferentes (TOLEDO *et al*, 2010). Em relação a isso, segundo os autores, geralmente formula-se uma hipótese contrária ao objetivo analisado, denominada de hipótese nula sendo representada por H_0 , onde caso os resultados obtidos desse experimento diferirem acentuadamente dos resultados esperados para essa hipótese, conclui-se que as diferenças são significativas, rejeitando a mesma.

Esta situação leva a aceitar outra hipótese, representada por H_1 , denominada de hipótese alternativa, na qual se pretende comprovar sua eficiência. Os métodos que permitem decidir se uma hipótese deve ser aceita ou rejeitada, ou se os resultados obtidos diferem significativamente dos esperados, são denominados testes de significância, ou testes de hipóteses. No entanto, ao tomar decisões de rejeitar ou aceitar uma determinada hipótese, estão sujeitos a cometer erros, como: rejeitar uma hipótese verdadeira que deveria ser aceita (erro tipo 1); aceitar uma hipótese falsa que deveria ser rejeitada (erro tipo 2).

Para controlar esta limitação da estatística, usa-se o fator nível de significância do teste, representado por α , na qual é a máxima probabilidade aceitável de cometer um erro tipo 1; Geralmente, fixando um nível de significância em 5%, $\alpha = 0,05$ ou em 1%, $\alpha = 0,01$. Isto significa que se utiliza o nível de significância de 5%, tem 5 chances a cada 100 de rejeitar uma hipótese que deveria ser aceita, isto é, há uma confiança de 95% de que tenhamos tomado uma decisão correta. Essa confiança de termos tomado uma decisão correta é denominada de grau de confiança, dada por: $100(1-\alpha)\%$.

O teste de significância mais utilizado na estatística experimental é o teste F para comparação de variâncias, permitindo fazer a decomposição da variância total em partes atribuídas a causas conhecidas e independentes, e a uma porção residual de origem desconhecida e de natureza aleatória, comparando essas duas estimativas de variâncias independentes, usando para isso os quadrados médios (QM).

Em um experimento inteiramente casual, temos 2 estimativas de variância: uma devido aos efeitos de tratamento (QM Tratamento) e a outra devido aos efeitos dos fatores não controlados ou acaso (QM Resíduo). O teste F na análise de variância, utiliza-se sempre no denominador o QM do resíduo, comparando sempre com a variância causada pelos efeitos do fator que está sendo estudado (tratamentos, blocos, linhas, colunas, dentre outros), localizada no numerador da equação (22).

$$F = \frac{QM_{tratamentos}}{QM_{Resíduo}} = \frac{QM_{Trat}}{QM_{Res}} \quad (22)$$

Portanto, após obter o fator f , denominado de “ $f_{\text{calculado}}$ ”, compara-se com o valor “ f_{tabelado} ”. Logo conclui-se que:

- Se o $F_{\text{calculado}} \geq F_{\text{tabelado}}$ ou $F_{\text{calculado}} \geq F_{\text{crítico}}$, logo o teste é significativo ao nível de significância α considerado, então deve-se rejeitar a hipótese nula ($H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$) em favor de H_1 e concluindo que os efeitos dos tratamentos diferem entre si ao nível de significância α considerado, com um grau de confiança de 100 $(1-\alpha)$ %.
- Se $F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$ ou $F_{\text{calculado}} < F_{\text{crítico}}$, logo o teste é não significativo ao nível de significância α considerado, então não rejeitando a hipótese nula ($H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$) e concluindo que os efeitos dos tratamentos não diferem entre si ao nível de significância α considerado.

Todavia é preciso que toda a estatística possua uma fidedignidade (precisão das medidas) dos seus dados, caso contrário o trabalho perde sua credibilidade segundo Moreira (2011). Visando preencher essa lacuna foi usado o programa estatístico gratuito chamado “*Past*”, disponível para download no site <https://folk.uio.no/ohammer/past/>, além disso, no site consta um tutorial a respeito do software.

Este software livre visa portanto a análise de dados científicos, possuindo funções de manipulação de dados, plotagem, estatística uni variada e multivariada, análise ecológica, séries temporais e análises espaciais, morfometria e estratigrafia. Nesse trabalho, foi usado para calcular a análise de variância dos dados e realizar o teste tukey, uma particularidade da ANOVA que procura comparar amostras duas a duas, indicando se há diferença estatisticamente significativa entre cada par das mesmas.

Utilizou-se o software ainda para plotagem de gráficos comuns e de regressão linear no comparativo das amostras de dados. Sendo que o primeiro, procurou-se comparar as linhas de evolução das duas amostras – maiores detalhes serão

apresentados nos capítulos subsequentes. Na regressão linear das amostras procura-se diminuir o máximo a diferença residual entre os grupos, afim de que seus valores estejam próximos de uma reta, onde se encontra os valores desejados, ou seja, para que as amostras possuam a mesma evolução de resultados quando comparadas.

CAPÍTULO 5

5. ATIVIDADES REALIZADAS

Nas atividades realizadas neste trabalho foram realizadas oito experiências, na figura 10 apresenta três destas que envolveram os conceitos ambientais sobre a radiação eletromagnética visível utilizando DVD – alínea (a), sobre a umidade com o uso do Psicrômetro caseiro – alínea (b) e por fim o conceito a respeito da pressão atmosférica utilizando balão – alínea (c).

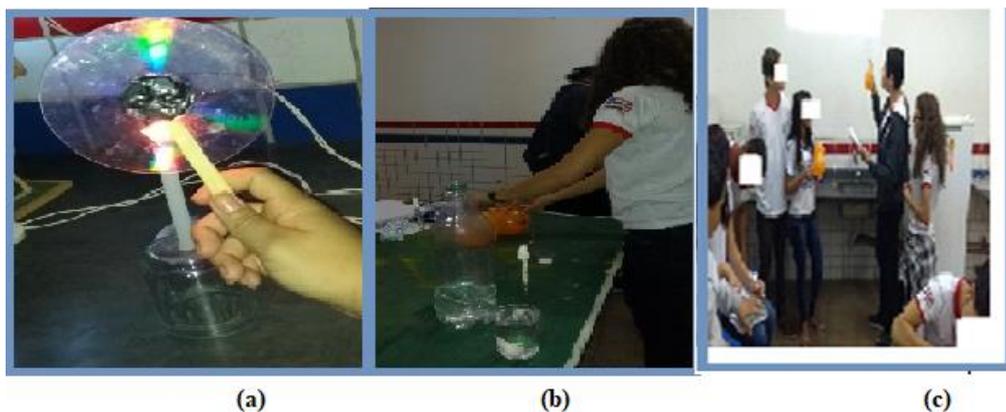


Figura 10 - (a) Radiação eletromagnética visível; (b) Umidade relativa do Ar; (c) Pressão Atmosférica

Entretanto, não foram realizado experiências de conceitos básicos ambientais, mas também ligados fenômenos ambientais, como visto na figura 11, na alínea (a) da figura o efeito estufa – com uso de estufa caseira-, o conceito de ilhas de calor nas alíneas (b) e (c) com o uso do termo hidrômetro e do telhado.

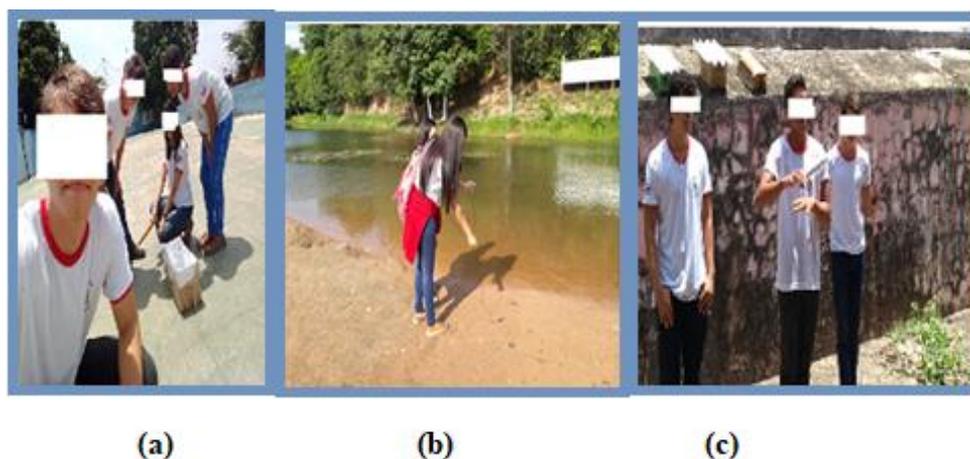


Figura 11 – (a) Estufa caseira; (b) Uso do termo hidrômetro; (c) Telhado

Neste sentido, mais detalhes sobre o modo de fazer, realiza-los e suas explicações será descrito nos capítulos abaixo.

5.1 EXPERIÊNCIA DA RADIAÇÃO VISÍVEL(DVD)

- **Objetivo**

Mostrar que a radiação solar vinda do sol, não é formada por uma única cor (branca), mais um conjunto de radiações, pertencentes ao espectro eletromagnético, cada uma com seu comprimento de onda e frequência conforme mostra a figura 12. Utilizou-se para isso, a demonstração do fenômeno da dispersão luminosa, no qual consiste na separação da luz branca em sete cores monocromáticas – alínea (a), a exemplo, a luz ao atravessar um meio que não

seja o vácuo ou o ar ou as gotículas de água suspensas no ar e um prisma de vidro demonstra a frequência e comprimento de onda do espectro visível – alínea (b).

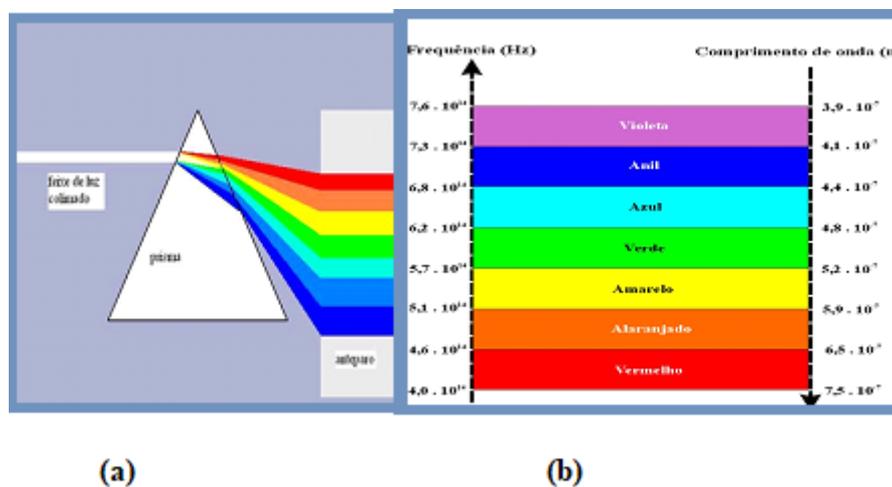


Figura 12 – (a) Dispersão da luz no prisma; (b) Espectro visível ao olho humano
Fonte: Hewitt, 2015

- **Material**

Tesoura, DVD usado, durex, fita adesiva e vela.

- **Montagem**

Corta-se um pedaço da borda do DVD em seguida separa-se a parte de cima da de baixo do DVD, retira-se a tinta refletiva da parte de baixo com o durex (tendo o cuidado de não tirar a parte roxa) e tampasse o centro do DVD com fita adesiva. Posteriormente acende-se a vela, apague-se a luz, dessa forma permitisse que a luz passe por dentro do DVD.

- **Explicação**

Como a luz é policromática, cada cor é refratada ou desviada de forma diferente, pois cada cor tem um índice de refração diferente, indo da menor frequência (vermelho) que fica na borda do DVD para a maior frequência que se localiza próximo ao centro do DVD, nesse ponto localiza-se a cor violeta.

- **Roteiro de perguntas**

O roteiro de perguntas – consta no apêndice, foi elaborado numa perspectiva de que o aluno possa recordar do fenômeno da refração ministrada em aulas anteriores, servindo a experiência para ampliar o entendimento dos seus conhecimentos sobre o assunto, tais como a ideia de raio de luz, uma onda eletromagnética dentro do espectro visível ao olho humano, cada um com seu comprimento de onda e frequência específica, refletindo na sua refração, à

medida que se desvia da reta imaginária chamada de Normal. Por fim, as últimas perguntas induzem o aluno concluir que a luz branca, na verdade é formada por várias cores - policromática, e ainda possibilitando com o que o estudante faça analogias com o fenômeno natural observado no arco íris, algo que é presente no dia a dia.

5.2 EXPERIÊNCIA DO LEGO

- **Objetivo**

Discutir sobre as cores não perceptíveis ao olho humano, em especial, a cor associada a radiação infravermelha, apresentado a característica da radiação infravermelha como uma onda não ionizante, de comprimentos longos, geradas por corpos quentes, tais como o corpo humano que emite calor para o ambiente.

- **Material**

- a) Kit de robótica, ou seja, maleta NXT n°9797 disponível para compra no site da Lego Brasil
- b) Bloco programável de 32 bits.
- c) Um sensor de luz que emite e traduz a intensidade refletida.
- d) Guia de cores

- **Montagem e Programação**

- 1- A fim de proceder a conexão do sensor ao NXT, liga-se uma extremidade do fio de cor preta ao sensor, de forma análoga, ligasse a outra extremidade em uma das portas de entrada conforme mostra a figura 13 alínea (a).
- 2- Seleciona-se na tela do NXT a opção “Visualizar”.
- 3- Seleciona-se o ícone de luz Refletida conforme a figura 13 alínea (b).
- 4- Seleciona-se a porta serial na qual está conectado o sensor.
- 5- Aproxima-se o sensor de luz próximo ao guia de cores conforme descrito na figura 13 alínea (c).

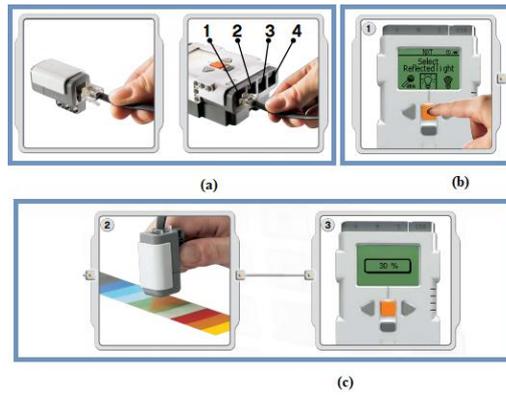


Figura 13 – (a) Conexão do sensor a porta; (b) Seleção o ícone luz refletida; (c) Aproximação e visualização da intensidade refletida da luz
Disponível em <https://mz.pro.br/Engenharia>

- **Explicação**

O estudante ao passar o sensor de luz sobre as cores, anotar as cores, chegando a algumas conclusões: a cor preta tem a menor intensidade refletida, totalmente adversa a cor branca, que possui valor máximo. No entanto, dentre as cores a segunda maior intensidade foi observado na cor alaranjada - na qual se aproxima da cor emitida pelo sensor, levando-o a crer que a intensidade refletida depende da cor do feixe emitido e do local onde é o local selecionado para sua aproximação.

- **Roteiro de Perguntas**

Esse aparato tecnológico serve como introdução ao objetivo da experiência que é chegar através do roteiro de perguntas-respostas – detalhado no apêndice, estão descritos no roteiro as consequências da incidência da radiação infravermelha no solo, bem como, de forma implícita, as implicações na questão do aumento de temperatura, com a ausência da vegetação no meio ambiente. A figura 14 apresenta de forma sintética as observações constantes no roteiro.

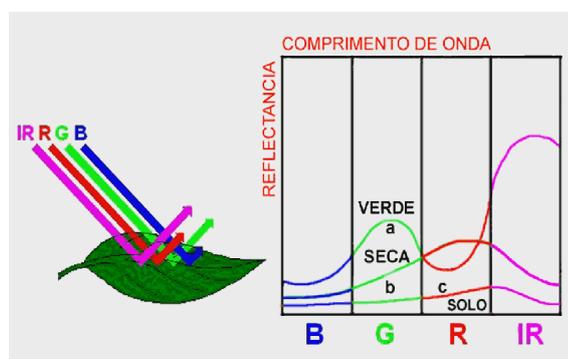


Figura 14 – Assinaturas espectrais
Disponível em <https://www.inpe.br>

5.3 EXPERIÊNCIA DO PSICRÔMETRO E DA PRESSÃO(BALÃO)

5.3.1 PSICRÔMETRO CASEIRO

- **Objetivo**

Compreender o conceito de umidade relativa do ar.

- **Material**

Água, gaze, dois termômetros clínicos; garrafa PET de 2 litros; arame de 20 cm de comprimento e 2 mm de diâmetro; barbante; copo ou recipiente transparente pequeno; tabela com valores de umidade relativa do ar medida no psicrômetro – tabela disponível no apêndice e um termo hidrômetro digital conforme a figura 15 abaixo.



Figura 15 - Termo hidrômetro digital

- **Procedimento de Montagem e Medição**

1. Faz-se dois furos pequenos (do diâmetro do arame) na altura do gargalo da garrafa PET;

2. Enche a garrafa com água até 1/3 do seu volume;

3. Passe o arame pelos furos e dobre as duas extremidades na forma de ganchos;

4. Pendure cada termômetro nas extremidades do arame;

5. Coloque água no copo ou recipiente transparente pequeno;

6. Envolve um dos termômetros com a gaze, tornando-se uma espécie de bolsa – pode-se utilizar a linha para amarrar a gaze;

7. Mergulhe a gaze no copo com água.

8. Espere alguns instantes para anotar os valores das temperaturas marcadas em cada termômetro.

9. A umidade relativa do ar será obtido com a interseção do valor medido da temperatura do termômetro (t_s) seco com a sua diferença do úmido(t_u), na tabela de umidade apresentada no apêndice.

- **Locais de medições**

- a) **Medindo o psicrômetro caseiro e o termo hidrômetro na sala, além de comparação de resultados.**

Referente a pergunta III e IV do roteiro de perguntas – disponível no apêndice.

- b) **Medindo o termo hidrômetro perto da torneira**

Referente a pergunta V do roteiro de perguntas – disponível no apêndice. A figura 16 apresenta essa etapa.



Figura 16 – Utilização do termo hidrômetro digital

- **Explicação e roteiro de perguntas**

No banco de questões, tentasse fazer com que o aluno construa o conceito de umidade através dos dados obtidos na sequência de perguntas direcionadas pelo professor. Nas últimas perguntas – apresentadas no apêndice, tentou-se mostrar as diferenças de umidade entre as regiões dos estados Brasileiros, refletindo no clima dessas regiões, como por exemplo, na diferença do clima da região Amazônica com o clima da região Centro-Oeste, além disso, verificando-se as diferenças extremas de umidade entre as regiões a qual reflete-se na sensação térmica das regiões observadas.

5.3.2 EXPERIÊNCIA DA PRESSÃO (BALÃO)

- **Objetivo**

Entender sobre o conceito de pressão atmosférica.

- **Material**

Balão com ar, balão com água e uma vela acesa.

- **Questionamento**

O professor instiga os alunos, a respeito de uma explicação plausível de resposta a pergunta: “Por que o balão cheio de ar estoura em contato com a chama de uma vela, enquanto o outro, cheio parcialmente de água permanece intacto?”

- **Explicação e Roteiro de perguntas**

As perguntas constantes nos questionários pretendem retomar com os estudantes os conhecimentos aprendidos em aulas anteriores dadas pelo professor no segundo ano de ensino médio, como os conceitos de pressão dos gases ideais e sua relação com a temperatura de um corpo, mas especificamente da grandeza calor específico do mesmo. Além disso, mostrou-se na aulas que o valor da grandeza pressão atmosférica varia conforme a altitude do lugar onde é medido, ou seja, quanto maior a altitude, menor a pressão e, conseqüentemente, quanto menor a altitude maior a pressão exercida pelo ar na superfície terrestre.

5.4 EXPERIÊNCIA DA INVERSÃO TÉRMICA(GARRAFAS)

- **Objetivo**

A partir desta experiência, tornasse possível a reflexão acerca dos fenômenos físicos ligadas ao aquecimento global, tais como o fenômeno da inversão térmica, e o fenômeno atmosférico muito comum nos grandes centros urbanos industrializados, sobretudo naqueles localizados em áreas cercadas por serras ou montanhas.

- **Material**

Quatro garrafas de 2 litros, duas com água gelada tingida de azul e duas de água quente tingidas de amarela (corante alimentício ou industrial) e fita isolante.

- **Montagem**

Inicialmente, furasse o centro das tampas das duas garrafas pets, unie-as por fitas isolantes para conectar as garrafas. Basicamente, a aula começa com o professor mostrando as duas situações para os alunos: a primeira deixando a garrafa de água quente embaixo, enquanto a gelada em cima (primeira situação), posteriormente mudando o sistema, usando as outras duas garrafas, virando a garrafa de água quente pra baixo em cima da azul. Posteriormente, instigasse os alunos há uma explicação para este fenômeno: Por que a água gelada se mistura com água quente, na primeira situação, enquanto na segunda não?

- **Explicação e roteiro de perguntas**

As primeiras perguntas desse experimento – disponíveis no apêndice, retomou com os alunos informações aprendidas a respeito da grandeza densidade, na qual depende da grandeza volume e conseqüentemente da temperatura do meio onde se encontram.

A temperatura sofre a influência na agitação das moléculas que formam este sistema. Além disso, o experimento é capaz de proporcionar o aluno a compreensão do fenômeno da inversão térmica, processo que ocorre quando o ar frio (mais denso) é impedido de circular por uma camada de ar quente (menos denso), provocando problemas respiratórios nas pessoas que vivem em ambientes muito poluídos.

5.5 ESTUFA CASEIRA

- **Objetivo**

Pretende-se demonstrar como acontece o efeito estufa, fenômeno ligado diretamente ao aquecimento global - contribuindo para o aumento da temperatura do planeta.

- **Material**

Dois copos com água, papel alumínio, caixa grande de sapatos, tesoura e filme plástico.

- **Montagem**

Inicialmente preenchesse a caixa de papelão internamente com papel alumínio, e sua tampa é substituída por uma tampa de plástico filme que recobre a mesma. Colocasse um copo de água e outro fora da caixa de papelão, a fim de comparar a temperatura do líquido, depois de algum período em baixo do sol (cerca de 10 minutos), em seguida verificasse qual dos copos estará mais quente.

- **Explicação**

A caixa ao ser iluminada pela luz do sol, atravessa pelo plástico filme e se converte em calor ao atingir a superfície interna da mesma. Então, o ar se aquece, sendo impedido de sair pela caixa por causa do plástico filme que é um isolante, aumentando assim a temperatura interna da caixa. Por este motivo, a água do copo que está dentro da caixa ficará mais quente que a água do copo que está fora dela.

- **Roteiro de perguntas**

Nessa experiência pretende-se que o aluno compreenda através do diálogo com o professor – tabela disponível no apêndice que a experiência da caixa é muito próximo do fenômeno do efeito estufa – a caixa como se fosse o planeta, entretanto, o papel alumínio representando a sua superfície da terra, o copo d'água figurando como as pessoas e o plástico filme como os gases do efeito

estufa impedindo do calor passar. Ao término do experimento, a última pergunta tem como objetivo relacionar esse fenômeno com a o fenômeno da inversão térmica.

5.6 EXPERIÊNCIA DO TERMO HIDRÔMETRO

- **Objetivo**

Discutir e reconhecer ambientes propícios para o desenvolvimento do fenômeno das ilhas de calor.

- **Material**

Termo hidrômetro, caneta e papel.

- **Procedimento**

Solicitou-se nesta experiência que alguns estudantes – quatro a cinco alunos, que se retiram-se da sala com intuito de medir e anotar os resultados obtidos pelo termo hidrômetro em diferentes solos da área interna da escola e externa, tais como as descritas abaixo.

- **Área construída**

Local que fica entre prédios, residências, etc.

- **Vegetação**

Local onde se encontra vegetação rasteira, como capim, etc.

- **Arborização**

Local com predominância de árvores, como praça.

- **Asfalto**

Local de estrada, longe de regiões de verde ou residência.

- **Concreto**

Local onde as ruas são feitas de bloquetes, longe de residências e áreas verdes.

- **Solo nu**

Local onde o solo e formado de terra batida, arenoso, etc.

- **Água**

Locais próximos de lagos, igarapés, riachos, etc.

- **Explicação e roteiro de perguntas**

Na discussão com os alunos sobre os resultados obtidos na pesquisa de campo, foi elaborado um conjunto de perguntas – disponíveis no apêndice-, cujo objetivo é subsidiar os estudantes quanto a compreensão da grandeza umidade

relativa do ar, bem como fazer que os mesmos concluem que esta é inversamente proporcional a grandeza temperatura do ambiente externo analisado. Dessa forma os estudantes serão capazes de concluir que no ambiente mais fresco há abundância de água - perto de um brejo próximo a escola. Num segundo momento, o professor provocará os alunos, perguntado: qual o solo tem a segunda maior umidade, depois da água? Espera-se que os estudantes cheguem a conclusão de que a vegetação ou áreas que tem árvores, possuem características de produzir umidade no meio, conseqüentemente diminuindo a temperatura, devido ao processo da evapotranspiração e da fotossíntese – disponível no apêndice.

5.7 EXPERIÊNCIA DA TEMPERATURA DE AMBIENTES INTERNOS(TELHADO)

- **Objetivo**

Demonstrar a existência das ilhas de calor. Ela tem como objetivo, dentre outros, não só mostrar que o material que cobre as residências tais como telhas Brasilit, telhas de barro, etc., podem contribuir para aumentar a temperatura interna das residências, porém mostrar que os materiais artificiais como concreto, asfalto, etc. encontrados nas grandes cidades contribuem para aumentar a temperatura, ajudando a provocar chamadas ilhas de calor.

- **Material**

Três caixas de papelão pequena cobertas por um pedaço de telha Brasilit, telha Brasilit pintada de cal (mistura de cal, água e sal) e o termo hidrômetro digital.

- **Procedimento**

Foi solicitado que alguns alunos, auxiliados pelo professor, cobrissem as três caixas de sapatos com coberturas diferentes: Brasilit, Brasilit pintada de branco e telha de barro; posteriormente medindo a temperatura e a umidade de dentro da caixa. Em seguida os dados obtidos por intermédio do termo hidrômetro serviram de base aos estudantes e subsidiaram-nos com relação a respostas elaboradas pelo professor – disponível no apêndice.

- **Explicação e roteiro de perguntas**

Dentre as perguntas feitas aos alunos, o professor faz recordar de conceitos já explanados em experiências anteriores (radiação infravermelha, umidade, temperatura, calor específico e reflexão da radiação através das cores), mas o

grande diferencial é instigar o aluno, baseado no que aprendeu até então, qual seria o telhado ideal para amenizar a temperatura e diminuir a poluição do planeta? A expectativa é de que os alunos concluam que o telhado coberto por vegetação, chamado de telhado verde, já que as plantas realizam o fenômeno da fotossíntese, ajudem a diminuir a temperatura interna da residência e absorver a poluição que provoca o aquecimento global, dentre outros.

5.8 MAPA CONCEITUAL

Logo após a realização das experiências, seguindo a ordem proposta da sequência didática, descrita no capítulo de metodologia, na parte no que se diz respeito as “generalizações dos conceitos”. O professor após os oito grupos das turmas A e C manifestarem seus resultados e conclusões das suas experiências realizadas, expôs o mapa conceitual elaborado pelo mesmo, na qual deixa claro todas as relações conceituais, ligadas aos fenômenos térmicos ambientais durante a realização dessas atividades, conforme mostra a figura 17.

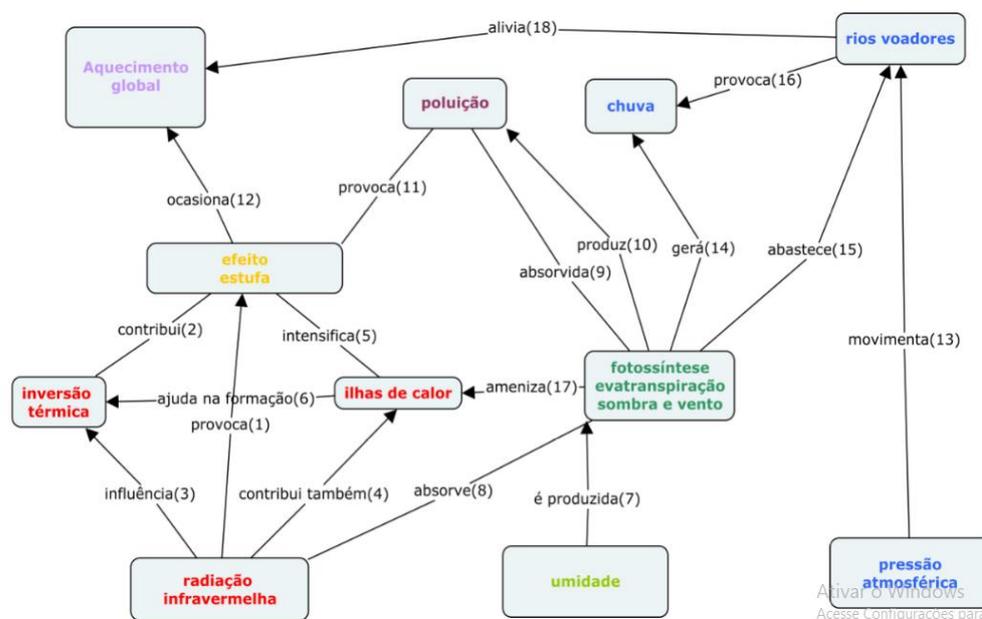


Figura 17 – Mapa conceitual da proposta didática elaborado no Cmap
Disponível em <https://cmap.ihmc.us>

Este mapa conceitual sugere que os estudantes recordem os conceitos ou ideias que aparecem ligados entre si, caso contrário perde sua funcionalidade segundo Moreira *et al* (1982). Logo, colocou-se no mapa palavras reduzidas (verbos ou locuções verbais), afirmações curtas, enumeradas, remetendo aos conceitos, localizados nos diagramas do mapa conceitual conforme a descrição.

- 1) O aprisionamento da radiação infravermelha na terra **provoca** o fenômeno do efeito estufa.

- 2) Atualmente, a intensificação deste fenômeno **contribui** para ao aparecimento cada vez mais frequente da inversão térmica nas cidades.
- 3) Isso tem a ver com a radiação infravermelha que **influencia** na formação tanto do efeito estufa, quanto da inversão térmica.
- 4) O excesso de radiação infravermelha aprisionada nas cidades **contribui também** para a formação de ilhas de calor.
- 5) Logo o efeito estufa **intensifica** a sensação de calor nas cidades.
- 6) Neste sentido, tanto o fenômeno da inversão térmica quanto das ilhas de calor ajudam na **formação** de um e outro, já que são ligados as mesmas causas.
- 7) Uma alternativa seria o aumento das áreas verdes nas cidades, pois a umidade no ar aumentaria, **produzida** pelo processo de evapotranspiração das plantas em geral.
- 8) Esta umidade que também é produzida pela fotossíntese, **absorve** o calor do ambiente.
- 9) Além da poluição que também é **absorvida** pelo processo da fotossíntese.
- 10) Mesmo que durante a noite também **produz** um pouco de poluição através inverso da fotossíntese, chamada de respiração, mas no balanço geral, está poluição é insignificante.
- 11) Nos últimos anos efeito estufa estar sendo intensificado **provocado** pelo excesso de poluição lançada no meio ambiente.
- 12) Logo, gerando consequência graves para o planeta como aparecimento do aquecimento global, **ocasionado** pelo aumento do mesmo.
- 13) A diferença de pressão atmosférica entre as regiões do Brasil influencia na **movimentação** dos rios voadores entre as regiões brasileiras.
- 14) Isso acontece devido a umidade produzida pelas árvores da Amazônia, vindas do oceano em direção a floresta, funcionando como uma verdadeira bomba biótica que **gera** uma enorme quantidade de chuva neste ambiente.
- 15) Esta umidade é carregada através do vento alísios vindos da Amazônia em direção a outras regiões Brasileiras, **abastecendo** os rios voadores.
- 16) Esses rios voadores vindo da Amazônia carregados de vapor de água vão em direção sudeste, **provocando** chuva.
- 17) Portanto, os rios voadores, produzida pela evapotranspiração das plantas, **ameniza** os efeitos do calor.

- 18) Onde de forma integrada com outros ecossistemas, ajuda **alivia** os efeitos provocados pelo aquecimento global.

CAPÍTULO 6

6.RESULTADOS

Os resultados apresentados após a aplicação da proposta didática convergiram significativamente de forma efetiva para a aprendizagem dos alunos. Essa afirmação tem como parâmetro além das atividades desenvolvidas e discussões socializadas em

sala de aula a eficácia da seleção das palavras ou expressões semelhantes dos conceitos ambientais encontrados nas redações dos estudantes analisadas. Convém ressaltar que foram analisadas as redações de 48 alunos sendo 20 alunos da turma do 3ºano A e 28 estudantes da turma 3º ano C da escola, e as atividades apesar de terem sido realizadas entre os meses de novembro e dezembro de 2018 apresentaram resultados satisfatórios de aprendizagem com a proposta.

As palavras foram classificadas em: expressões nominais, consequências geradas pela agressão no meio ambientes e, por último, sugestões de alternativas de mudanças, manifestado em medidas de combate a agressão ao meio ambiente. Os resultados com relação a incidência das expressões nominais são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Resultados de incidência das expressões nominais das turmas A e C

Expressões Nominais	Turma A	Turma C
Poluição das indústrias	4	19
Poluição de forma geral	17	16
Poluição por pó, enxofre	11	6
Poluição por carros	5	7
Poluição das siderúrgicas	6	11
Desmatamento	4	16
Gado	1	1
Queimadas	2	2
Capitalismo	1	1

De acordo os dados apresentados na tabela 2, os resultados mostraram que 85% por cento da primeira turma (3ºano A) lembraram da palavra poluição, de forma generalizada, ou seja, sem especificar qual é a fonte geradora da poluição; No entanto, alguns alunos da mesma turma (cerca de 55%) especificaram que os gases poluentes provindo da poluição, eram carregados de pó, enxofre, e outros materiais; dando a entender que vinham das siderúrgicas encontradas aos redores da cidade de Açailândia-MA.

Sendo os resultados bem parecidos, colhidos das redações da turma C, onde 67,85% dizem que as indústrias é a principal fonte de poluição, mas especificamente as siderúrgicas (39,28%), na qual foi a segunda mais opinada pelos estudantes.

Outra palavra lembrada pelos alunos dessas turmas (A e C) foi a do “desmatamento”, no sentido que as arvores são responsáveis em realizar o fenômeno da fotossíntese, prejudicando a captação da poluição do planeta (57,14% do A). Além da palavra “queimada” (35,71% do C), com a ideia de que a mesma destroem a vegetação primária da Amazônia.

Os resultados com relação as consequências geradas pelos fenômenos térmicos ambientais são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Consequências geradas pelos fenômenos analisados

Consequências	Turma A	Turma C
Afeta a saúde	4	9
Extinção de espécies	2	3
Derretimento das calotas	3	9
Inundações	1	10
Falta de chuva/seca	0	2
Ilhas de calor	0	2
Efeito estufa	3	5
Aquecimento global	8	6
Inversão térmica	3	1
Mudança do clima	1	5
Mudança no ecossistema	3	4

Como visto na tabela 3, dentre as consequências notadas pelos alunos da poluição do ar, as mais lembradas pelos alunos foram: afeta a saúde, inundações, extinção de espécies (devido a alteração do ecossistema) além da alteração do clima (provocando a falta de chuva e seca). Foram também comentadas pelos alunos, os diversos fenômenos físicos estudados nas diversas experiências como o efeito estufa, inversão térmica, ilhas de calor (só o grupo C) e até o aquecimento global.

Com relação as medidas tomadas pelos estudantes, alguns alunos afirmaram que o caminho da solução destas problemáticas ambientais passam pela conscientização e pela mudança de atitudes das pessoas, sendo 20% dos estudantes foram da 3ª série A e 57,14% da 3ª série C. Os alunos lembraram da importância das árvores – a necessidade da criação de projetos de reflorestamento, a importância da preservação de parques ecológicos, a manutenção do ecossistema, bem como a harmonização do ser humano com a natureza. Além disso, para a maioria dos alunos urge a necessidade da implementação de políticas públicas eficazes de preservação ambiental e leis mais rígidas contra crimes dessa natureza além da necessidade de fomentar acordos diplomáticos bilaterais com esse intuito.

Os resultados com relação as medidas tomadas para a preservação do meio ambiente de um modo geral são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Relação das medidas de combate indicadas pelos estudantes

Medidas de Combate	Turma A	Turma C
Preservação das árvores	1	4
Conscientização	5	16
Acordos diplomáticos	0	2

Reflorestamento	0	1
Leis rígidas/crime	0	3
Projeto de preservação	1	3
Parques ecológicos	1	3

Como mencionado anteriormente no capítulo que trata da proposta metodológica, utilizou-se o método estatístico de análise de variância denominado ANOVA. O objetivo desse método é encontrar padrões de aprendizagem entre os dados obtidos por meio de medidas variacionais com base nas respostas obtidas nos instrumentos de avaliação aplicados na proposta metodológica.

Em linhas gerais significa descobrir se a turma em que o aluno participa influencia nos resultados apresentados, comparado a outros fatores aleatórios, também chamados de “resíduos”. Para isso, seria necessário descobrir a fração do fator turma comparado a outros parâmetros denominado o número “F”, obtido pelo teste F, em que consiste dividindo o quadrado médio do tratamento (QMTr) pelos resíduos (QMR) de acordo com a equação (22).

Logo, este valor (2,64) foi inferior ao valor crítico (4,49) nas palavras “substantivadas”, o nível de significância de 5%, isto é, 95% de grau confiança, mostrando que não houve diferenças significativas entre as turmas “A e C”, ficando evidente nos altos e baixos dos grupos do gráfico abaixo que apesar das diferenças de esquemas existentes entre os dois grupos, ambos tiveram a mesma evolução com relação aos conceitos, ou seja, quando um aumenta o outro diminui ou vice-versa.

A figura 18 apresenta o gráfico plotado pelo programa “Past” versão 3.22 em que apresenta a evolução dos conceitos nominais das turmas A e C.

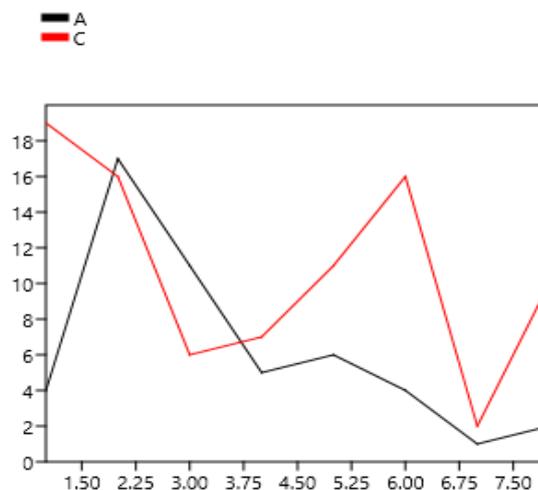


Figura 18 – Gráfico de linha que representa as expressões nominais (y) e a média (x)

Entretanto, isso não se observa nos dados das “consequências” mencionadas pelos alunos, com um valor F de (4,82), acima do crítico (4,35), mostrando que existem diferenças significativas entre os grupos A e C. No teste “*tukey*” que procura identificar quais as variáveis são mais as discrepantes, as consequências “afeta a saúde e inundações” foram as que mais se destacaram nesse aspecto.

A figura 19 apresenta o gráfico plotado pelo “*Past*” e denota a regressão linear obtida pelas amostras das turmas A e C. Na realidade a regressão linear por ser representada geometricamente por uma reta que melhor modela os dados, ou “linha de melhor ajuste”, para a qual a soma dos quadrados dos resíduos é mínima, portanto, nota-se que os valores apresentadas das turmas A e C se afastam um pouco reta de ajuste, assim, confirmando as diferenças.

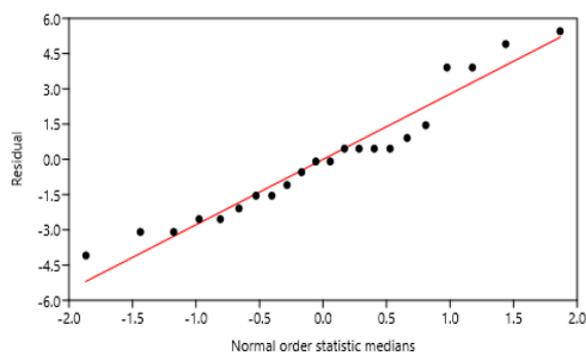


Figura 19 – Gráfico de regressão linear das quantidades de acertos (y) pela média (x)

Apesar do teste F não indicar diferenças nos resultados entre as “medidas de combate”, ou seja, (2,32) do F, contra (4,96) do crítico, como mencionado anteriormente este teste não leva em consideração somente as diferenças entre os grupos, mas as variações dos resultados internos.

No entanto, fica claro a grande diferença de quantidades palavras superiores ditas pela turma C quando comparadas as mencionados pela turma A – respectivamente 29 contra 7.

6.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos por meio das redações dos estudantes do terceiro ano da escola, com relação as consequências danosas que a poluição pode provocar ao meio ambiente e as medidas de combate, evidenciou-se que estes foram capazes de compreender os fenômenos analisados e de elaborar ideias derivadas, qualificadas e superordenadas dos conceitos abordados em sala, dessa forma, comprova-se que a metodologia desenvolvida apresentou de fato uma aprendizagem significativa.

Todavia, este efeito seria bem mais visível, se o fator “tempo”, entre uma experiência, não fosse tanto extenso - média de 2 a 3 dias, apesar da sequência didática estar de acordo com o cronograma disponível da escola e da colaboração de outros professores para a realização das experiências.

Portanto, o período longo para o desenvolvimento das atividades, contribuiu negativamente no processo de ensino aprendizagem, ou seja, a maioria dos estudantes não recordavam nos dias subsequentes os conceitos abordados anteriormente. Dessa forma, refletindo a disparidade de quantidade de palavras lembradas pelos os alunos, a minoria deles recordavam de muitos conceitos ou palavras, entretanto, a maioria não obtiveram o mesmo rendimento.

Além das diferenças individuais apresentadas nos resultados entre os alunos, observou-se nas redações uma disparidade entre a quantidade de palavras lembradas entre as turmas A e C. Assim, os resultados da turma da 3ª série C foram bem superiores aos resultados da série A - em termos de consequência e medidas de combate.

Em relação aos tipos de conceitos ou palavras ditas nas redações pelos alunos, algumas fugiram um pouco dos conceitos interligados no mapa conceitual proposto na pesquisa, expondo palavras que se aproximam muito da realidade do alunado. Isso tem a ver com efeito da “assimilação obliteradora”, na qual afirmava Ausubel, dessa forma o aluno acaba modelando o conhecimento científico aprendido na escola, numa forma mais estável, mais próxima do seu cotidiano, do seu senso comum, depois de passar um certo tempo conforme Moreira *et al* (1982).

Ainda, observou-se em algumas redações a presença de obstáculos que poderiam tornar a sequência ineficiente ao aprendizado dos alunos, caso estes não superassem a mentalidade do senso comum.

A exemplo o verbete “poluição”, em uma das redações, levou a estudante a confundir com a poluição gerada pelo lixo jogado no meio ambiente, e não a dos gases poluentes, na qual seria o correto. A aluna I da 3ª série C afirmou na redação que “A poluição do ar causa diversas doenças respiratórias, principalmente em crianças e idosos, a poluição dos rios, ruas são responsáveis pelas enchentes avassaladoras”

Em outro caso, os estudantes P e G associaram equivocadamente os gases com uma matéria, ou seja, não dissociaram os estados da matéria, ao ponto de afirmarem em suas redações que os gases poderiam ser lançados como se fossem sólidos e perecíveis.

Assim, os obstáculos apresentados acima, são chamados de obstáculos substancialistas.

O estudante B atribuiu de maneira incorreta uma característica de um ser vivo ao meio ambiente ou a natureza como se fosse capaz de agredir as pessoas. Dessa forma, verificou-se que trata-se de um obstáculo denominado de obstáculo “animista”.

CAPÍTULO 7

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia do ensino em espiral proposta por Bruner apresentou ao longo do trabalho elementos suficientes que colaboraram com a diminuição da carga cognitiva intrínseca – complexidade do conteúdo, dos estudantes.

Substancialmente, os resultados obtidos na análise das redações, mostraram a eficácia do método proposto nessa pesquisa, apesar das dificuldades de compreensão de alguns alunos a respeito da proposta metodológica e dos obstáculos apresentados ao longo do processo.

Os instrumentos de apoio a realização da proposta didática como os questionários de perguntas e as experiências demonstradas se apresentaram eficazes de um modo geral, instigando os estudantes o desejo pela descoberta das soluções das problemáticas apresentadas. Estes alunos também conseguiram relacionar o conhecimento científico com os conhecimentos pré-existentes em sua memória de longo

prazo, isto significa que o subsunçor foi modificado desenvolvendo uma aprendizagem mais significativa.

A análise de variância mostrou que as turmas nem sempre possuem resultados convergentes, obviamente, cada turma tem sua especificidade quanto a interpretação e compreensão dos conteúdos em função dos esquemas distintos entre cada membro da turma.

Foi observado pelo professor que aplicou a sequência didática que a média alta de tempo entre uma etapa e outra da sequência (2 a 3 dias), prejudicou a retomada de conceitos pelos estudantes dadas em etapas anteriores ao processo. Entretanto, este fato necessita de mais investigações para saber se o mesmo foi relevante quanto aos resultados obtidos na avaliação dos mesmos.

Além disso, outras situações que provavelmente prejudicaram a lembrança das informações conceituais, mas que precisam de uma análise mais aprofundada, seriam a saída frequente do aluno de sala de aula, o excesso de conversa paralelas de assuntos não ligados aos temas tratados pelo docente, entre outras interrupções que provocam uma pausa na metodologia em espiral, contribuindo para a perda de informações na memória de trabalho mais rapidamente.

Outra sugestão seria a realização de exercícios, ajudando os alunos a fixarem o conteúdo ministrado pelo professor, podendo usar o recurso da técnica de exercícios resolvidos, ou até mesmo, estender os mapas conceituais entre uma experiência e outra, dando liberdade para que eles organizem suas ideias, ou seja, hierarquizando de forma particular os conceitos assimilados.

Desta forma, os estudantes tem oportunidade de explicarem os seus mapas conceituais ao público, seja de forma manuscrita ou de forma oral, possibilitando-os de observarem as diferenças entre um conceito e outro, uma vez que na medida que interagem com os outros alunos, possibilitam o reconhecimento e a correção de erros conceituais não percebidos até o presente momento, deixando o processo mais eficiente em termos de aprendizagem.

Em suma, acredita-se que esse trabalho possa contribuir com a melhoria da prática docente de um modo geral, não somente quanto ao ensino de Física mais em outras áreas do conhecimento por seu caráter interdisciplinar, além do fato de servir como suporte didático pedagógico nas atividades experimentais das escolas públicas do país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AINSWORTH, S., LOIZOU. Cognitive Science. “The effects of self-explaining when learning with text or diagrams” **Educational Psychology**, p. 669-681, 2003.

ALENCAR, M.S. A Análise de Fourier sobre o Aquecimento Global. **Jornal do comércio online**, Recife, p. 1-2, 24 jul. 2007.

Disponível em: <https://www.jornaldocomercio.com/>. Acesso em: 20 abr. 2017.

ARTAXO, P. *et al.* Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. **Acta Amazônica**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 185-196, 2005. DOI 10.1590/S0044-59672005000200008.

ARTINO, J. Cognitive Load Theory and the Role of Learner Experience: An Abbreviated Review for Educational Practitioners. **AACE Journal**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 425-439, 2008.

AYRES, P. Interdisciplinary perspectives inspiring a new generation of cognitive load research. **Educational Psychology Review**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 1-9, 2009.

AYRES, P. Systematic Mathematical Errors and Cognitive Load. **Contemporary Educational Psychology**, Sidney, v. 26, n. 2, p. 227-248, 2001. DOI 10.1006/ceps.2000.1051. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article>. Acesso em: 3 jun. 2018.

AYRES, P. Using subjective measures to detect variations of intrinsic cognitive load within problems. **Learning and Instruction**, Sidney, v. 16, n. 5, p. 389-400, 2006.

AYRES, P. Why Goal-Free Problems Can Facilitate Learning. **Contemporary Educational Psychology**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 376-381, 1993.

AYRES, P.; SWELLER, J. Locus of Difficulty in Multistage Mathematics Problems. **The American Journal of Psychology**, Illinois, v. 103, n. 2, p. 167-193, 1990. DOI 10.2307/1423141.

AYRES, P.; SWELLER, J.; CLARK, R. Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. **Educational Psychology**, Sidney, v. 41, n. 2, p. 75-86, 2006. DOI:10.1207/s15326985ep4102_1.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Tradução: Esteia dos Santos Abreu. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. v. 5. ISBN 85-85910-11-9.

BADDELEY, A.D. **Your memory, a user's guide**. New York: Macmillan and Co, 1982. ISBN 0020753101.

BOGO, L. H., RODRIGUEZ. "Clickstream mE-learning: Um Modelo de Identificação de Alunos para o Aprendizado Colaborativo." **Cognition and Instruction**, Sidnei, 2004.

BORDENAVE, J.D.; PEREIRA, A.M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 22. ed. Petrópolis: Vozes, 2001. v. 7.

BRANCO, S. M. **Água - Origem, Uso e Preservação**. 2. ed. [S. l.]: Moderna, 2003. ISBN 85-16-03708-8.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Resolução no 4, de 13 de julho de 2010. **Define Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica**. Diário Oficial da União, DF, 14 jul. 2010a.

BRASIL. **Lei nº 9795, de 27 de abril de 1999**. Política de Educação Ambiental. Brasília: MEC, 2000.

BRUNER, J. **A cultura da educação**. Lisboa: Edições 70; 1996. ISBN 978-972-44-1474-4

BRUNER, J. **Uma nova teoria de aprendizagem**. Rio de Janeiro: Bloch, 1976. ISBN: 978-85-7648-973-3

CHANDLER, P, e J SWELLER. “Cognitive Load Theory and the Format of instruction.” **Cognition and Instruction**. Sidney, v.8, n.4, p.283-332, 1991.DOI: 10.1207/s1532690xci0804_2.

CHAPMAN, G. The five love languages: How to express heartfelt commitment to your mate. **Paperback**. Chicago, 1992. DOI: 10.1080/17464090500535822.

CLARKE, R.; KING, J. **O Atlas da água: o mapeamento completo do recurso mais Precioso do Planeta**. São Paulo: Publifolha, 2005.

COLAPSO do ártico. **Scientific American Brasil**, São Paulo, v. 15, n. 183, p. 18-19, 2018.

COWAN, N. “The Magical Number 4 in Short-term Memory: A Reconsideration of Mental Storage Capacity.” **Behavioral and Brain Sciences**, Missouri, v.24, n.1, 2001.

COX, P.B. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. **Nature**, Londres, v. 408, p. 184-87, 9 nov. 2000. DOI: 10.1191/0959683606hl926.

EDUCATION, L. **Manual de Implementação do Programa ZOOM**. São Paulo: SESI, 2014.

FESTA, M. Contextualized learning: foundations pedagogical and practices. **Educ. Pesquisa**, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 713-728, 2015. DOI 10.1590/S1517-9702201507128518. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php>. Acesso em: 6 fev. 2019.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

GIOVANI, B. **Climate and architecture, Applied**. 2ed.London: SCIENCE, 1976.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**.12.ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. ISBN :9788521622123.

IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **University Press**. Cambridge, 2007.DOI: 10.1017/CBO9780511546013.

JANKOWSKY, I., GALINA, I. **Curso técnico de secagem de madeiras**. Piracicaba: PIMADS, 2013.

KALYUGA, S., CHANDLER, e SWELLER. "Levels of expertise and instruction design." **Human Factors**, Sidney, p.1-17, 1998.

KOLL, M. **Vygotsky: Aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio histórico**. São Paulo: Scipione, 2006.

KUSHNIR, Y. "Solar Radiation and the Earth's Energy Balance". **Palestra**. In: **Schlosser, Peter et al**. The Climate System. Department of Earth and Environmental Science, Columbia University in the City of New York, 2000

LABAKI, L. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos. **Fórum Patrimônio**, 2011.

LAKATOS; MARCONI. **Fundamentos da metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003. ISBN: 85-224-3397-6.

LISBOA, H. Determinação de uma base de dados aplicada ao programa ODODIS. **19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Foz de Iguaçu, 1996.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: O exemplo de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC, 1985.

MAIA, P. **Português e gramática**. 2 ed., v.1. São Paulo: ÁTICA, 2000.

MAYER, R, e MORENO. “Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning.” **Educational Psychologist**, p.43-52, 2003.

MAYER, R. E., R. B. ANDERSON. “Animations need narrations: an experimental test of a dual-coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology*.” **Journal of Educational Psychology**, p. 484-490, 1991.

MERRIENBOER, V. “Effects of the Physical Environment on Cognitive Load and Learning: Towards a New Model of Cognitive Load”. **Educational Psychologist**, v.26, n.2, p.225-244, 2014. DOI: 10.1007/s10648-014-9262-6.

MILLER, G. “Plans and the Structure of Behavior.” **Holt Rinehart and Wiston**, New York, v. 115, n.2, p. 217, 1960. DOI: 10.1002/cne.901150208.

MILLER, G. “The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information.” **Psychological Review**, v.63, n.2, p. 81-97, 1956. DOI:10.1002/hipo.20480.

MONTAIGNE, F. Record 400ppm CO₂ milestone ‘feels like we ‘re moving into another era. **The Guardian**, [S. l.], 14 maio 2013. Disponível em: <https://www.theguardian.com/us>. Acesso em: 12 ago. 2018.

MOREIRA, M.A. (2010). **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro Editora, 2010.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa: a teoria e texto complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M.A.; MASINI, E.A.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

MOSS, G., & MOSS, M. **Os rios voadores, a Amazônia e o clima Brasileiro**. Brasília: Petrobras Socioambiental, 2006.

NEWTON; HELOU; GUALTER. **Física 2: termologia, ondulatória e óptica**. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 2016. ISBN: 978-85-02-17813-7

NOBRE, C. A.; ASSAD, E. D.; OYAMA, M. D. **O Impacto do Aquecimento Global nos Ecossistemas da Amazônia e na Agricultura**. Scientific American, 2005.

NUSSENZVEIG, M. **Física básica 2**; São Paulo: EDGARD BLUCHER, 1981.

OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, v.1, n.3, p.237-254, 1981. DOI: 10.1002/joc.3370010304.

PECK, A. C., e M. C. DETWEILER. "Training concurrent multistep procedural tasks." **Human Factors**, p. 379–389, 2000.

PETERSON, L. "Short-term retention of individual verbal items." **Journal of Experimental Psychology**, v.58, n.3, p.193-198, 1959. DOI:10.1037/h0049234.

POLLOCK, E., P. CHANDLER, e J. SWELLER. "Assimilating Complex Information." **Learning and Instruction**, v.12, n.1, p. 61-86, 2002. DOI: 10.1016/S0959-4752(01)00016-0.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. S. **Aquecimento global e mudanças climáticas: uma visão integrada tropical**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.

SANTOS, M. E. V.M. **Mudança conceptual na sala de aula: um desafio pedagógico**. Lisboa: Livros Horizonte, 1991.

SOUZA, L. C. L. Influência da Geometria Urbana na Temperatura do Ar ao Nível do Pedestre. **Escola de Engenharia de São Carlos, USP. (Tese de Doutorado)**. São Carlos, 1996.

SOUZA, N. “Teoria da carga cognitiva: origem, desenvolvimento, e diretrizes aplicáveis ao processo ensino-aprendizagem” **Dissertação de mestrado do IEMCI**, 2010:1-174.

SPIEGEL, M. R. **Análise de Fourier**. Editora McGraw-Hill, 1976.

SWELLER, J. “Cognitive Load during Problem Solving: Effects on learning.” **Cognitive Science**, p. 257-285, 1988.

SWELLER, J. “Evolution of human cognitive architecture.” **The Psychology of Learning and Motivation**. vol. 43, pp. 215-266. San Diego: Academic Press., 2003.

SWELLER, J., e P CHANDLER. “Why some material is difficult to learn.” **Cognition and Instruction**, p.185-233, 1994.

SWELLER, J., J. G. van MERRIENBOER, e Fred G. C. PAAS. “Cognitive Architecture and Instructional Design.” **Educational Psychology Review**, 1998.

SWELLER, J., P., TIERNEY, P. CHANDLER, e M. COOPER. “Cognitive load and selective attention as factors in the structuring of technical material.” **Journal of Experimental Psychology**, 1990: 176-192.

TIPLER, P. **Mecânica, oscilações e termodinâmicas**. 6 ed. 6, v.1, São Paulo: LTC, 2000.

TOLEDO, OVALLE. **Estatística Básica**. 2 ed., v.7. São Paulo: Atlas, 2010.

VANLEHN, K., JONES. “What mediates the self explanation effect?” Proceedings of the Fifteenth Annual **Conference of the Cognitive Science Society**. Hillsdale: Erlbaum Associates, 1993.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. Trad. M. Resende. 42 ed. Lisboa: Ed. Antídoto, 1979.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Tradução: Ernani F. dá F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE A: RELATÓRIO DE PERGUNTAS

Experiência do DVD:

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após a reflexão do aluno.
I. Quais as cores se formaram sobre o DVD, de fora pra dentro, ao colocar na frente de uma vela?	<i>Vermelho, amarelo, verde, azul e violeta(rox).</i>
II. De acordo com a figura abaixo (figura 10) as cores que apareceram sobre o DVD (de fora pra dentro) seguem uma ordem crescente ou decrescente, em relação ao seus comprimentos de ondas e suas frequências?	<i>Decrescente em relação ao comprimento de onda, enquanto a frequência crescente.</i>
III. A luz da vela ao passar pelo DVD muda de meio. Como é chamado na física o nome deste fenômeno?	<i>O nome deste fenômeno se chama refração.</i>
IV. Quantas vezes ocorrem este fenômeno? Explique.	<i>Ocorre duas vezes na entrada da luz no DVD (ar-DVD) e na saída do mesmo(DVD-ar).</i>
V. Quais destes momentos ocorre o aparecimento das cores?	<i>Na saída da luz, sobre o DVD.</i>
VI. Este momento ocorre quando a luz passa do meio menos refringente para o mais ou contrário?	<i>Do mais refringente para o menos.</i>
VII. Nesta situação, o raio de luz se aproxima ou se afasta da normal?	<i>Se afasta da normal</i>
VIII. Na tua opinião isto reflete na ordem das cores apresentadas sobre o DVD?	<i>Sim</i>
IX. Quem fez pela primeira vez esta experiência foi Isaac Newton, chamada de dispersão luminosa, passando o raio de luz sobre o prisma. Observando a figura abaixo (ver figura 12). Qual a cor do DVD é a mais refringente?	<i>Violeta(rox)</i>
X. Se: $n = \frac{c}{v}$ e $V = \lambda \cdot f$ Aumentando o comprimento de onda da luz, o índice de refração aumenta ou diminui? Por que?	<i>Diminui, por que aumenta a grandeza velocidade, influenciando no resultado do índice de refração, pois esta grandeza é inversamente proporcional.</i>
XI. Observando novamente a figura 1.c, qual a cor tem o menor índice de refração?	<i>O vermelho</i>
XII. Qual é a relação do índice de	<i>O índice é inversamente proporcional a</i>

refração e as grandezas comprimento de onda e a frequência das cores, respectivamente?	<i>primeira e diretamente a segunda. Fazendo a cor violeta desvia mais para o centro do DVD, enquanto o vermelha ficando na borda.</i>
XIII. Que conclusão você tira da luz branca. Ela é monocromática ou policromática?	<i>Policromática</i>
XIV. Em que situação, ela se revela está sua natureza?	<i>No momento em que a luz passa por um objeto transparente, capaz de fazê-la desviar.</i>
XV. Dê um exemplo do dia-dia que ocorre o mesmo fenômeno.	<i>A expectativa é que se lembra do arco-íris.</i>

Tabela 3-Relatório de perguntas da experiência do DVD.

Experiência do Lego:

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após as reflexões dos alunos.
I.Utilizando o sensor de luz abaixo, com ajuda do professor, programe o mesmo para medir a porcentagem das intensidades das cores refletidas, de acordo que o mesmo passe pelas cores, colocando em ordem crescente de intensidades.	<i>Preto (27%), azul (32%), verde (37%), amarelo (58%), vermelho (68%), laranja (70%) branco (76%).</i>
II. A curva a da figura abaixo (figura 14) mostra como uma folha verde tem valores diferentes de refletância para cada comprimento de onda, desde o azul até o infravermelho próximo. Esse tipo de curva, que mostra como varia a refletância de um objeto para cada comprimento de onda, é denominada assinatura espectral e depende das propriedades do objeto. Olhando para o gráfico acima, qual é a radiação que a folha verde reflete com mais intensidade?	<i>A radiação infravermelha.</i>
III. De acordo com espectro eletromagnético conhecido (ver figura 12-b), conseguimos enxergar a radiação infravermelha?	<i>Não</i>
IV. A elevada refletância na banda infravermelha (IR) está relacionada com os aspectos fisiológicos da folha e varia com o seu conteúdo de água na estrutura celular superficial; por isso é um forte indicador de sua natureza, estágio de	<i>Folha verde, devido ter uma maior quantidade de água.</i>

desenvolvimento, sanidade, etc. De acordo com o gráfico, qual folha (verde ou seca) reflete mais radiação infravermelha? Por que?	
V. Você acha que a radiação infravermelha surge quando o corpo está quente ou frio?	<i>Quente.</i>
VI. A curva c mostra a assinatura espectral de uma amostra de solo; no caso do exemplo trata-se de um tipo de solo contendo muito ou pouca matéria orgânica? Justifique.	<i>Pouca, pois observa-se no gráfico que reflete um valor menor de radiação IR comparado aos outros.</i>
VII. Fazendo uma analogia com a questão anterior; diga por que é importante manter áreas verdes nas cidades?	<i>Devido elas contribuírem para amenizar o calor nas cidades, refletindo a radiação IV.</i>

Tabela 4-Relatório de perguntas da experiência do Lego.

Experiências do psicrômetro e do balão:

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após as reflexões dos alunos.
I. Orientado pelo professor, após montar o experimento, anote os valores das temperaturas marcadas em cada termômetro.	<i>Temperatura do termômetro seco:38°C Temperatura do termômetro úmido :36°C</i>
II. De acordo com o conceito de calor, explique por que o termômetro úmido está com uma temperatura menor que seco, já que eles se encontram no mesmo ambiente (sala de aula)?	<i>A temperatura de equilíbrio térmico do termômetro seco é maior devido o mesmo estar em contato com o ar que estar com maior temperatura que o úmido que se encontra em contato com água.</i>
III. Com ajuda do professor, anote o valor da umidade relativa do ar, com a interseção da temperatura do termômetro seco (t_s) e a variação da temperatura ($\Delta t = t_{seco} - t_{úmido}$) da tabela (ver a figura 21):	<i>68%</i>
III. O valor do psicrômetro caseiro é próximo do digital? Quanto foi a diferença de um para o outro?	<i>Folha verde, devido ter uma maior Deu o mesmo valor, não há diferença de valores.</i>
IV. Com o psicrômetro digital vamos medir o valor da umidade nas proximidades de uma pia com a torneira	<i>Aumentou a umidade, passou para 76%.</i>

aberta, sem encostar o mesmo na água. A umidade relativa do ar aumentou ou diminuiu?

V. O que mudou nas proximidades da pia com a torneira aberta que provocou a mudança na umidade do ar?

A quantidade de vapor de água existente no ar.

VI. Baseado no que você aprendeu até agora. Defina o que é umidade relativa?

É a porcentagem de vapor de água existente no ar que não sobe pra nuvens, através do processo de evaporação, também chamado de ciclo hidrológico.

VII. Por que a população que mora nos estados da região Amazônica, que possuem uma umidade relativa elevada, sofrem com a sensação térmica de calor extremos, comparado a outros da federação Brasileira, principalmente da região centro-oeste? Explique.

Devido o suor evaporar mais lentamente, por causa da maior barreira de vapor de água existente nestas regiões, deixando que o calor absorvido da pele humana flua com mais facilidade, prejudicando que o corpo se resfrie.

Tabela 21–Tabela de comparação entre as temperaturas para saber a umidade.

Adaptado de Jankowsky e Galina (2013), pesquisado em 2018.

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após as reflexões dos alunos.
I. Calcule o valor desconhecido usando a Lei de Charles, de transformação isovolumétrica, ou seja, de volume constante.	a) 40 Pa; b)160°C
$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f}$	
a) Pi=10 pa; Ti=20°C; Tf=80°C; Pf=x	

b) $P_i=10 \text{ pa}$; $T_i=20^\circ\text{C}$; $T_f=x$; $P_f=80\text{pa}$

II. Baseado nos resultados da questão anterior, o balão com ar estourou devido a pressão interna aumentar ou diminuir? *Devido a pressão interna aumentar.*

III. O que provocou este aumento de pressão do ar no interior do balão? *O calor da chama da vela.*

IV. Qual o melhor conceito da física, explica por que alguns corpos esquentam mais rápido do que outros, recebendo a mesma quantidade de calor? *A letra c, calor específico.*

a) () Calor latente

b) () Calor sensível

c) () Calor específico

d) () Nenhuma das alternativas

V. O balão com água não estourou devido a água ter um alto ou baixo valor de calor específico? Explique. *Tem um alto valor de calor específico, por isso demora esquentar ou aumentar sua temperatura.*

VI. O que acontece ao aquecer o fundo do balão com ar com a vela? *Ele estoura.*

VII. A explosão do balão com ar, ocorre devido as moléculas gasosas pressionarem a parte interna do mesmo. Qual a área mais provável para romper devido este aumento de pressão? Justifique *O fundo do balão, devido o mesmo se dilatar, ficando mais fina consequentemente mais fácil de furar.*

VIII. Agora explique fisicamente, por que o balão com água não estoura. *Devido ao fundo do balão se dilatar menos, sendo transferido a maior parte do calor da vela para a água que tem um alto calor específico, esquentando pouco, consequentemente se dilatando menos e diminuindo a pressão interna do balão.*

IX. Em torno da terra há uma camada de ar denominada atmosfera, cuja altura é de ordem de 18km. Essa massa de ar exerce pressão sobre todos os corpos no seu interior, pressão que é denominada atmosférica. As forças exercidas sobre os corpos pela atmosfera são consideráveis, passando despercebidas porque a pressão interna do nosso corpo é de mesmo valor *Diminui, devido ao ar se tornar mais rarefeito em altas altitudes, exercendo menos pressão sobre o corpo.*

e compensa seus efeitos. Baseado no que diz o texto sobre pressão atmosférica, além dos conhecimentos adquiridos sobre pressão e calor. Em altas altitudes a pressão atmosférica aumenta ou diminui. Justifique.

X. Por que a região Amazônica, devido ter uma maior umidade relativa do ar comparado as outras regiões Brasileiras, provoca também uma pressão atmosférica mais elevada sobre a mesma? Explique.

Devido ao ar carregado de vapor de água exercer um peso mais elevado, conseqüentemente provocando uma pressão maior sobre a sua superfície.

XI. Está elevada pressão atmosférica sobre esta região tem alguma coisa a ver com o fenômeno dos rios voadores que sai da região Amazônica em direção a região sul e sudeste do país? Por que?

Sim, devido o vapor de água sai da região de alta pressão para baixa, fazendo uma analogia com a experiência do balão com ar, mostra que o mesmo foi perfurado, na região mais frágil do mesmo, onde estava em contato com a vela. Concluindo que o ar sempre procura as regiões mais fácil de fluir, ou seja, de menor pressão.

OBS.: Na pergunta XI, o professor dá uma “dica” dizendo que o movimento de umidade carregada pelo ar.

Tabela 6-Relatório de perguntas da experiência do balão.

Experiência das garrafas:

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após as reflexões dos alunos.
I. O que acontece com as moléculas de água ou ar (fluidos em geral) quando ganham calor? a) ()Se aproximam b) ()Se afastam c) () Não mudam sua posição d) ()N.D.A(nenhuma das alternativas)	<i>Se afastam(b).</i> .
II. Se as moléculas de fluidos se afastam quando recebe calor. A grandeza volume aumenta ou diminui?	<i>Aumenta</i>
III. Observando a equação da densidade: $d = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$	<i>A água gelada, devido suas moléculas estarem frias, ocupando um volume menor, refletindo numa maior densidade, já que são grandezas inversamente proporcionais.</i>

Na experiência realizada qual tem a maior densidade a água gelada ou quente? Por que?

IV. Neste sentido, explique por que houve movimento dos fluidos na primeira situação, enquanto o outro não teve?

Devido a água gelada ser mais densa que a água quente trocando de posição com a mesma, ou seja, ocupando o lugar da água quente e vice-versa.

V.O experimento tem alguma relação com a causa do fenômeno abaixo (ver figura 22)? Explique.

Sim, pois durante o dia o ar quente da areia sobe ocupando o lugar do ar frio da água. O noite mesmo fenômeno acontece durante a noite quando o sentido do fluxo do calor se investe.

VI. Por que o ar que se encontra em cima da areia é quente durante o dia, enquanto o da água é mais fria?

Devido a areia ter um calor específico menor do que a da água.

VII. O fenômeno abaixo (ver figura 23) é conhecido como inversão térmica, muito comum em grandes cidades. Explique em qual das situações das experiências (1 ou 2), ele se encaixa?

Na situação 2, pois o ar frio se encontra em baixo, enquanto o quente fica em cima. Não havendo movimento dos fluidos, ficando acumulada o ar poluído próxima a superfície, prejudicando a saúde das pessoas.

VIII. Em sua opinião, por que o fenômeno da inversão térmica é tão prejudicial à saúde? Tem alguma semelhança com a poluição gerada pelas siderúrgicas da região do Pequiá de baixo em Açailândia Maranhão?

É prejudicial saúde causando problemas respiratórios, principalmente em crianças e idosos que são menos resistentes. Este fenômeno tem semelhança com problemas ambientais que ocorrem na região de Pequiá, pois o processo de beneficiamento do minério de ferro, gera resíduos (pó químico) que se espalha pelo ar, causando males a saúde respiratória do ser humano.

Tabela 7-Relatório de perguntas da experiência das garrafas pets.

Experiência da estufa caseira:

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.

Resposta dada pelo professor, após as reflexões dos alunos.

I. A radiação solar consegue entrar na

Sim, devido o papel filme que encobre a

caixa? Por que?	<i>caixa ser transparente.</i>
II. Qual o material usado na experiência é bom condutor de calor?	<i>O papel alumínio.</i>
III. Ele tem um calor específico baixo ou alto?	<i>Baixo, por isso esquenta rápido.</i>
IV. O ar dentro da caixa estar mais quente do que de fora? Por que?	<i>Quente, pois a radiação IV que vem do sol atravessa o plástico, aquecendo o papel alumínio que por ventura aquece o ar que se encontra em cima, ficando aprisionado dentro da caixa.</i>
V. Quais dos copos d'água dentro ou fora da caixa estar mais quente?	<i>O copo de dentro da caixa.</i>
VI. O efeito estufa é um processo natural que a terra criou para manter a temperatura da terra. Observando a imagem abaixo (ver figura 24), faça uma analogia comparando os materiais que compõem a experiência da caixa com a imagem apresentada.	<i>O plástico de pvc são os gases que provocam o efeito estufa, o papel alumínio é o planeta, contendo áreas naturais e artificiais que assimilam e refletem a radiação IV e o copo de água são as pessoas que sofrem a ação deste fenômeno.</i>
VII. De que forma o fenômeno do efeito estufa, contribui para aumentar a frequência da inversão térmica?	<i>Devido ao efeito estufa contribui para o aquecimento das camadas superiores, provocando uma diferença maior de temperatura com as camadas próximo a superfície, demorando por mais tempo dispersar a poluição.</i>

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após as reflexões dos alunos.
<p>I. Observando os dados conseguidos por alguns alunos que mediram com o psicrômetro a umidade e a temperatura (ver tabela acima); Responda:</p> <p>a) Quais as áreas apresentaram menor e maior temperatura, respectivamente?</p> <p>b) Quais as áreas apresentaram menor e maior umidade, respectivamente?</p>	<p>a) <i>água(29,6°C) e asfalto(41,3°C), respectivamente</i></p> <p>b) <i>asfalto (40%) e água (71%), respectivamente.</i></p>
<p>II. Explique por que nas proximidades da água teve uma temperatura baixa e umidade alta, enquanto no asfalto teve um sistema inverso.</p>	<p><i>Devido a água ter um alto calor específico, demorando esquentar, gerando uma camada de ar fria na sua superfície misturada com o vapor de água evaporada com a ação do sol aos poucos num fluxo contínuo. Enquanto no asfalto o seu calor específico baixo, provoca um aquecimento rápido em sua superfície, evaporando toda água que por ventura possa ter, refletindo na sua baixa umidade relativa do ar.</i></p>
<p>III. Após a água, o locais que tem arvores e vegetação, tem a menor temperatura e alto valor de umidade. Explique por que isto acontece?</p>	<p><i>Devido ao processo da evapotranspiração que as plantas realizam, além da fotossíntese que faz aumentar a umidade e absorver a radiação infravermelha, diminuindo a temperatura ao seu redor.</i></p>
<p>IV. Por que os fenômenos da ilhas de calor e a inversão térmica ocorrem geralmente nas cidades? Qual a relação entre elas?</p>	<p><i>Ocorrem geralmente na cidade porque a cidade é formada por materiais artificiais como: concreto, asfalto, etc.; Na qual tem baixo calor específico, contribuindo para formar ilhas de calor durante a grande parte do dia e no início da noite; enquanto a inversão térmica ocorre no início da manhã, quando o solo ainda tá bem frio.</i></p>

Tabela 10-Relatório de perguntas da experiência do termo hidrômetro.

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após as reflexões dos alunos.
I. Toda a radiação solar consegue atravessar o telhado, iluminando o interior da caixa? Por que?	<i>Não, devido ser um objeto opaco.</i>
II. Se a radiação solar, não consegue atravessar o telhado. Explique por que o interiores da caixa não se encontra muito mais frio do que o ambiente externo?	<i>Devido a radiação solar aquecer o telhado, sendo transmitindo por condução para o ambiente interno.</i>
III. Qual a radiação pertencente a solar, estar mais presente? Justifique	<i>A radiação infravermelha, devido esta ter a característica de aquecer o ambiente, ficando aprisionada na caixa, por ser uma radiação de comprimento de onda grande.</i>
IV. Explique por que o interior da caixa coberta com o telhado de Brasilete pintada com cal está mais baixa do que a do telhado de Brasilete comum (ver tabela acima)?	<i>Isto ocorre pelo fato da cor branca refletir mais radiações eletromagnéticas que o comum (conforme comprovado em experiências anteriores).</i>
V. Qual o telhado provoca um ambiente mais fresco no seu interior?	<i>O telhado de barro</i>
VI. Qual a grandeza da calorimetria provoca este efeito?	<i>Calor específico</i>
VII. Baseado em experiências anteriores (ver). Que conclusão você chegou em relação as grandezas temperatura e umidade	<i>São grandezas inversamente proporcionais</i>
VIII. De acordo que você aprendeu. Qual seria o telhado ideal, usando recursos naturais, para deixar o ambiente interno mais fresco. Justifique	<i>O telhado verde, pois conforme justificado em questões anteriores(ver), a folha tem capacidade de fazer fotossíntese absorvendo energia para produção de seu alimento e refletir o excedente para o espaço.</i>
IX. Diga outro fenômeno natural que as arvores contribuem para sua formação, amenizando o calor das regiões	<i>O fenômeno natural da chuva que são gerados, principalmente pelo vapor d'água da evapotranspiração e da</i>

Brasileiras? Explique.	<i>fotossíntese, produzidos pelas arvores, que sobe para atmosfera, formando as nuvens.</i>
X. A um tempo atrás São Paulo sofria com falta de água, devido seus reservatórios estavam quase vazios, por causa de falta de chuva na região. Qual a relação disso com o aumento do desmatamento na Amazônia neste mesmo período?	<i>A falta de chuva nesta região é reflexo da derrubadas das arvores na Amazônia, pois elas produzem umidade que são levados através dos rios voadores até a região sul e sudeste. Por isso, a mudança do clima desta região.</i>
XI. Diga então como as arvores ou a vegetação contribui diretamente para combater o aquecimento global?	<i>Conforme relatado na questão anterior, a fotossíntese ajuda combater o calor de diversas maneiras, sendo de forma direta absorvendo a poluição gerada pelos gases poluentes das indústrias, carros, etc.; Na qual provocam o efeito estufa, consequentemente o aquecimento global do planeta.</i>

Tabela 12-Relatório de perguntas da experiência do telhado.

APÊNDICE B: SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Entretanto, devido esta obra ser pioneira, pode ser ainda mais refinada, a fim de que no final o professor obtenha resultados ainda mais significativos em sala de aula com seus alunos. Por isso, algumas sugestões obtidas em observações de testes posteriores, mostraram – se ainda mais interessante na aplicação desta metodologia, principalmente devido a realidade que o docente vive na escola pública:

- Uma forma de diminuir a quantidade de aulas desta sequência didática, seria trabalhar as experiências com todos os grupos ao mesmo tempo (uma de cada vez). Isto significa que cada aula, todos os grupos veriam a mesma experiência, respondendo juntos ao banco de questões.
- O ideal é fazer também uma redação anterior a aplicação da sequência didática, a fim de comparar os resultados obtidos pelos alunos (conceitos e obstáculos), antes e depois da metodologia aplicada.
- O professor criaria uma forma de premiar o aluno, dando uma nota ao mesmo, de acordo com quantidade de conceitos ambientais apresentadas em sua redação.
- Após a cada apresentação do grupo para os outros estudantes, o professor explicaria a ideia do mapa conceitual, sugerindo alguns conceitos ambientais ligados a apresentação do experimento, para que os mesmos façam seus próprios mapas conceituais, selecionando no final os mais criativos, pedindo que os autores dos mesmos, expliquem suas ideias, significados e relações ao montarem os mapas.
- Aplicaria uma experiência ou metodologia que refletisse o fenômeno dos rios voadores.

APÊNDICE C: PRODUTO EDUCACIONAL



O ESTUDO DOS FENÔMENOS TÉRMICOS-AMBIENTAIS ATRAVÉS DA METODOLOGIA EM ESPIRAL

LEONARDO DE SOUSA LEAL

Produto educacional aplicado e analisado durante a Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação UNIFESSPA no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador

Prof.º Dr. Luiz Moreira Gomes

Marabá-PA
Junho 2019

RESUMO

O ESTUDO DOS FENÔMENOS TÉRMICOS-AMBIENTAIS ATRAVÉS DA METODOLOGIA EM ESPIRAL

LEONARDO DE SOUSA LEAL

Orientador
Prof.º Dr. Luiz Moreira Gomes

Produto educacional aplicado e analisado durante a dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação UNIFESSPA no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este produto educacional é uma sequência didática que utiliza a metodologia em “ensino em espiral”, para que os alunos possam entender a relação dos fenômenos físicos, térmicos e naturais - inversão térmica, efeito estufa, ilhas de calor e aquecimento global- com os conceitos ambientais básicos como: umidade, infravermelho e pressão atmosférica. Além de outros objetivos secundários:

- Conscientizar do papel importante das árvores no balanço energético no meio ambiente, ajudando amenizar os efeitos provocados pelo o aumento da temperatura no planeta.
- Estimular a preservação do meio ambiente.
- Entender o processo de ensino aprendizagem dos alunos, considerando as limitações da memória humana e as dificuldades de superação das ideias do senso comum.
- Estimular o interesse de criar novas formas de avaliar o aluno, usando metodologias qualitativas, como por exemplo a análise de redações que manifestam o pensamento dos estudantes, através de conceitos expressos através das palavras.

Marabá-PA
Junho 2019

1. PRODUTO EDUCACIONAL: SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE ABORDA OS CONCEITOS DA FÍSICA AMBIENTAL.

Neste livreto é descrito com mais detalhes a organização do trabalho. A expectativa deste trabalho é incentivar o educador aplicar esta sequência didática durante na sala de aula, saindo um pouco da rotina de ensino tradicional.

1.1 ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Inspirado nas ideias de ZABALA(1998) esta sequência didática obedece a seguinte ordem:

1. **Apresentação:** O professor apresenta as experiências, divide a sala em grupos de quatro a cinco alunos, sorteando as experiências entre os mesmos, tal que cada grupo seja responsável na construção e realização das mesmas.

2. **Diálogo entre o professor e alunos:** após a construção das experiências, cada grupo vai realizar a sua, usando como parâmetro os resultados obtidos das mesmas, para responder um banco de questões, criado pelo professor

3. **Comparação entre os diferentes pontos de vista:** o professor promoverá uma discussão entre os alunos, afim de que forma democrática, descartem por conta própria as respostas sem fundamentos do banco de questões, selecionando as mais confiáveis até que cheguem naquela desejada. Entretanto, com ajuda do professor em caso de dúvida, dando “dicas” nas perguntas mais difíceis; É somente nos últimos casos, o professor dará a resposta, a fim de que os alunos avance no processo.

4. **Conclusões:** O professor perguntará ao grupo “sobre o que entenderam sobre o fenômeno estudado?”; Pedindo que os alunos façam uma síntese. Posteriormente, o professor elucidará o assunto, fazendo uma breve explicação sobre os pontos mais importantes, em termos de conhecimento científicos dos conceitos térmicos ambientais analisados.

5.Generalizações:

- Seguindo a ordem das experiências apresentadas neste trabalho (ler o capítulo das descrições das experiências) cada grupo demonstrará aos outros suas

experiências, bem como divulgará os resultados obtidos dos questionamentos apresentados ao banco de questões.

- Com ajuda do professor, o grupo faz uma síntese do conceito ou fenômeno térmico apresentado, mostrando suas principais características e efeitos no planeta.
- Na parte final, após todos os grupos ter apresentado suas experiências, o professor usa o recurso de um mapa conceitual criado pelo docente, mostrando a relação de todos os conceitos físicos ambientais analisados (umidade, pressão atmosférica, infravermelho) com os fenômenos térmicos ambientais (efeito estufa, inversão térmica, ilhas de calor e aquecimento global).

6. Prova ou exame: através de uma metodologia qualitativa, a forma de avaliação deste trabalho foi solicitar que os alunos façam uma redação discursiva falando sobre os prejuízos sofridos no meio ambiente, ao jogar poluição no ar.

7. Avaliação e divulgação dos resultados: o professor vai analisar as redações produzidas pelos alunos, retirando as palavras “chaves” ou afirmações, ligadas aos conceitos ambientais, para saber se os mesmos foram assimilados pela a maioria dos alunos, verificando também os possíveis erros conceituais individuais ou generalizados, como os obstáculos epistemológicos que por ventura possam surgir , para posteriormente o professor esclarece-los aos seus alunos.

Na tabela 1 abaixo, apresenta-se como será dividido esta sequência didática em relação ao tempo.

Tabela 1 - Planejamento das atividades da sequência didática.

Planejamento do tempo das atividades				
Fases	Procedimento	Tempo	Carga horária total por fase	Quantidade e aproximada de aula
Introdução	Apresentar as experiências aos alunos e dividir a sala em grupo de 4 a 5 alunos.	30 minutos	30min	10 aulas
Diálogo e comparação	O professor reservará um dia da semana, para levar um grupo de cada vez ao laboratório.	60 minutos para cada experiência	420min	
Conclusão	O professor explicará o conceito ambiental ou fenômeno físico, por trás das experiências.	30 minutos para grupo	210 minutos	5 aulas
Generalizações	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentações dos resultados e síntese dos conceitos pelos alunos. • Exposição e explicação das relações dos conceitos e fenômenos do mapa conceitual 	30 minutos para cada grupo e o professor.	240min	6 aulas

	peço professor.			
Prova ou exame	Os alunos vão fazer a redação.	90 minutos	90 min	2 aulas
Avaliação e divulgação dos resultados	O professor analisará a redações, corrigindo os possíveis erros conceituais ou epistemológicos que por ventura possa surgir.	Indeterminado		

2. DESCRIÇÃO DAS EXPERIÊNCIAS

2.1 EXPERIÊNCIA DO DVD

- **Objetivo:** mostrar que a radiação solar vinda do sol, não é formada por uma única cor (branca) mais um conjunto de radiações, pertencentes ao espectro eletromagnético, cada uma com seu comprimento de onda e frequência (ver figura 1.a). Utilizando para isso, a demonstração do fenômeno da dispersão luminosa, consistindo na separação da luz branca nas sete cores monocromáticas, ao atravessar um meio que não seja o vácuo ou o ar, como por exemplo as gotículas de água suspensas no ar e um prisma de vidro (ver figura 1.b).

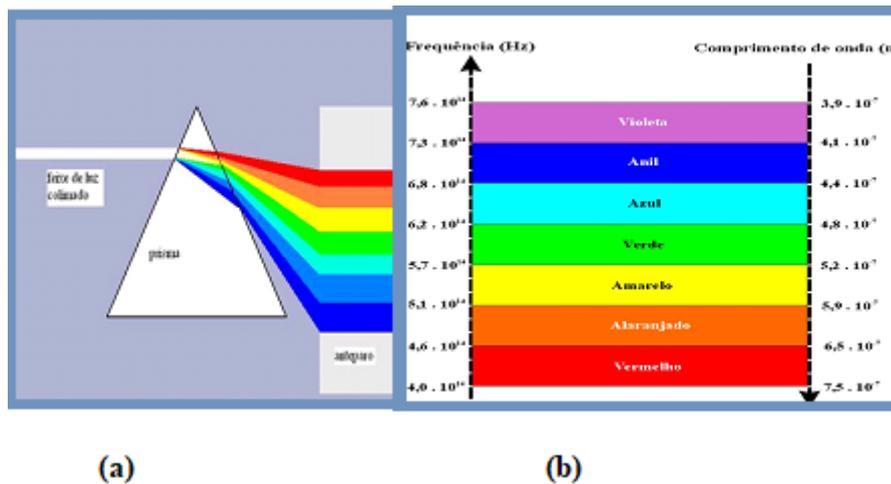


Figura 1 – (a) Dispersão da luz no prisma; (b) Espectro visível ao olho humano

Fonte: Hewitt, 2015

- **Material**

Tesoura, DVD usado, durex, fita adesiva e vela.

- **Montagem**



Figura 2– experiência do DVD, realizado no laboratório.

Corta-se um pedaço da borda do DVD em seguida separa-se a parte de cima da de baixo do DVD, retira-se a tinta refletiva da parte de baixo com o durex (tendo o cuidado de não tirar a parte roxa) e tampasse o centro do DVD com fita adesiva. Posteriormente acende-se a vela, apague-se a luz, dessa forma permitisse que a luz passe por dentro do DVD.

- **Explicação**

Como a luz é policromática, cada cor é refratada ou desviada de forma diferente, pois cada cor tem um índice de refração diferente, indo da menor frequência

(vermelho) que fica na borda do DVD para a maior frequência que se localiza próximo ao centro do DVD, nesse ponto localiza-se a cor violeta.

- **Roteiro de perguntas**

O roteiro de perguntas – consta no apêndice, foi elaborado numa perspectiva de que o aluno possa recordar do fenômeno da refração ministrada em aulas anteriores, servindo a experiência para ampliar o entendimento dos seus conhecimentos sobre o assunto, tais como a ideia de raio de luz, uma onda eletromagnética dentro do espectro visível ao olho humano, cada um com seu comprimento de onda e frequência específica, refletindo na sua refração, à medida que se desvia da reta imaginária chamada de Normal. Por fim, as últimas perguntas induzem o aluno concluir que a luz branca, na verdade é formada por várias cores - policromática, e ainda possibilitando com o que o estudante faça analogias com o fenômeno natural observado no arco íris, algo que é presente no dia a dia.

- **Site de pesquisa:** mais detalhes na página do manual do mundo, onde o vídeo é encontrado no : <https://www.youtube.com/watch?v=-e9crnQEA78>

A tabela 2 a seguir explana as perguntas direcionadas aos alunos durante a realização da experiência.

Tabela 2- Relatório de perguntas da experiência do DVD.

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após a reflexão do aluno.
I. Quais as cores se formaram sobre o DVD, de fora pra dentro, ao colocar na frente de uma vela?	Vermelho, amarelo, verde, azul e violeta(roxos).
II. De acordo com (figura 2) as cores que apareceram sobre o DVD (de fora pra dentro) seguem uma ordem crescente ou decrescente, em relação ao seus comprimentos de ondas e suas frequências?	Decrescente em relação ao comprimento de onda, enquanto a frequência crescente.
III. A luz da vela ao passar pelo DVD muda de meio. Como é chamado na física o nome deste fenômeno?	O nome deste fenômeno se chama refração.
IV. Quantas vezes ocorrem este fenômeno? Explique.	Ocorre duas vezes na entrada da luz no dvd (ar para DVD e na saída do mesmo (DVD para ar).
V. Quais destes momentos ocorre o aparecimento das cores?	Na saída da luz sobre o DVD.
VI. Este momento ocorre quando a luz passa do meio menos refringente para o mais ou contrário?	Do mais refringente para o menos.
VII. Nesta situação, o raio de luz se aproxima ou se afasta da normal?	Se afasta da normal
VIII. Na tua opinião isto reflete na ordem das cores apresentadas sobre o DVD?	Sim
IX. Quem fez pela primeira vez esta experiência foi Isaac Newton, chamada de dispersão luminosa, passando o raio de luz sobre o prisma. Observando a figura abaixo (ver figura 1a). Qual a cor do dvd é a mais refringente?	Violeta(roxos)
X. Se: $n = \frac{c}{v}$ e $V = \lambda \cdot f$ Aumentando o comprimento de onda da luz, o índice de refração aumenta ou diminui? Por que?	Diminui, por que aumenta a grandeza velocidade, influenciando no resultado do índice de refração, pois esta grandeza é inversamente proporcional.
XI. Observando novamente a figura 1.b, qual a cor tem o menor índice de	O vermelho

refração?	
XII. Qual é a relação do índice de refração e as grandezas comprimento de onda e a frequência das cores, respectivamente?	O índice é inversamente proporcional a primeira e diretamente a segunda. Fazendo a cor violeta desvia mais para o centro do DVD, enquanto o vermelha ficando na borda.
XIII. Que conclusão você tira da luz branca. Ela é monocromática ou policromática?	Policromática
XIV. Em que situação, ela se revela esta sua natureza?	No momento em que a luz passa por um objeto transparente, capaz de fazela desviar.
XV. Dê um exemplo do dia-dia que ocorre o mesmo fenômeno.	A expectativa é que se lembra do arco-íris.

2.2 EXPERIÊNCIA DO LEGO

- **Objetivo**

Discutir sobre as cores não perceptíveis ao olho humano, em especial, a cor associada a radiação infravermelha, apresentado a característica da radiação infravermelha como uma onda não ionizante, de comprimentos longos, geradas por corpos quentes, tais como o corpo humano que emite calor para o ambiente.

- **Material**

- Kit de robótica.
- Bloco programável de 32 bits.
- Um sensor de luz que emite e traduz a intensidade refletida.
- Guia de cores



Figura 3– maleta (NXT 9797) da empresa Lego Brasil.
Disponível em <http://www.nwk.edu.br/intro/wp-content/uploads>

- Bloco programável de 32 bits



Figura 4(a) – Visor

Disponível em <http://www.nwk.edu.br/intro/wp-content/uploads>

- f) Um sensor de luz que emite e traduz a intensidade refletida.



Figura 4(b) – Sensor

Disponível em <http://www.nwk.edu.br/intro/wp-content/uploads>

- g) Guia de cores



Figura 4(c) – Guia de cores

Disponível em <http://www.nwk.edu.br/intro/wp-content/uploads>

- **Montagem e programação**

- 1- Para conectar um Sensor ao NXT, ligue uma extremidade do fio preto ao Sensor. Ligue a outra extremidade em uma das portas de entrada (1, 2, 3, 4).



Figura 5(a) – Conectando o sensor

Disponível em <http://www.nwk.edu.br/intro/wp-content/uploads>

- 2- Selecione 'Visualizar no monitor NXT'
- 3- Selecione o ícone de luz Refletida.



Figura 5(b) – Programando o bloco NXT

Disponível em <http://www.nwk.edu.br/intro/wp-content/uploads>

- 4- Selecione a porta na qual colocou o sensor.
- 5- Mantenha o Sensor de Luz próximo a cores diferentes ao seu redor e veja as diferentes leituras.

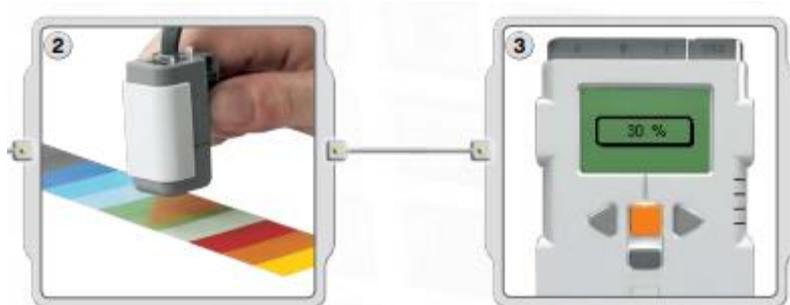


Figura 5(c) - Emitindo a radiação e conferindo a radiação refletida no monitor

Disponível em <http://www.nwk.edu.br/intro/wp-content/uploads>

- **Explicação**

O estudante ao passar o sensor de luz sobre as cores, anotar as cores, chegando a algumas conclusões: a cor preta tem a menor intensidade refletida, totalmente adversa a cor branca, que possui valor máximo. No entanto, dentre as cores a segunda maior intensidade foi observado na cor alaranjada - na qual se aproxima da cor emitida pelo sensor, levando-o a crer que a intensidade refletida depende da cor do feixe emitido e do local onde é o local selecionado para sua aproximação.

- **Roteiro de Perguntas**

Esse aparato tecnológico serve como introdução ao objetivo da experiência que é chegar através do roteiro de perguntas-respostas – detalhado no apêndice, estão descritos no roteiro as consequências da incidência da radiação infravermelha no solo, bem como, de forma implícita, as implicações na questão do aumento de temperatura, com a ausência da vegetação no meio ambiente. A figura 6 apresenta de forma sintética as observações constantes no roteiro.

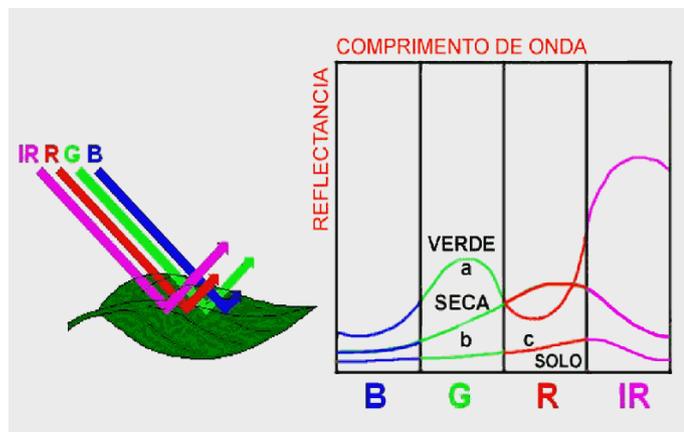


Figura 6– Assinaturas espectrais.
Disponível em <https://www.inpe.br>

- **Site(s) de pesquisa:**

<https://www.generationrobots.com/media/Lego-Mindstorms-NXT-Education-Kit.pdf>

http://mz.pro.br/Engenharia_Processo/04-Manual_MindStorms_Portugues.pdf

<http://www.nwk.edu.br/intro/wp-content/uploads/2014/05/Manual-Did%C3%A1tico-Pedag%C3%B3gico-LEGO-EDUCATION.pdf>

A tabela 3 a seguir explana as perguntas direcionadas aos alunos durante a realização da experiência.

Tabela 3 - Relatório de perguntas da experiência do LEGO

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após as reflexões dos alunos.
<p>I. Utilizando o sensor de luz abaixo, com ajuda do professor, programe o mesmo para medir a porcentagem das intensidades das cores refletidas, de acordo que o mesmo passe pelas cores, colocando em ordem crescente de intensidades.</p>	<p>Preto (27%), azul (32%), verde (37%), amarelo (58%), vermelho (68%), laranja (70%) branco (76%).</p>
<p>II. A curva a da figura abaixo (figura 6) mostra como uma folha verde tem valores diferentes de refletância para cada comprimento de onda, desde o azul até o infravermelho próximo. Esse tipo de curva, que mostra como varia a refletância de um objeto para cada comprimento de onda, é denominada assinatura espectral e depende das propriedades do objeto. Olhando para o gráfico acima, qual é a radiação que a folha verde reflete com mais intensidade?</p>	<p>A radiação infravermelha.</p>
<p>III. De acordo com espectro eletromagnético conhecido, conseguimos enxergar a radiação infravermelha?</p>	<p>Não</p>
<p>IV. A elevada refletância na banda infravermelha (IR) está relacionada com os aspectos fisiológicos da folha e varia com o seu conteúdo de água na estrutura celular superficial; por isso é um forte indicador de sua natureza, estágio de desenvolvimento, sanidade, etc. De acordo com o gráfico, qual folha (verde ou seca) reflete mais radiação infravermelha? Por que?</p>	<p>Folha verde, devido ter uma maior quantidade de água.</p>
<p>V. Você acha que a radiação</p>	<p>Quente.</p>

infravermelha surge quando o corpo está quente ou frio?	
VI. A curva c mostra a assinatura espectral de uma amostra de solo; no caso do exemplo trata-se de um tipo de solo contendo muito ou pouca matéria orgânica? Justifique.	Pouca, pois observa-se no gráfico que reflete um valor menor de radiação IR comparado aos outros.
VII. Fazendo uma analogia com a questão anterior; diga por que é importante manter áreas verdes nas cidades?	Devido elas contribuírem para amenizar o calor nas cidades, refletindo a radiação IV.

2.3 EXPERIÊNCIA DO PSICRÔMETRO

- **Objetivo**

Entender sobre o conceito de umidade relativa do ar.

- **Material**

Água, gaze, dois termômetros clínicos; garrafa PET de 2 litros; arame de 20 cm de comprimento e 2 mm de diâmetro; barbante; copo ou recipiente transparente pequeno; tabela com valores de umidade relativa do ar medida no psicrômetro – tabela disponível no apêndice e um termo hidrômetro digital conforme a figura 7 abaixo.



Figura 7– termo hidrômetro digital.

- **Procedimento de montagem e medição da umidade pelo psicrômetro caseiro:**

1. Faz-se dois furos pequenos (do diâmetro do arame) na altura do gargalo da garrafa PET;
2. Enchese a garrafa com água até 1/3 do seu volume;
3. Passasse o arame pelos furos e dobre as duas extremidades na forma de ganchos;

4. Pendurasse cada termômetro nas extremidades do arame;
5. Colocasse água no copo ou recipiente transparente pequeno;
6. Envolvesse um dos termômetros com a gaze, tornando-se uma espécie de bolsa – pode-se utilizar a linha para amarrar a gaze;
7. Mergulhasse a gaze no copo com água, conforme a figura 8 abaixo.
8. Esperasse alguns instantes e anotasse os valores das temperaturas marcadas em cada termômetro.
9. A umidade relativa do ar será obtido com a interseção do valor medido da temperatura do termômetro (t_s) seco com a sua diferença do úmido(t_u), na tabela de umidade apresentada na figura 9.

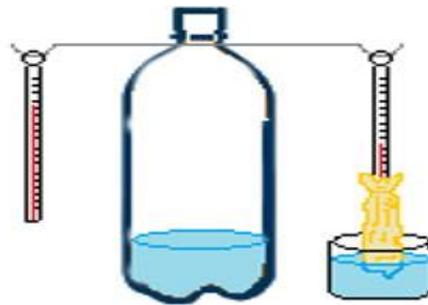


Figura 8– Experiência do psicrômetro.
Disponível em <https://educador.brasilecola.com.br>

t_u	5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10
48	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
49	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
50	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
51	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
52	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
53	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
54	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
55	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
56	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
57	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
58	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
59	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
60	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
61	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
62	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
63	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
64	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
65	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
66	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
67	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
68	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
69	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
70	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
71	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
72	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
73	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
74	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
75	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
76	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
77	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
78	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
79	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
80	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
81	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
82	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
83	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
84	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
85	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
86	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
87	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
88	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
89	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
90	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
91	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
92	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
93	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
94	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
95	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
96	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
97	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
98	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
99	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0
100	92	76	69	62	54	47	40	32	24	16	8	0	0	0	0

Figura 9 – Tabela de comparação entre as temperaturas para saber a umidade.
Fonte: Adaptado de Jankowsky e Galina (2013)

- **Locais de medições:**

Medindo o psicrômetro caseiro e o termo hidrômetro na sala, além de comparação de resultados.

Referente a pergunta III e IV do roteiro de perguntas – disponível no apêndice.

Medindo o termo hidrômetro perto da torneira

Referente a pergunta V do roteiro de perguntas – disponível no apêndice.

A figura 10 apresenta essa etapa.



Figura 10 – Medindo a umidade relativa do ar com o termo hidrômetro digital perto de uma fonte de água.

- **Explicação e roteiro de perguntas**

No banco de questões, tentasse fazer com que o aluno construa o conceito de umidade através dos dados obtidos na sequência de perguntas direcionadas pelo professor. Nas últimas perguntas – apresentadas no apêndice, tentasse mostrar as diferenças de umidade entre as regiões do estados Brasileiros, refletindo no clima dessas regiões, como por exemplo, na diferença do clima da região Amazônica com o clima da região Centro-Oeste, além disso, verificando-se as diferenças extremas de umidade entre as regiões a qual reflete-se na sensação térmica das regiões observadas.

A tabela 4 a seguir explana as perguntas direcionadas aos alunos durante a realização da experiência.

Tabela 4 - Relatório de perguntas da experiência do psicrômetro.

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após as reflexões dos alunos.
<p>I. Orientado pelo professor, após montar o experimento, anote os valores das temperaturas marcadas em cada termômetro.</p>	<p>Temperatura do termômetro seco:38°C</p> <p>Temperatura do termômetro úmido :36°C</p> <p>.</p>
<p>II. De acordo com o conceito de calor, explique por que o termômetro úmido está com uma temperatura menor que seco, já que eles se encontram no mesmo ambiente (sala de aula)?</p>	<p>A temperatura de equilíbrio térmico do termômetro seco é maior devido o mesmo estar em contato com o ar que estar com maior temperatura que o úmido que se encontra em contato com água.</p>
<p>III. Com ajuda do professor, anote o valor da umidade relativa do ar, com a interseção da temperatura do termômetro seco (t_s) e a variação da temperatura ($\Delta t = t_{seco} - t_{úmido}$) da tabela (ver a figura 9):</p>	<p>68%</p>
<p>III. O valor do psicrômetro caseiro é próximo do digital? Quanto foi a diferença de um para o outro?</p>	<p>Folha verde, devido ter uma maior Deu o mesmo valor, não há diferença de valores.</p> <p>.</p>
<p>IV. Com o psicrômetro digital vamos medir o valor da umidade nas proximidades de uma pia com a torneira aberta, sem encostar o mesmo na água. A umidade relativa do ar aumentou ou diminuiu?</p>	<p>Aumentou a umidade, passou para 76%.</p>
<p>V. O que mudou nas proximidades da pia com a torneira aberta que provocou a mudança na umidade do ar?</p>	<p>A quantidade de vapor de água existente no ar.</p>
<p>VI. Baseado no que você aprendeu até agora. Defina o que é umidade relativa?</p>	<p>É a porcentagem de vapor de água existente no ar que não sobe pra nuvens, através do processo de evaporação, também chamado de ciclo hidrológico.</p>

VII. Por que a população que mora nos estados da região Amazônica, que possuem uma umidade relativa elevada, sofrem com a sensação térmica de calor extremos, comparado a outros da federação Brasileira, principalmente da região centro-oeste? Explique.

Devido o suor evaporar mais lentamente, por causa da maior barreira de vapor de água existente nestas regiões, deixando que o calor absorvido da pele humana flua com mais facilidade, prejudicando que o corpo se resfrie.

2.4 EXPERIÊNCIA DO BALÃO

- **Objetivo**

Entender sobre o conceito de pressão atmosférica.

- **Material**

Balão com ar, balão com água e uma vela acesa.

- **Questionamento**

O professor instiga os alunos, a respeito de uma explicação plausível de resposta a pergunta: “Por que o balão cheio de ar estoura em contato com a chama de uma vela, enquanto o outro, cheio parcialmente de água permanece intacto?”

- **Explicação e Roteiro de perguntas**

As perguntas constantes nos questionários pretendem retomar com os estudantes a respeito da aula sobre a pressão dos gases ideais e sua relação com a temperatura - calor específico, assim, para que o aluno possa entender com maior facilidade o conceito da pressão atmosférica. Além disso, mostrasse que esta pressão pode variar conforme a altitude do lugar onde é medido, ou seja, quanto maior a altitude, menor a pressão e, conseqüentemente, quanto menor a altitude maior a pressão exercida pelo ar na superfície terrestre (ver tabela 4). A figura 11 mostra a discussão dos resultados e conclusões da experiência com os outros alunos da sala.



Figura 11 – Experiência do balão

- **Site de pesquisa:**

<http://www.pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/balao-que-nao-estoura/1210>

A tabela 5 a seguir explana as perguntas direcionadas aos alunos durante a realização da experiência.

Tabela 5 - Relatório de perguntas da experiência do balão

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após as reflexões dos alunos.
<p>I. Calcule o valor desconhecido usando a Lei de Charles, de transformação isovolumétrica, ou seja, de volume constante.</p> $\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f}$ <p>Sabendo que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • P_i-Pressão inicial • P_f-Pressão final • V_i-Volume inicial • V_f-Volume final • T_i-Temperatura inicial • T_f-Temperatura final <p>a) P_i=10 pa; T_i=20°C; T_f=80°C; P_f=x</p> <p>b) P_i=10 pa; T_i=20°C; T_f=x; P_f=80pa</p>	<p>b) 40 pa; b)160°C</p>
<p>II. Baseado nos resultados da questão anterior, o balão com ar estourou devido a pressão interna aumentar ou diminuir?</p>	<p>Devido a pressão interna aumentar.</p>

<p>III. O que provocou este aumento de pressão do ar no interior do balão?</p>	<p>O calor da chama da vela.</p>
<p>IV. Qual o melhor conceito da física, explica por que alguns corpos esquentam mais rápido do que outros, recebendo a mesma quantidade de calor?</p> <p>a)()Calor latente</p> <p>b)()Calor sensível</p> <p>c)()Calor específico</p> <p>d)()Nenhuma das alternativas</p>	<p>A letra c, calor específico.</p>
<p>V. O balão com água não estourou devido a água ter um alto ou baixo valor de calor específico? Explique.</p>	<p>Tem um alto valor de calor específico, por isso demora esquentar ou aumentar sua temperatura.</p>
<p>VI. O que acontece ao aquecer o fundo do balão com ar com a vela?</p>	<p>Ele estoura.</p>
<p>VII. A explosão do balão com ar, ocorre devido as moléculas gasosas pressionarem a parte interna do mesmo. Qual a área mais provável para romper devido este aumento de pressão? Justifique</p>	<p>O fundo do balão, devido o mesmo se dilatar, ficando mais fina consequentemente mais fácil de furar.</p>
<p>VIII. Agora explique fisicamente, por que o balão com água não estoura.</p>	<p>Devido ao fundo do balão se dilatar menos, sendo transferido a maior parte do calor da vela para a água que tem um alto calor específico, esquentando pouco, consequentemente se dilatando menos e diminuindo a pressão interna do balão.</p>
<p>IX. Em torno da terra há uma camada de ar denominada atmosfera, cuja altura é de ordem de 18km. Essa massa de ar exerce pressão sobre todos os corpos no seu interior, pressão que é denominada atmosférica. As forças exercidas sobre os corpos pela atmosfera são consideráveis, passando despercebidas porque a pressão interna do nosso corpo é de</p>	<p>Diminui, devido ao ar se tornar mais rarefeito em altas altitudes, exercendo menos pressão sobre o corpo.</p>

mesmo valor e compensa seus efeitos. Baseado no que diz o texto sobre pressão atmosférica, além dos conhecimentos adquiridos sobre pressão e calor. Em altas altitudes a pressão atmosférica aumenta ou diminui. Justifique.	
X. Por que a região Amazônica, devido ter uma maior umidade relativa do ar comparado as outras regiões Brasileiras, provoca também uma pressão atmosférica mais elevada sobre a mesma? Explique.	Devido ao ar carregado de vapor de água exercer um peso mais elevado, conseqüentemente provocando uma pressão maior sobre a sua superfície.
XI. Está elevada pressão atmosférica sobre esta região tem alguma coisa a ver com o fenômeno dos rios voadores que sai da região Amazônica em direção a região sul e sudeste do país? Por que?	Sim, devido o vapor de água sai da região de alta pressão para baixa, fazendo uma analogia com a experiência do balão com ar, mostra que o mesmo foi perfurado, na região mais frágil do mesmo, onde estava em contato com a vela. Concluindo que o ar sempre procura as regiões mais fácil de fluir, ou seja, de menor pressão.
OBS.: Na pergunta XI, o professor dá uma “dica” dizendo que o movimento de umidade carregada pelo ar.	

2.5 EXPERIÊNCIA DAS GARRAFAS

- **Objetivo**

A partir desta experiência, tornasse possível a reflexão acerca dos fenômenos físicos ligadas ao aquecimento global, tais como o fenômeno da inversão térmica, e o fenômeno atmosférico muito comum nos grandes centros urbanos industrializados, sobretudo naqueles localizados em áreas cercadas por serras ou montanhas.

- **Material**

Quatro garrafas de 2 litros, duas com água gelada tingida de azul e duas de água quente tingidas de amarela (corante alimentício ou industrial) e fita isolante.

- **Montagem**

Inicialmente, furasse o centro das tampas das duas garrafas pets, une-as por fitas isolantes para conectar as garrafas. Basicamente, a aula começa com o professor mostrando as duas situações para os alunos: a primeira deixando a garrafa de água quente embaixo, enquanto a gelada em cima (primeira situação), posteriormente mudando o sistema, usando as outras duas garrafas, virando a

garrafa de água quente pra baixo em cima da azul. Posteriormente, instigasse os alunos há uma explicação para este fenômeno: Por que a água gelada se mistura com água quente, na primeira situação, enquanto na segunda não?

- **Explicação e roteiro de perguntas**

As primeiras perguntas desse experimento – disponíveis no apêndice, retomasse com os alunos a respeito da grandeza de densidade, na qual depende da grandeza volume e conseqüentemente da temperatura do meio onde se encontram.

A temperatura sofre a influência na agitação das moléculas que formam este sistema. Além disso, o experimento é capaz de proporcionar o aluno a compreensão do fenômeno da inversão térmica, processo que ocorre quando o ar frio (mais denso) é impedido de circular por uma camada de ar quente (menos denso), provocando problemas respiratórios nas pessoas que vivem em ambientes muito poluídos. A figura 12 mostra a imagem comparativa dos dois momentos das experiências que provocam a discussão dos alunos.

SITUAÇÃO 1

Água quente em baixo (amarelo) e em água fria em cima.



SITUAÇÃO 2

Água quente em cima (amarelo) e em água fria em baixo.



Figura 12 – Experiência da inversão térmica
Disponível em <https://www.manualdomundo.com.br/>

- **Site de pesquisa**

<https://www.youtube.com/watch?v=SYKeSb2iAQQ>

A tabela 6 a seguir explana as perguntas direcionadas aos alunos durante a realização da experiência.

Tabela 6 - Relatório de perguntas da experiência das garrafas

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após as reflexões dos alunos.
<p>I. O que acontece com as moléculas de água ou ar (fluidos em geral) quando ganham calor?</p> <p>a) () Se aproximam b) () Se afastam c) () Não mudam sua posição d) () N.D.A(nenhuma das alternativas)</p>	<p>Se afastam(b).</p> <p>.</p>
<p>II. Se as moléculas de fluidos se afastam quando recebe calor. A grandeza volume aumenta ou diminui?</p>	<p>Aumenta</p>
<p>III. Observando a equação da densidade:</p> $d = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ <p>Na experiência realizada qual tem a maior densidade a água gelada ou quente? Por que?</p>	<p>A água gelada, devido suas moléculas estarem frias, ocupando um volume menor, refletindo numa maior densidade, já que são grandezas inversamente proporcionais.</p>
<p>IV. Neste sentido, explique por que houve movimento dos fluidos na primeira situação, enquanto o outro não teve?</p>	<p>Devido a água gelada ser mais densa que a água quente trocando de posição com a mesma, ou seja, ocupando o lugar da água quente e vice-versa.</p>
<p>V.O experimento tem alguma relação com a causa do fenômeno abaixo (ver figura 13)? Explique.</p>	<p>Sim, pois durante o dia o ar quente da areia sobe ocupando o lugar do ar frio da água. O noite mesmo fenômeno acontece durante a noite quando o sentido do fluxo do calor se investe.</p>
<p>VI. Por que o ar que se encontra em</p>	<p>Devido a areia ter um calor específico</p>

<p>cima da areia é quente durante o dia, enquanto o da água é mais fria?</p>	<p>menor do que a da água.</p> <p>.</p>
<p>VII. O fenômeno abaixo (ver figura 14) é conhecido como inversão térmica, muito comum em grandes cidades. Explique em qual das situações das experiências (1 ou 2), ele se encaixa?</p>	<p>Na situação 2, pois o ar frio se encontra em baixo, enquanto o quente fica em cima. Não havendo movimento dos fluidos, ficando acumulada o ar poluído próxima a superfície, prejudicando a saúde das pessoas.</p> <p>.</p>
<p>VIII. Em sua opinião, por que o fenômeno da inversão térmica é tão prejudicial à saúde? Tem alguma semelhança com a poluição gerada pelas siderúrgicas da região do Pequiá de baixo em Açailândia Maranhão?</p>	<p>É prejudicial saúde causando problemas respiratórios, principalmente em crianças e idosos que são menos resistentes. Este fenômeno tem semelhança com problemas ambientais que ocorrem na região de Pequiá, pois o processo de beneficiamento do minério de ferro, gera resíduos (pó químico) que se espalha pelo ar, causando males a saúde respiratória do ser humano.</p> <p>.</p>

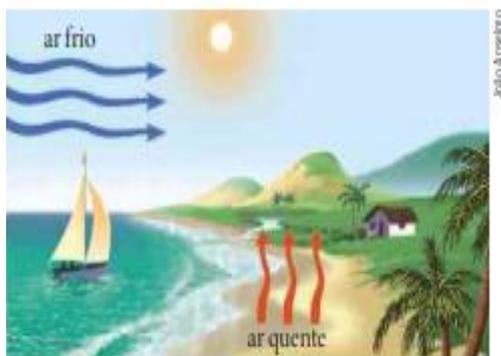


Figura 13 – Processo de convecção entre o mar e praia, durante dia e noite.
 Fonte: Adaptado do Newton *et al* (2016).

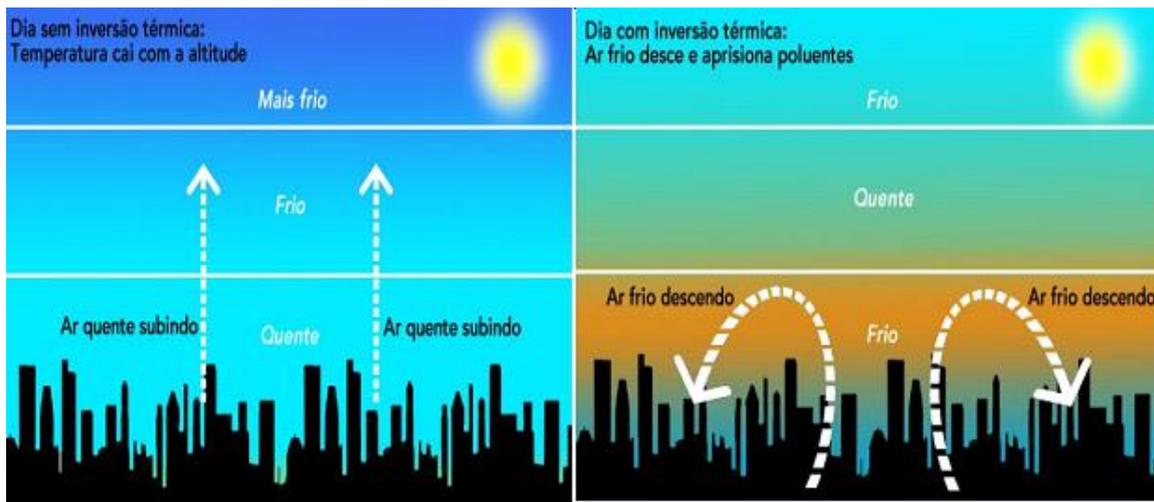


Figura 14– Fenômeno da inversão térmica
Disponível em <http://www.dsr.inpe.br>

2.6 EXPERIÊNCIA DA ESTUFA CASEIRA

- **Objetivo**

Pretende-se demonstrar como acontece o efeito estufa, fenômeno ligado diretamente ao aquecimento global - contribuindo para o aumento da temperatura do planeta.

- **Material**

Dois copos com água, papel alumínio, caixa grande de sapatos, tesoura e filme plástico.

- **Montagem**

Inicialmente preenchesse a caixa de papelão internamente com papel alumínio, e sua tampa é substituída por uma tampa de plástico filme que recobre a mesma. Colocasse um copo de água e outro fora da caixa de papelão, a fim de comparar a temperatura do líquido, depois de algum período em baixo do sol (cerca de 10 minutos), em seguida verificasse qual dos copos estará mais quente.

- **Explicação**

A caixa ao ser iluminada pela luz do sol, atravessa pelo plástico filme e se converte em calor ao atingir a superfície interna da mesma. Então, o ar se aquece, sendo impedido de sair pela caixa por causa do plástico filme que é um isolante, aumentando assim a temperatura interna da caixa. Por este motivo, a água do copo que está dentro da caixa ficará mais quente que a água do copo que está fora dela.

- **Roteiro de Perguntas**

Nessa experiência pretende-se que o aluno compreenda através do diálogo com o professor – tabela disponível no apêndice que a experiência da caixa é muito próximo do fenômeno do efeito estufa – a caixa como se fosse o planeta, entretanto, o papel alumínio representando a sua superfície da terra, o copo d’água figurando como as pessoas e o plástico filme como os gases do efeito estufa impedindo do calor passar. Ao término do experimento, a última pergunta tem como objetivo relacionar esse fenômeno com a o fenômeno da inversão térmica. A figura 15 a seguir é o momento de demonstração da experiência pelos alunos, logo após a figura, se encontra a tabela 7 com os questionamentos feitos aos alunos.



Figura 15 – Caixa térmica representando o efeito estufa.

- **Site de pesquisa:**

<http://www.ebc.com.br/infantil/2015/08/faca-voce-mesmo-experiencia-simula-o-efeito-estufa>

A tabela 7 a seguir explana as perguntas direcionadas aos alunos durante a realização da experiência.

Tabela 7 - Relatório de perguntas da estufa caseira

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após as reflexões dos alunos.
I. A radiação solar consegue entrar na caixa? Por que?	Sim, devido o papel filme que encobre a caixa ser transparente. .
II. Qual o material usado na experiência é bom condutor de calor?	O papel alumínio.
III. Ele tem um calor específico baixo ou alto?	Baixo, por isso esquenta rápido. .
IV.O ar dentro da caixa estar mais quente do que de fora? Por que?	Quente, pois a radiação IV que vem do sol atravessa o plástico, aquecendo o papel alumínio que por ventura aquece o ar que se encontra em cima, ficando aprisionado dentro da caixa. .
V. Quais dos copos d'água dentro ou fora da caixa estar mais quente?	O copo de dentro da caixa.
VI. O efeito estufa é um processo natural que a terra criou para manter a temperatura da terra. Observando a imagem abaixo (ver figura 16), faça uma analogia comparando os materiais que compõem a experiência da caixa com a imagem apresentada.	O plástico de pvc são os gases que provocam o efeito estufa, o papel alumínio é o planeta, contendo áreas naturais e artificiais que assimilam e refletem a radiação IV e o copo de água são as pessoas que sofrem a ação deste fenômeno. .
VII. De que forma o fenômeno do efeito estufa, contribui para aumentar a frequência da inversão térmica?	Devido ao efeito estufa contribui para o aquecimento das camadas superiores, provocando uma diferença maior de temperatura com as camadas próximo a superfície, demorando por mais



Figura 16 – Imagem usada do efeito estufa, para explicar o fenômeno para os estudantes investigados.

Disponível em <http://educacao.globo.com/biologia.html>

2.7 EXPERIÊNCIA DO TERMO HIDRÔMETRO

- **Objetivo**

Discutir e reconhecer ambientes propícios para o desenvolvimento do fenômeno das ilhas de calor.

- **Material**

Termo hidrômetro, caneta e papel.

- **Procedimento**

Solicitou-se nesta experiência que alguns estudantes – quatro a cinco alunos, que se retiram-se da sala com intuito de medir e anotar os resultados obtidos pelo termo hidrômetro em diferentes solos da área interna da escola e externa, tais como as descritas abaixo.

- **Área construída**

Local que fica entre prédios, residências, etc.

- **Vegetação**

Local onde se encontra vegetação rasteira, como capim, etc.

- **Arborização**

Local com predominância de árvores, como praça.

- **Asfalto**

Local de estrada, longe de regiões de verde ou residência.

- **Concreto**

Local onde as ruas são feitas de bloquetes, longe de residências e áreas verdes.

➤ **Solo nu**

Local onde o solo e formado de terra batida, arenoso, etc.

➤ **Água**

Locais próximos de lagos, igarapés, riachos, etc.

• **Explicação e roteiro de perguntas**

Na discussão com os alunos sobre os resultados obtidos na pesquisa de campo, foi elaborado um conjunto de perguntas – disponíveis no apêndice, cujo objetivo é subsidiar os estudantes quanto a compreensão da grandeza umidade relativa, bem como, eles concluírem a inversabilidade proporcional entre a temperatura do ambiente externo com a umidade, dessa forma os estudantes serão capazes de concluírem que no ambiente mais fresco há abundância de água - perto de um brejo próximo a escola. Num segundo momento, o professor provocará os alunos, perguntado: qual o solo tem a segunda maior umidade, depois da água? Esperasse que os estudantes cheguem a conclusão de que a vegetação ou áreas que tem árvores, possuem características de produzir umidade no meio, conseqüentemente diminuindo a temperatura, devido ao processo da evapotranspiração e da fotossíntese. A figura 17 a seguir é o momento de demonstração da experiência pelos alunos, logo após a figura, se encontra a tabela 8 com os questionamentos feitos com os alunos.



Figura 17– Medindo a umidade próxima a superfície da água com o termo hidrômetro

Na discussão com os alunos sobre os resultados obtidos na pesquisa de campo, apresentada na tabela 8 procurou-se que os alunos percebessem que a grandeza umidade é influenciada pela grandeza temperatura, chegando à conclusão que o ambiente mais fresco se localizava próximo a fontes de água e vegetação.

Tabela 8 – Dados apresentados pelos estudantes na pesquisa de campo.

LOCAL	TEMPERATURA MÉDIA (°C)	UMIDADE MÉDIA
SOLO NÚ	34,1°	48%
ARBORIZAÇÃO	33,8°	51%
VEGETAÇÃO	34,6°	51%
ÁREA CONSTRUIDA	34°	46%
CONCRETO	37,3°	46%
ÁGUA	29,6°	71%
ASFALTO	38,9°	40%

A tabela 9 a seguir explana as perguntas direcionadas aos alunos durante a realização da experiência.

Tabela 9 - Relatório de perguntas da experiência do termo hidrômetro

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após as reflexões dos alunos.
<p>I. Observando os dados conseguidos por alguns alunos que mediram com o psicrômetro a umidade e a temperatura (ver tabela 9); Responda:</p> <p>a) Quais as áreas apresentaram menor e maior temperatura, respectivamente?</p> <p>b) Quais as áreas apresentaram menor e maior umidade, respectivamente?</p>	<p>a) água(29,6°C) e asfalto(41,3°C), respectivamente</p> <p>b) asfalto (40%) e água (71%), respectivamente.</p>
<p>II. Explique por que nas proximidades da água teve uma temperatura baixa e umidade alta, enquanto no asfalto teve um sistema inverso.</p>	<p>Devido a água ter um alto calor específico, demorando esquentar, gerando uma camada de ar fria na sua superfície misturada com o vapor de água evaporada com a ação do sol aos poucos num fluxo contínuo. Enquanto no asfalto o seu calor específico baixo, provoca um aquecimento rápido em sua superfície, evaporando toda água que por ventura possa ter, refletindo</p>

	na sua baixa umidade relativa do ar.
III. Após a água, o locais que tem arvores e vegetação, tem a menor temperatura e alto valor de umidade. Explique por que isto acontece?	Devido ao processo da evapotranspiração que as plantas realizam, além da fotossíntese que faz aumentar a umidade e absorver a radiação infravermelha, diminuindo a temperatura ao seu redor.
IV. Por que os fenômenos da ilhas de calor e a inversão térmica ocorrem geralmente nas cidades? Qual a relação entre elas?	Ocorrem geralmente na cidade porque a cidade é formada por materiais artificiais como: concreto, asfalto, etc.; Na qual tem baixo calor específico, contribuindo para formar ilhas de calor durante a grande parte do dia e no início da noite; enquanto a inversão térmica ocorre no início da manhã, quando o solo ainda tá bem frio.

2.8 EXPERIÊNCIA DO TELHADO

- **Objetivo**

Demonstrar a existência das ilhas de calor. Ela tem como objetivo, dentre outros, não só mostrar que o material que cobre as residências tais como telhas Brasilit, telhas de barro, etc., podem contribuir para aumentar a temperatura interna das residências, porém mostrar que os materiais artificiais como concreto, asfalto, etc. encontrados nas grandes cidades contribuem para aumentar a temperatura, ajudando a provocar chamadas ilhas de calor.

- **Material**

Três caixas de papelão pequena cobertas por um pedaço de telha Brasilit, telha Brasilit pintada de cal (mistura de cal, água e sal) e o termo hidrômetro digital.

- **Procedimento**

Foi solicitado que alguns alunos, auxiliados pelo professor, cobrissem as três caixas de sapatos com coberturas diferentes: Brasilit, Brasilit pintada de branco e telha de barro; posteriormente medindo a temperatura e a umidade de dentro da caixa. Em seguida os dados obtidos por intermédio do termo hidrômetro

serviram de base aos estudantes e subsidiaram-nos com relação a respostas elaboradas pelo professor – disponível no apêndice.

- **Explicação e roteiro de perguntas**

Dentre as perguntas feitas aos alunos, o professor faz recordar de conceitos já explanados em experiências anteriores (radiação infravermelha, umidade, temperatura, calor específico e reflexão da radiação através das cores), mas o grande diferencial é instigar o aluno, baseado no que aprendeu até então, qual seria o telhado ideal para amenizar a temperatura e diminuir a poluição do planeta? A expectativa é de que os alunos concluam que o telhado coberto por vegetação, chamado de telhado verde, já que as plantas realizam o fenômeno da fotossíntese, ajudem a diminuir a temperatura interna da residência e absorver a poluição que provoca o aquecimento global, dentre outros.

A seguir a figura 18 mostra os alunos explicando as diferenças de temperaturas e umidades apresentadas na caixa, depois de responder os questionários de perguntas apresentadas na tabela 10.



Figura 18 – Explicação da experiência do telhado por alguns alunos

A tabela 10 a seguir explana as perguntas direcionadas aos alunos durante a realização da experiência.

Tabela 10 - Relatório de perguntas da experiência do telhado

Sugestões de perguntas geradoras de discussão.	Resposta dada pelo professor, após as reflexões dos alunos.
I. Toda a radiação solar consegue atravessar o telhado, iluminando o interior da caixa? Por que?	Não, devido ser um objeto opaco.
II. Se a radiação solar, não consegue atravessar o telhado. Explique por que o interiores da caixa não se encontra muito mais frio do que o ambiente externo?	Devido a radiação solar aquecer o telhado, sendo transmitindo por condução para o ambiente interno.
III. Qual a radiação pertencente a solar, estar mais presente? Justifique	A radiação infravermelha, devido esta ter a característica de aquecer o ambiente, ficando aprisionada na caixa, por ser uma radiação de comprimento de onda grande.
IV. Explique por que o interior da caixa coberta com o telhado de Brasilete pintada com cal está mais baixa do que a do telhado de Brasilete comum ?	Isto ocorre pelo fato da cor branca refletir mais radiações eletromagnéticas que o comum (conforme comprovado em experiências anteriores).
V. Qual o telhado provoca um ambiente mais fresco no seu interior?	O telhado de barro
VI. Qual a grandeza da calorimetria provoca este efeito?	Calor específico
VII. Baseado em experiências anteriores. Que conclusão você chegou em relação as grandezas temperatura e umidade	São grandezas inversamente proporcionais
VIII. De acordo que você aprendeu. Qual seria o telhado ideal, usando recursos naturais, para deixar o ambiente interno mais fresco. Justifique	O telhado verde, pois conforme justificado em questões anteriores(ver), a folha tem capacidade de fazer fotossíntese absorvendo energia para produção de seu alimento e refletir o excedente para o espaço.
IX. Diga outro fenômeno natural que	O fenômeno natural da chuva que são

<p>as arvores contribuem para sua formação, amenizando o calor das regiões Brasileiras? Explique.</p>	<p>gerados, principalmente pelo vapor d'água da evapotranspiração e da fotossíntese, produzidos pelas arvores, que sobe para atmosfera, formando as nuvens.</p>
<p>X. A um tempo atrás São Paulo sofria com falta de água, devido seus reservatórios estavam quase vazios, por causa de falta de chuva na região. Qual a relação disso com o aumento do desmatamento na Amazônia neste mesmo período?</p>	<p>A falta de chuva nesta região é reflexo da derrubadas das arvores na Amazônia, pois elas produzem umidade que são levados através dos rios voadores até a região sul e sudeste. Por isso, a mudança do clima desta região.</p>
<p>XI. Diga então como as arvores ou a vegetação contribui diretamente para combater o aquecimento global?</p>	<p>Conforme relatado na questão anterior, a fotossíntese ajuda combater o calor de diversas maneiras, sendo de forma direta absorvendo a poluição gerada pelos gases poluentes das indústrias, carros, etc.; Na qual provocam o efeito estufa, consequentemente o aquecimento global do planeta.</p>

3. REFLETINDO O MAPA CONCEITUAL

Um mapa conceitual sugere uma discussão, a lembrança dos conceitos ou ideias que aparecem ligados entre si, caso contrário perde sua funcionalidade (MOREIRA,2010). Logo é preciso colocar no mapa conceitual, palavras reduzidas, afirmações ou perguntas curtas que provocam a reflexão dos alunos, conseqüentemente a lembrança das relações entre os conceitos. Neste sentido, abaixo tem algumas afirmações ou questionamentos que ajudaram os alunos ligarem os conceitos apresentados no diagramas:

- 1) O aprisionamento da radiação infravermelha na terra **provoca** o fenômeno do efeito estufa.
- 2) Atualmente, a intensificação deste fenômeno **contribui** para ao aparecimento cada vez mais frequente da inversão térmica nas cidades.
- 3) Isto tem a ver com a radiação infravermelha que **influencia** na formação tanto do efeito estufa, quanto da inversão térmica.
- 4) O excesso de radiação infravermelha aprisionada nas cidades **contribui também** para a formação de ilhas de calor.
- 5) Logo o efeito estufa **intensifica** a sensação de calor nas cidades.
- 6) Neste sentido, tanto o fenômeno da inversão térmica quanto das ilhas de calor ajudam na **formação** de um e outro, ja que são ligados as mesmas causas.
- 7) Uma alternativa seria o aumento das áreas verdes nas cidades, pois as umidade no ar aumentaria, **produzida** pelo processo de evapotranspiração das plantas em geral.
- 8) Esta umidade que também é produzida pela fotossíntese, **absorve** o calor do ambiente.
- 9) Além da poluição que também é **absorvida** pelo processo da fotossíntese.
- 10) Mesmo que durante a noite também **produz** um pouco de poluição através inverso da fotossíntese, chamada de respiração, mas no balanço geral, esta poluição é insignificante.
- 11) Nos últimos anos efeito estufa estar sendo intensificado **provocado** pelo excesso de poluição lançado no meio ambiente.
- 12) Logo, gerando consequência graves para o planeta como aparecimento do aquecimento global, **ocasionado** pelo aumento do mesmo.
- 13) A diferença de pressão atmosférica entre as regiões do Brasil influencia na **movimentação** dos rios voadores entre as regiões brasileiras.

- 14) Isto acontece devido a umidade produzida pelas arvores da Amazônia, vindas do oceano em direção a floresta, funcionando como uma verdadeira bomba biótica que **gera** uma enorme quantidade de chuva neste ambiente.
- 15) Esta umidade é carregada através do vento alísios vindos da Amazônia em direção a outras regiões Brasileiras, **abastecendo** os rios voadores.
- 16) Esses rios voadores vindo da Amazônia carregados de vapor de água vão em direção sudeste, **provocando** chuva.
- 17) Portanto, os rios voadores, produzida pela evapotranspiração das plantas, **ameniza** os efeitos do calor.
- 18) Onde de forma integrada com outros ecossistemas, ajuda **alivia** os efeitos provocados pelo aquecimento global.

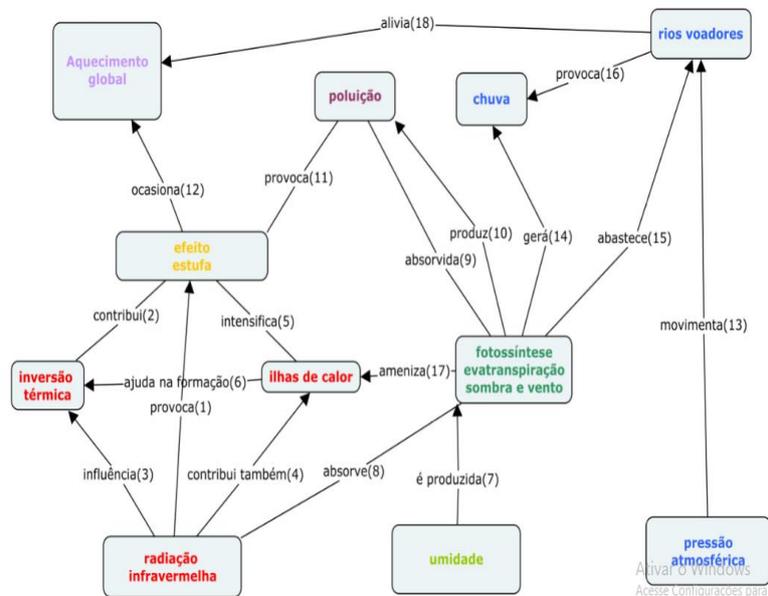


Figura 19 – Mapa conceitual da proposta didática elaborado no Cmap
Disponível em <https://cmap.ihmc.us>

4. ANÁLISE DAS REDAÇÕES

Considerando a “palavra” expressa pelo sujeito como manifestação do pensamento humano (OLIVEIRA, KOHL, 2006, pg.23), este trabalho usou esta ideia, classificando em forma de palavras chaves, o pensamento manuscrito dos alunos, manifestado numa redação, previamente solicitada pelo professor, com o seguinte tema:

“-Faça uma redação (30 linhas), explicando como a poluição do ar pode prejudicar o meio ambiente e o ser humano, colocando em risco o futuro do nosso planeta.”

A partir da análise dos manuscritos (redações) dos estudantes, retirou-se palavras “chaves” ou afirmações próximas aos conceitos aprendidos durante a realização da sequência didática e foram representadas pelas seguintes classes da Língua Portuguesa:

➤ **Substantivos**

Nomeia os seres e as coisas; Isso é considerando a significação, pode ser concreto, abstrato, comum, próprio, coletivo, simples, composto, primitivo e derivado (MAIA, 2000).

Ex.: poluição, desmatamento, gado, queimadas, efeito estufa, ilhas de calor, etc.

➤ **Adjetivo**

Define-se como a palavra com a qual designamos qualidades concretas ou abstratas (MAIA *et al* 2000). Ex.: inundações.

➤ **Locução adjetiva**

Expressão de valor de adjetivo, formadas de preposição mais substantivo (MAIA *et al*, 2000).

Ex.: extinção de espécie(extinta), derretimento das calotas polares (degelo).

➤ **Verbo**

Palavra que, numa perspectiva de tempo, exprime ação, estado ou fenômeno, indicando também o modo, o número a pessoa e a voz (MAIA *et al*, 2000).

➤ **Conectivos**

Artigos, preposições e conjunções. Isso significa na determinação, ligação e relações entre as palavras (MAIA *et al*, 2000).

Na maioria das vezes estas classes aparecem em formas de sentenças concordando com os verbos (aparecendo como objetos) ou nomes, completando o mesmo (MAIA *et al*, 2000).

Verbo + conectivo +objeto

Ex.: falta de chuva, afeta a saúde, mudança no clima, etc.

Nome + conectivo+ complemento

Ex.: poluição das indústrias, preservação das árvores, projetos de preservação, etc.

Nesse trabalho, utiliza-se abordagens tanto quantitativa quanto qualitativa, de forma complementar um em relação ao outro, também chamada de complementação, definida por Bericat (MOREIRA, 2011):

“A complementação existe quando, no marco de um mesmo estudo, se obtém duas imagens, um procedentes de métodos de orientação qualitativa e outra de métodos de orientação quantitativa” (MOREIRA,2011, pg.37).

Na análise qualitativa ou interpretativa dos dados, buscou-se interpretar as singularidades dos diversos contextos envolvidos na sala de aula do aluno. Enquanto a quantitativa, foi usado análise de variância(ANOVA) para comparar os resultados das turmas analisadas, usando para isso o software livre chamado de “*Past*”, disponível para download no site <https://folk.uio.no/ohammer/past/>, além disso, no site consta um tutorial a respeito do software.

5. CORREÇÃO DOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Dentre alguns erros evidenciados neste trabalho, notou-se que algumas frases dos alunos eram expressa de forma errônea ligada ao senso comum, com características comuns ao de obstáculos epistemológicos de Gaston Bachelard (1884-1962), já que se repetiam com frequência. Sendo necessário o professor, após a realização deste processo, corrigir os erros dos alunos, a fim de que não fiquem com dúvidas conceituais sobre o assunto ministrados.

A tabela 11 abaixo apresenta alguns obstáculos epistemológicos que por ventura possam ocorrer.

Tabela 11 - Resumo dos obstáculos epistemológicos

OBSTÁCULOS	CARACTERÍSTICA
Substancialista	O substancialismo carrega ideias de que partículas possuem características físicas semelhantes a corpos materiais, como dilatação, fusão e ebulição
Experiência primeira	São ideias ou opiniões de vida, obtidas através de experiências do dia-dia, também chamadas de senso comum que possui um grande valor psicológico, sendo difícil de ser superado.
Conhecimento geral	A tendência de generalizar os conceitos físicos é outro obstáculo observado por Bachelard em seus trabalhos, dificultando a aprendizagem dos conhecimentos científicos.
Obstáculo realista	A tendência de generalizar os conceitos físicos é outro obstáculo observado por Bachelard em seus trabalhos, dificultando a aprendizagem dos conhecimentos científicos.
Obstáculo verbal	São palavras, frases ou sentenças mal colocadas dentro de um texto que possam dificultar o entendimento do aluno ou levar a um raciocínio errado. Sendo que algumas palavras são interpretadas como autoexplicativas, podendo gerar imagens, conseqüentemente

	<p>intepretações completamente errôneos dentro a situação analisada.</p>
<p>Obstáculo animista</p>	<p>Dentro da história da ciência era muito comum associar característica de seres vivos para explicar fenômenos físicos encontrados na natureza, como por exemplo, nos fenômenos eletromagnéticos que poderiam atrair ou repelir objetos metálicos quando aproximados da fonte geradora do campo.</p>
<p>Obstáculo da libido e o conhecimento objetivo</p>	<p>Para Bachelard o obstáculo do libido é ligado ao inconsciente do aluno, ligado aos desejos e os pensamentos mais duradouros. Como por exemplo, a busca incansável pelos alquimista é alimentado pelo desejo de conseguir transformar o metal em ouro.</p>
<p>Conhecimento quantitativo</p>	<p>Numa experiência é preciso ter cuidado ao afirmar um resultado, principalmente quando envolve medidas com valores, generalizando como um fato irrefutável. Ao fazer uma simples medição de comprimento com uma trena é preciso considerar as margens de erros, dentro do mundo macroscópico, deixando claro ao aluno que é um valor aproximado.</p>

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Devido esta obra ser pioneira, pode ser ainda mais refinada, a fim de que no final o professor obtenha resultados ainda mais significativos em sala de aula com seus alunos. Por isso, algumas sugestões obtidas em observações de testes posteriores, mostraram – se ainda mais interessante na aplicação desta metodologia, principalmente devido a realidade que o docente vive na escola pública:

- Uma forma de diminuir a quantidade de aulas desta sequência didática, seria trabalhar as experiências com todos os grupos ao mesmo tempo (uma de cada vez). Isto significa que cada aula, todos os grupos veriam a mesma experiência, respondendo juntos ao banco de questões.
- O ideal é fazer também uma redação anterior a aplicação da sequência didática, a fim de comparar os resultados obtidos pelos alunos (conceitos e obstáculos), antes e depois da metodologia aplicada.
- O professor criaria uma forma de premiar o aluno, dando uma nota ao mesmo, de acordo com quantidade de conceitos ambientais apresentadas em sua redação.
- Após a cada apresentação do grupo para os outros estudantes, o professor explicaria a ideia do mapa conceitual, sugerindo alguns conceitos ambientais ligados a apresentação do experimento, para que os mesmos façam seus próprios mapas conceituais, selecionando no final os mais criativos, pedindo que os autores dos mesmos, expliquem suas ideias, significados e relações ao montarem os mapas.
- Aplicaria uma experiência ou metodologia que refletisse o fenômeno dos rios v

ANEXO: TABELA DE TESTE F (ANOVA)

Tabela I. Limites unilaterais de F ao nível de 5% de probabilidade.

n_1 = número de graus de liberdade associado à variância do numerador do teste F.

n_2 = número de graus de liberdade associado à variância do denominador do teste F.

$n_1 \backslash n_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	24	30	40	60	80	120	240	∞	
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5	241,9	243,0	243,9	244,7	245,4	245,9	246,5	246,9	247,3	247,7	248,0	249,1	250,1	251,1	252,2	252,7	253,3	253,8	254,3	
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40	19,40	19,41	19,42	19,42	19,43	19,43	19,44	19,44	19,44	19,45	19,45	19,46	19,47	19,48	19,48	19,49	19,49	19,50	
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,76	8,74	8,73	8,71	8,70	8,69	8,68	8,67	8,67	8,66	8,66	8,64	8,62	8,59	8,57	8,56	8,55	8,54	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,94	5,91	5,89	5,87	5,86	5,84	5,83	5,82	5,81	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,67	5,66	5,64	5,63	
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,70	4,68	4,66	4,64	4,62	4,60	4,59	4,58	4,57	4,56	4,53	4,50	4,46	4,43	4,41	4,40	4,38	4,36	
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00	3,98	3,96	3,94	3,92	3,91	3,90	3,88	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,72	3,70	3,69	3,67	
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,60	3,57	3,55	3,53	3,51	3,49	3,48	3,47	3,46	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,29	3,27	3,25	3,23	
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,31	3,28	3,26	3,24	3,22	3,20	3,19	3,17	3,16	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,99	2,97	2,95	2,93	
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,10	3,07	3,05	3,03	3,01	2,99	2,97	2,96	2,95	2,94	2,90	2,86	2,83	2,79	2,77	2,75	2,73	2,71	
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,94	2,91	2,89	2,86	2,85	2,83	2,81	2,80	2,79	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,60	2,58	2,56	2,54	
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,82	2,79	2,76	2,74	2,72	2,70	2,69	2,67	2,66	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,47	2,45	2,43	2,40	
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,72	2,69	2,66	2,64	2,62	2,60	2,58	2,57	2,56	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,36	2,34	2,32	2,30	
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,63	2,60	2,58	2,55	2,53	2,51	2,50	2,48	2,47	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,27	2,25	2,23	2,21	
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,57	2,53	2,51	2,48	2,46	2,44	2,43	2,41	2,40	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,20	2,18	2,15	2,13	
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,51	2,48	2,45	2,42	2,40	2,38	2,37	2,35	2,34	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,14	2,11	2,09	2,07	
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,46	2,42	2,40	2,37	2,35	2,33	2,32	2,30	2,29	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,08	2,06	2,03	2,01	
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,41	2,38	2,35	2,33	2,31	2,29	2,27	2,26	2,24	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,03	2,01	1,99	1,96	
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,37	2,34	2,31	2,29	2,27	2,25	2,23	2,22	2,20	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,99	1,97	1,94	1,92	
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,34	2,31	2,28	2,26	2,23	2,21	2,20	2,18	2,17	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,96	1,93	1,90	1,88	
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,31	2,28	2,25	2,22	2,20	2,18	2,17	2,15	2,14	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,92	1,90	1,87	1,84	
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,26	2,23	2,20	2,17	2,15	2,13	2,11	2,10	2,08	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,86	1,84	1,81	1,78	
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,22	2,18	2,15	2,13	2,11	2,09	2,07	2,05	2,04	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,82	1,79	1,76	1,73	
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,18	2,15	2,12	2,09	2,07	2,05	2,03	2,02	2,00	1,99	1,95	1,90	1,85	1,80	1,78	1,75	1,72	1,69	
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,15	2,12	2,09	2,06	2,04	2,02	2,00	1,99	1,97	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,74	1,71	1,68	1,65	
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,13	2,09	2,06	2,04	2,01	1,99	1,98	1,96	1,95	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,71	1,68	1,65	1,62	
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,04	2,00	1,97	1,95	1,92	1,90	1,89	1,87	1,85	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,61	1,58	1,54	1,51	
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,95	1,92	1,89	1,86	1,84	1,82	1,80	1,78	1,76	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,50	1,47	1,43	1,39	
80	3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	2,21	2,13	2,06	2,00	1,95	1,91	1,88	1,84	1,82	1,79	1,77	1,75	1,73	1,72	1,70	1,65	1,60	1,54	1,48	1,45	1,41	1,37	1,32	
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,18	2,09	2,02	1,96	1,91	1,87	1,83	1,80	1,78	1,75	1,73	1,71	1,69	1,67	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,39	1,35	1,31	1,25	
240	3,88	3,03	2,64	2,41	2,25	2,14	2,05	1,98	1,92	1,87	1,83	1,79	1,76	1,73	1,71	1,69	1,67	1,65	1,63	1,61	1,56	1,51	1,44	1,37	1,33	1,29	1,24	1,17	
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,79	1,75	1,72	1,69	1,67	1,64	1,62	1,60	1,59	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,27	1,22	1,15	1,00	

Ativar o Win
Arcepe Continua