

---

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**A IMPORTÂNCIA DE APRENDER SOBRE O FOTOPERÍODO:  
UM OLHAR DA FÍSICA NO CONTEXTO INTERDISCIPLINAR**

**ROBSON ANTONIO LEITE**

**Maringá**  
**2018**

---

---

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

Robson Antonio Leite

**A IMPORTÂNCIA DE APRENDER SOBRE O FOTOPERÍODO:  
UM OLHAR DA FÍSICA NO CONTEXTO INTERDISCIPLINAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Física na Graduação em Licenciatura em Física pertencente ao Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Antonio Custodio de Melo

Coorientador: Prof. Dr. Marcílio Hubner de Miranda Neto

**Maringá**

**2018**

---

---

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

ROBSON ANTONIO LEITE

**A importância de aprender sobre o fotoperíodo:  
Um olhar da Física no contexto interdisciplinar**

Esta monografia foi apresentada ao Departamento de Física, como requisito parcial para obtenção da habilitação em Licenciatura em Física, para comissão julgadora composta pelos membros da banca examinadora:

---

Prof. Dr. Mauricio Antonio Custodio de Melo  
Universidade Estadual de Maringá

---

Prof. Dr. Marcílio Hubner de Miranda Neto  
Universidade Estadual de Maringá

---

Prof. Dr. Rênio dos Santos Mendes  
Universidade Estadual de Maringá

---

*Ao Vicente Antonio, meu filho, que, mesmo sem balbuciar, me conscientizou de ser um indivíduo capaz de conquistar tudo o que o meu potencial demonstra, sendo um sujeito pequeno em relação ao mundo, mas ao mesmo tempo gigante para ele.*

---

# Agradecimentos

Ao Prof. Mauricio Antonio, orientador deste trabalho, pela imensa dedicação, sugestões e correções, além do esforço sobre o trabalho para conseguirmos apresentá-lo em condições tão especiais. Assim como ao coorientador Prof. Marcílio Hubner, pelas ideias, conselhos, “puxões de orelhas e petelecos” quando eu perdia o foco, assim como as longas horas dedicadas a ouvir minhas dúvidas intermináveis e esquizofrênicas atitudes.

Ao Prof. Rênio por ser parte da banca examinadora e das inúmeras e intermináveis discussões físicas e filosóficas, após as diversas aulas nas variadas disciplinas que ministrou e tive o privilégio de assistir no decorrer do curso de graduação.

A estes três, também devo agradecimentos por ter dado a liberdade de ação durante a graduação e no desenvolvimento deste trabalho, o que acarretou em um imenso crescimento em minha formação acadêmica e humana.

À Ana Caroline Guarnieri, mãe do nosso lindo filho Vicente, pelos curtos e sábios conselhos, assim como, os incansáveis puxões de orelha para eu não desistir desse trabalho.

Aos meus pais Salete Maria Ruhoff e Airton José Leite, pelo apoio onipresente e paciência ubíqua, ao meu irmão Jefferson Leite e sua esposa Sarah Gonçalves Leite pelas palavras de apoio e discernimento em questões pessoais e familiares.

Aos meus colegas da graduação, em especial aos meus melhores amigos - “Smurf” - Murilo Martins e Fernando Rodrigues, pelas longas conversas, pelas viagens e principalmente por me aturar nos mais diversos momentos e não deixar eu desistir dos meus sonhos.

Ao Klebert Farias e a Nathália Gonzalez meus agradecimentos pelas horas de conversas munidas de churrascos, assim como cervejas artesanais e certamente os mais valiosos os conselhos desde motores de Fusca até os conselhos pessoais, profissionais e tantos outros mais, inúmeras ideias de trabalhos juntos e algumas delas culminaram também impactos neste trabalho, em especial ainda a Natália essa querida e paciente amiga por ter corrigido de forma carinhosa a minha gramática e ouvir minhas dúvidas.

Por fim aos colegas de profissão, professores, coordenadores, diretores e não menos presentes aos alunos de graduação, pós-graduação e das escolas por onde passei, assim como a galera de todos os anos de dedicação ao MUDI e na UnCuyo onde realizei o intercâmbio estudantil internacional no ano de 2012.

---

# Agradecimentos especiais

Às professoras Polônia Altoé Fusinato e Alice Sizuko Iramina.

Pelos muitos anos dedicados à melhoria do Ensino de Física no Estado do Paraná, bem como pela iniciativa, trabalho e dedicação na formação de uma equipe e formatação do projeto que resultou na criação do CIC – Centro Interdisciplinar de Ciências da UEM no ano de 1985 que deu origem ao MUDI – Museu Dinâmico Interdisciplinar da UEM onde tive a oportunidade de trabalhar desde o início da graduação e pude complementar minha formação e desenvolver este trabalho, sempre com incentivo da professora Alice, assim como na ajuda que essa me deu ao realizar o intercambio estudantil internacional.

*É preciso levar em conta que uma aprendizagem significativa não se relaciona somente aos aspectos cognitivos dos sujeitos envolvidos no processo, mas também a aspectos afetivos, pessoais e sociais. A compreensão da ciência como tal, exige a união de esforços na luta a favor de ideias que visem a formação do cidadão brasileiro para a vida, com objetivo máximo sempre presente, em qualquer que seja o campo do conhecimento. Entendemos que uma das formas de inovar o ensino-aprendizagem é resgatar no campo educacional a emoção, a criatividade, a imaginação, sem esquecer a racionalidade, mas fazendo com que ambas coloquem-se igualmente numa relação dialética.*

*Polônia Altoé Fusinato, 2009.*

---

*"E, um dia, ele me aconselhou a me dedicar e conseguir fazer um bom desenho, para fazer isso entrar na cabeça das crianças do meu planeta.  
- Se um dia eles viajarem – ele me dizia -, isso poderá ajudá-los. Por vezes, não há problemas em deixar seu trabalho para mais tarde. Mas, em se tratando de baobás, é sempre uma catástrofe. Ele deixou passar três arbustos...  
E, com as indicações do pequeno príncipe, desenhei esse planeta."*

*Antoine de Saint -Exupéry*

*"A hora mais escura da noite é justamente aquela que nos permite ver melhor as estrelas."*

*Charles Austin Beard*

## Resumo

O trabalho tem o objetivo apresentar uma estratégia para o ensino-aprendizagem de Ciências da Natureza partindo de conhecimentos de Física, no caso foi feita uma análise estatística da duração do fotoperíodo (intervalo de tempo do “nascer” ao pôr-do-Sol), na cidade de Maringá, nos dias de solstício e equinócios, assim como, nas diferentes estações do ano e na distribuição mensal do ano, pois estes dados são de suma importância para diversos estudos na área da saúde humana, em especial para estudos relacionados às desordens afetivas sazonais. Os dados diários de cada uma das variáveis submeteram-se ao cálculo de média simples referente a cada estação do ano e cada mês e foram elaborados gráficos referentes as estações e aos 12 meses de cada ano. Evidenciou que o fotoperíodo é ascendente na primavera, com o maior valor no verão, declina no outono, atinge o ponto mínimo no inverno, com um nítido comportamento circanual. A insolação máxima total (fotoperíodo) sofre alterações de algumas horas nesta latitude, sendo então necessária à sua distribuição anual diferenciada para melhor análise. Calculou-se o desvio padrão para algumas das médias analisadas. Foi introduzido o conceito e calculado o coeficiente de variação do fotoperíodo para cada mês do ano. Pôde se abordar também o cálculo da integral de uma destas distribuições, introduzindo o conceito geométrico da integral que pode ser trabalhado de forma simples no ensino médio. Conseguindo assim, somar o valor de todos os fotoperíodos do ano e calcular o fotoperíodo médio para a cidade em questão dividindo pela quantidade de dias do referido ano. Demonstrando assim, a interdisciplinaridade nas Ciências da Natureza em conjunto com as Ciências Humanas e da Saúde.



## Abstract

The objective of this work is to present a strategy for the teaching and learning of Natural Sciences based on knowledge of Physics, in the case a statistical analysis of the duration of the photoperiod (time interval of the sunrise at sunset) was made, in the city of Maringá, on the days of solstice and equinoxes, as well as in the different seasons of the year and in the monthly distribution of the year, since these data are of great importance for several studies in the area of human health, especially for studies related to disorders affective. The daily data of each one of the variables were submitted to the calculation of simple average referring to each season of the year and each month and graphs were elaborated referring to the seasons and the 12 months of each year. It was evidenced that the photoperiod is ascending in spring, with the highest value in the summer, it declines in the autumn, it reaches the minimum point in winter, with a clear circannual behavior. The maximum total sunshine (photoperiod) undergoes alterations of a few hours in this latitude, being then necessary to its annual distribution differentiated for better analysis. The standard deviation was calculated for some of the means analyzed. The concept was introduced and the coefficient of variation of the photoperiod for each month of the year was calculated. One could also approach the integral calculation of one of these distributions, introducing the geometric concept of the integral that can be worked in a simple way in high school. Thus, sum the value of all photoperiods of the year and calculate the average photoperiod for the city in question by dividing by the number of days of that year. Demonstrating thus, the interdisciplinarity in the Sciences of Nature together with the Human and Health Sciences.

# Lista de Ilustrações

Figura 1 - Esquema que busca facilitar a compreensão da proposta do CBEPP.....	18
Figura 2 – Espectro eletromagnético. ....	31
Figura 3 – Interpretação da área $S$ que é aproximada pela soma das áreas dos retângulos.....	34
Figura 4 – Aproximação da área para $n = 2; 4; 8$ e $12$ retângulos. ....	34
Figura 5.a – Soma de Riemann para a área de retângulos. ....	37
Figura 5.b – Integral, área sob a curva $y=f(x)$ entre $a$ e $b$ . ....	37
Figura 6 – Latitude e longitude do MUDI – UEM no programa Google Earth. ....	43
Quadro 1 – Fotoperíodo nos solstícios e equinócios em Maringá. ....	45
Figuras 7 – Fotos da montagem experimental para o cálculo de radiação com a adaptação do “método de Arquimedes”. ....	48
Quadro 1 - Fotoperíodo nos solstícios e equinócios em Maringá. ....	50
Figura 8 – Esquema das posições da Terra na translação, visão heliocêntrica (fora de escala e geometria elipsoidal). ....	51
Figura 9 – Esquema que representa as posições aparentes do Sol nos dias de equinócios e solstícios com a inclinação da eclíptica, visão geocêntrica (fora de escala e de geometria elipsoidal). ....	52
Figura 10 – O plano do equador forma um ângulo de $23^{\circ} 27'$ com o plano da órbita, o que permite estabelecer, geometricamente, os trópicos (A e B) e os círculos polares (C e D). ....	52
Figura 11 – Esquema para ilustrar a comparação do movimento do peão com a precessão. ....	53
Figura E.1.a – Procedimentos Experimentais. ....	57
Figura E.1.b – Construção dos Pontos Cardeais. ....	57
Quadro 2 – Radiação Global nos solstícios e equinócios em Maringá. ....	61
Figura 12.a – Gráfico produzido manualmente para apresentar os valores do fotoperíodo nos solstícios e equinócios em Maringá. ....	63
Figura 12.b - Gráfico produzido por software para apresentar os valores do fotoperíodo nos solstícios e equinócios em Maringá. ....	63
Quadro 2 – Valores dos fotoperíodos em horas no primeiro e último de cada estação, seguidos de suas médias e desvios padrões em Maringá no ano de 2013. ....	65
Figura 13.a - Gráfico do fotoperíodo médio das estações em Maringá. ....	65
Figura 13.b - Gráfico do fotoperíodo médio das estações em Maringá. ....	65
Figura 14.a - Gráfico produzido manualmente para apresentar os valores do Fotoperíodo médio mensal em Maringá. ....	68

---

Figura 14.b – Gráfico de linha produzido por software para apresentar os valores da média do fotoperíodo mensal em Ushuaia e seus desvios padrões. ....	68
Figura 14.c – Gráfico de colunas produzido por software para apresentar os valores do fotoperíodo médio mensal em Maringá. ....	69
Figura 14.d – Gráfico de linhas e colunas produzido por software para apresentar os valores do Fotoperíodo médio mensal em Maringá. ....	69
Figura 15 – Fotoperíodo diário em Maringá distribuição anual. ....	70
Figura 16.a – Radiação global no equinócio de outono em Maringá. ....	73
Figura 16.b – Radiação global no solstício de inverno em Maringá. ....	74
Figura 16.c – Radiação global no equinócio de primavera em Maringá. ....	75
Figura 16.d – Radiação global no solstício de verão em Maringá. ....	76
Figura 17.a – Radiação global nos solstícios e equinócios em Maringá. ....	77
Figura 17.b – Radiação global estimada pelo método nos solstícios e equinócios em Maringá. ....	77
Quadro 3 – Radiação global nos solstícios e equinócios em Maringá no ano de 2013. ....	79
Figura 18 – Esquema do heliógrafo Campbell-Stokes. ....	80
Figura 19 – Corte da lâmpada. ....	81
Figura 20: diferentes modelos de fitas de heliógrafo. Os números 1, 2 e 3 correspondem ao modelo curva comprida; 4 e 5 ao modelo reto e 6,7 e 8 ao modelo curva curta. ....	81
Figura 21 – Fotos da montagem experimental para o cálculo de radiação com a adaptação do “ <i>método de Arquimedes</i> ”. ....	82

---

# Lista de Tabelas

Tabela 1 – Média, DP e CV do fotoperíodo mensal em Maringá. ....	67
Tabela 2 – Radiação Global horária nos equinócios e solstícios em Maringá. ....	72

# Abreviaturas e Siglas

BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
BNCC	Banco Nacional Comum Curricular
CBEPP	Currículo Básico da Educação Pública do Paraná
CNE	Conselho Nacional de Educação
CV	Coeficiente de Variação
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
DCE	Diretrizes Curriculares da Educação Básica
DP	Desvio Padrão
ECPM	Estação Climatológica Principal de Maringá
F	Fotoperíodo
$\Phi$	Latitude do Local
$\delta_s$	Declinação Solar
FM	Fotoperíodo médio mensal
HN	Hemisfério Norte
HS	Hemisfério Sul
HV	Horário de Verão
I	Insolação
IMT	Insolação Máxima Teórica
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
J	Dia Juliano
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
M	Média
N	Número de dias
MEC	Ministério da Educação e Cultura
S	Soma dos Fotoperíodos
SAD	<i>Seasonal Affective Disorder</i>
SCA	Sistema de Computação Algébrica
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
UEM	Universidade Estadual de Maringá

---

# Sumário

Sumário	
Resumo .....	8
Abstract .....	9
Lista de Ilustrações .....	10
Lista de Tabelas .....	12
Abreviaturas e Siglas .....	13
Capítulo 1 .....	16
Introdução .....	16
Capítulo 2 .....	25
Introdução teórica .....	25
2.1 Estações do ano, Solstícios e Equinócios .....	26
2.2 Fotoperíodo ou Insolação Máxima Teórica e Insolação .....	28
2.3 Radiação Solar nos solstícios e equinócios - Dados experimentais .....	31
2.4 Luz .....	32
2.5 Ferramentas matemáticas .....	33
2.5.1 Integral Definida .....	34
2.6 “ <i>O Método</i> ” de Arquimedes .....	39
Capítulo 3 .....	41
Metodologia .....	41
3.1 Revisão da Literatura e delimitação da temática .....	42
3.2 Solstícios e equinócios e Estações do ano .....	42
3.3 Fotoperíodo ou Insolação Máxima Teórica .....	43
3.4 Distribuição anual do fotoperíodo diário .....	46
3.5 Radiação global diária nos solstícios e equinócios .....	46
3.6 Quadros, Tabelas e Gráficos .....	46
3.7 Integral definida .....	48
Capítulo 4 .....	50
Resultados e Discussão .....	50
4.1 Solstícios e equinócios .....	51
4.1.1 Experimento .....	56
4.1.2 Materiais .....	57

---

4.1.3	Montagem.....	57
4.1.4	Situações – Problemas.....	59
4.1.5	Conselhos para efetivar este experimento.....	59
4.2	Fotoperíodo médio em cada Estação e em cada mês.....	61
4.2	Fotoperíodo médio em cada Estação e em cada mês.....	65
4.3	Integral do fotoperíodo.....	71
4.4	Integral da Radiação Global.....	72
4.4.1	Introdução.....	81
4.4.2	Materiais reciclados.....	81
4.4.3	Montagem.....	81
Capítulo 5.....		87
Considerações finais.....		87
Referências.....		90
Referências Eletrônicas.....		94

# Capítulo 1

## Introdução

*“Feliz aquele que transmite o que sabe e aprende o que ensina”.*

*Cora Carolina*



Há várias décadas tem se discutido a necessidade de se trabalhar os conteúdos de ciências de maneira integrada e numa perspectiva interdisciplinar. Atualmente tal abordagem vem sendo amplamente discutida em função da proposta da Base Nacional Comum Curricular, doravante chamado de BNCC (BRASIL/MEC, 2017), que ao introduzir questões referentes ao currículo para o Ensino Básico (fundamental e médio) dentre outras questões argumenta:

*[...] BNCC e currículos têm papéis complementares para assegurar as aprendizagens essenciais definidas para cada etapa da Educação Básica, uma vez que tais aprendizagens só se materializam mediante o conjunto de decisões que caracterizam o currículo em ação. São essas decisões que vão adequar as proposições da BNCC à realidade local, considerando a autonomia dos sistemas ou das redes de ensino e das instituições escolares, como também o contexto e as características dos alunos. Essas decisões, que resultam de um processo de envolvimento e participação das famílias e da comunidade, referem-se, entre outras ações, a:*

- *contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas;*
- *decidir sobre formas de organização interdisciplinar dos componentes curriculares e fortalecer a competência pedagógica das equipes escolares para adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas em relação à gestão do ensino e da aprendizagem; [...]. (BRASIL/MEC, 2017).*

Desde 1989 quando foi elaborado o Currículo Básico para as Escolas Públicas do Paraná (CBEPP), tem-se procurado trabalhar os conteúdos de Astronomia em integração com os demais conteúdos de Ciências, assim como os conteúdos de Saúde distribuídos em três eixos: noções de astronomia, transformação e interação de matéria e energia, saúde e melhoria da qualidade de vida. Os conteúdos dos eixos hora devem ser trabalhados de forma vertical e hora de forma horizontal como apontam Del Vecchio e Miranda-Neto (1997).

Do Ponto de vista Metodológico o documento CBEPP destaca:

*Os eixos norteadores propostos, devem oportunizar a apropriação do conteúdo numa perspectiva de totalidade, ou seja, desenvolver o trabalho com os conceitos fundamentais e suas inter-relações.*

*Os eixos propostos são os seguintes:*

- 1) *Noções de astronomia;*
- 2) *Transformação e interação de matéria e energia;*
- 3) *Saúde-melhoria da qualidade de vida.*

*Os conteúdos devem possibilitar os descobrimentos das relações dentro de um mesmo eixo e com os demais eixos permitindo formar-se um encadeamento do conteúdo, na perspectiva mais abrangente da realidade. Perspectiva está entendida aqui não apenas como um conjunto de relações de causa e efeito, relativas ao entendimento dos fenômenos, das leis, e dos princípios, mas estabelecer uma abertura para outras relações postas pelas necessidades contemporâneas. (PARANÁ/SEED, 1990).*

Contudo, até o os dias de hoje, isso tem sido uma tarefa árdua, porque de um lado a grande maioria dos professores que ensinam Ciências ou Biologia possuem pouco conhecimento ou mesmo desconhecem os conteúdos básicos de astronomia e astrofísica. Do outro lado, a grande maioria dos físicos que trabalham com astronomia e astrofísica tem poucos conhecimentos da área biológica e das questões relacionadas a saúde e a qualidade de vida. Neste sentido Del Vecchio e Miranda-Neto (1997), argumentam que há uma carência de conhecimentos, métodos e formas para se ensinar de maneira articulada tais conteúdos, desde o Ensino Fundamental II até o Ensino Superior, passando pelo Ensino Médio.

Atendendo à demanda de professores do ensino Básico e sua grande dificuldade em integrar os conteúdos dos três eixos Silva et al. (1995) escreveram o livro “Noções Sobre o Organismo Humano e Utilização de Plantas Medicinais” que partindo do corpo humano e das plantas medicinais integra os conteúdos dos 3 eixos.

Petronzelli e Pinheiro (1990) apresentam um esquema que busca facilitar a compreensão da proposta:

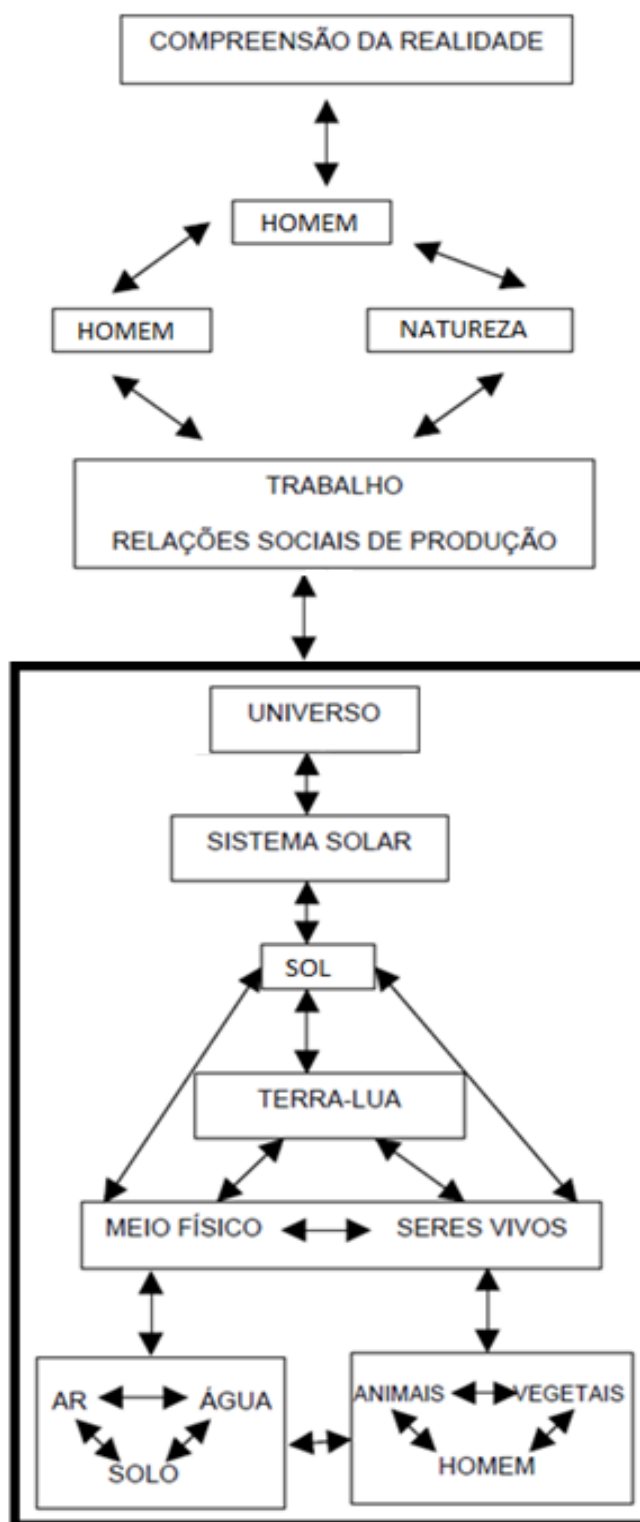


Figura 1 - Esquema que busca facilitar a compreensão da proposta do CBEPP

Fonte: PARANÁ/SEED, 1990, 111p.

A ampla integração e a abordagem interdisciplinar dos conteúdos apontados pelos três eixos do Currículo básico para as escolas públicas do Paraná ganha novos enfoques com a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL/MEC, 1997), das Diretrizes Curriculares da Educação Básica – DCE-FÍSICA (PARANÁ/SEED, 2008), BNCC – Ensino Fundamental (BRASIL/MEC, 2017) e na proposta da BNCC – Ensino Médio (BRASIL/MEC, 2017).

O PCN (BRASIL/MEC, 1997) propõe 4 blocos temáticos para as ciências naturais:

- *Ambiente;*
- *Ser humano e saúde;*
- *Recursos tecnológicos;*
- *Terra e Universo.*

A necessidade de se trabalhar os conteúdos de ciências no contexto interdisciplinar é também é destacada pelos PCN's (BRASIL/MEC, 1997) e pela DCE-FÍSICA (PARANÁ/SEED, 2008)

*A grande variedade de conteúdos teóricos das disciplinas científicas, como a Astronomia, a Biologia, a Física, as Geociências e a Química, assim como dos conhecimentos tecnológicos, devem ser consideradas pelo professor em seu planejamento. A compreensão integrada dos fenômenos naturais, uma perspectiva interdisciplinar, depende do estabelecimento de vínculos conceituais entre as diferentes ciências. Os conceitos de energia, matéria, espaço, tempo, transformação, sistema, equilíbrio, variação, ciclo, fluxo, relação, interação e vida estão presentes em diferentes campos e ciências, com significados particulares ou comuns, mas sempre contribuindo para conceituações gerais. Por isso, adotou-se como segundo referencial esse conjunto de conceitos centrais, para compreender os fenômenos naturais e os conhecimentos tecnológicos em mútua relação. (BRASIL/MEC, 1997).*

*Os conteúdos disciplinares devem ser tratados, na escola, de modo contextualizado, estabelecendo-se, entre eles, relações interdisciplinares e*

*colocando sob suspeita tanto a rigidez com que tradicionalmente se apresentam quanto o estatuto de verdade atemporal dado a eles. (PARANÁ/SEED, 2008).*

A BNCC, proposta pelo Ministério da Educação – MEC cuja segunda versão foi homologada pela Portaria nº 1.570 no Diário Oficial da União em 21 dezembro de 2017 está em curso de construção para a versão final, que deve ser homologada em 2019, após passar por análise definitiva do Conselho Nacional de Educação (CNE). Existe uma gama de discussões entre autores sobre a BNCC (MOZENA, OSTERMANN, 2016; KLEINKE, PIETROCOLA, 2018; PICCININI, C.L., NEVES, R.M.C., ANDRADE, M.C.P., 2017), em especial há uma discordância por não serem explicitados os conteúdos estruturantes de cada área. Em que pesem os aspectos discutidos, cabe ressaltar que existem vários pontos em comum entre a BNCC, a DCE-FÍSICA e o CBEPP de 1989, em especial no tocante a abordagem interdisciplinar. Chama também a atenção o fato da a BNCC propor para o ensino de Ciências no Ensino Fundamental três unidades temáticas:

- *Matéria e Energia;*
- *Vida e Evolução;*
- *Terra e Universo.*

Podemos ainda analisar que a versão homologada da BNCC define competência: como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho.

Ela fornece dez competências gerais da Educação Básica, reconhecendo que a educação deve afirmar os valores e estimular as ações para contribuir na transformação da sociedade, tornando-a mais humana, socialmente justa e, também, voltada para a preservação da natureza, lembra-se aqui de duas dessas competências:

*2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular*

*e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas. (BRASIL/MEC, 2017)*

No Ensino Básico e no Ensino Superior são poucos os enfoques interdisciplinares nas Ciências da Natureza introduzidos nas salas de aula nos dias atuais. A integração dos conteúdos e o enfoque interdisciplinar pode trazer a melhoria na qualidade do processo de ensino-aprendizagem em todas as Ciências, para que assim realmente seja mais significativo todo o processo para os alunos e professores.

Para que a nova BNCC seja colocada em prática é preciso que os cursos de Licenciatura, tanto em Ciências, quanto Ciências Biológicas e Física se adaptem às abordagens propostas.

A BNCC propõe o desenvolvimento de competências e habilidades, dentre as competências das Ciências da Natureza e suas tecnologias as colocamos em destaque a competência específica 2:

*Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis. (BRASIL/MEC, 2017).*

Pode assim, entender a vida em sua diversidade de formas, escalas de tempo e níveis de organização, o que permite aos proponentes atribuir importância à natureza e seus recursos, reconhecendo a aleatoriedade dos fenômenos e os limites das explicações e do próprio conhecimento científico (BRASIL/MEC, 2017).

Nesta competência específica 2 ainda podem ser ponderados conhecimentos relacionados a: previsão do tempo; ecossistemas; populações; organismos; órgãos e sistemas; fotossíntese; processos epidemiológicos; modelos cosmológicos; astronomia; gravitação; mecânica newtoniana; espectro eletromagnético; entre outros. Como explicita as habilidades EM13CNT203 e EM13CNT207:

*(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, interpretando os mecanismos de*

*manutenção da vida com base nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia. (BRASIL/MEC, 2017).*

Além das competências e habilidades acima mencionadas a BNCC coloca várias habilidades a serem desenvolvidas no ensino Médio, das quais destacamos as seguintes:

*(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.*

*(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica.*

*(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural. (BRASIL/MEC, 2017).*

Miranda Neto e Petronzelli (2006) argumentam que os alunos e alunas do Curso Normal, em nível médio, ao cursarem a disciplina “Metodologia para o Ensino de Ciências” deverão, entre outros estudos, conhecer as propostas que norteiam o Ensino de Ciências. Portanto, a leitura e a reflexão sobre as Diretrizes Curriculares e o Currículo Básico para As Escolas Públicas do Paraná é imprescindível enquanto atividade que fundamenta a ação docente na área de Ciências. É necessário ter em mente que o método deve estar vinculado a um conteúdo explicitado no Currículo. Infelizmente a prática tem demonstrado que, na maioria das vezes, as propostas curriculares e seus fundamentos são ignorados gerando um grande descompasso entre o ensino que se espera que aconteça e o que realmente ocorre no cotidiano das escolas.

O futuro professor deve aprender sobre aquilo que irá ensinar tanto do ponto de vista de conteúdos como de metodologias. Não encontramos referência com recomendação similar para os cursos de licenciatura que formam os professores que irão atuar como docentes das ciências da natureza no ensino Básico (fundamental e médio) o que pode contribuir para a grande lacuna entre a forma que se ensina/aprende nos cursos universitários e a forma que se ensina/aprende no ensino básico.

Também Gasparin (2005) em sua proposta de didática para a pedagogia histórico crítica destaca a necessidade de integração método-conteúdo, e da necessidade de buscar os conteúdos na proposta curricular como ponto de partida para elaboração do projeto de trabalho docente-discente em que se pauta o binômio ensino-aprendizagem.

Ciente das dificuldades que poderão ser enfrentadas por professores e alunos para desenvolver tais competências e habilidades preconizadas pela BNCC, à semelhança do que ocorreu anteriormente com a abordagem dos três eixos do Currículo Básico do Paraná, propôs-se a realização deste trabalho que tem por objetivo apresentar uma estratégia para o ensino-aprendizagem de alguns tópicos das Ciências da Natureza partindo de conhecimentos de Física e suas correlações com a Biologia e a Saúde Humana na qual os estudantes possam aprender a buscar, sistematizar e interpretar dados empregando cálculos matemáticos e estatísticos, bem como produzir e interpretar gráficos referentes aos dados estudados. Optou-se por trabalhar com os temas radiação global e insolação máxima teórica, também referida como fotoperíodo, por serem temas de interesse para a população em geral e para a pesquisa científica de diversas áreas do conhecimento.



## Capítulo 2

### Introdução teórica

*“Ora, observa, sabendo-se que na Inglaterra os raios solares vão bater obliquamente, não é estranhável que seja ali o calor relativamente moderado. Entretanto, demorando-se o Sol muito mais tempo durante o verão sobre aquelas latitudes do que sobre o Equador, há de resultar claramente um acréscimo correspondente nos seus feitos. Pois era notório que a presença dele no céu pode prolongar-se no primeiro caso por dezesseis e dezoito horas seguidas, quando na zona tórrida isso só se dá durante doze horas contínuas.”*

*Sergio Buarque de Holanda*

## 2.1 Estações do ano, Solstícios e Equinócios

Na Astronomia Antiga, segundo Oliveira-Filho e Saraiva (2016-1) as especulações sobre a natureza do Universo devem remontar aos tempos pré-históricos, por isso a astronomia é frequentemente considerada a mais antiga das ciências. Os registros astronômicos mais antigos datam de aproximadamente 3000 a.C. e se devem aos chineses, babilônios, assírios e egípcios. Naquela época, os astros eram estudados com objetivos práticos, como medir a passagem temporal previam a melhor época para o plantio e a colheita, ou com objetivos mais relacionados à astrologia, como fazer previsões do futuro, já que, não tendo qualquer conhecimento das leis da natureza, acreditavam que os deuses do céu tinham o poder da colheita, da chuva e mesmo da vida.

Em outras partes do mundo, evidências de conhecimentos astronômicos muito antigos foram deixadas na forma de monumentos, como o de Stonehenge, na Inglaterra, que data de 3000 a 1500 a.C. Nessa estrutura, algumas pedras estão alinhadas com o nascer e o pôr-do-Sol no início do verão e do inverno. Marcando, desde então, conhecimento do dia mais longo do ano, mesmo que ainda não chamado se Solstício. Os maias, na América Central, também tinham conhecimentos de calendário e de fenômenos celestes, e os polinésios aprenderam a navegar por meio de observações celestes. Há milhares de anos os astrônomos sabem que o Sol muda sua posição no céu ao longo do ano, se movendo cerca de 1° para leste por dia (OLIVEIRA-FILHO e SARAIVA, 2004).

Os planetas e a Lua têm seu curso no céu em uma região de 18 graus centrada na eclíptica, essa região é definida por Aristóteles como o Zodíaco, dividida em 12 constelações com formas de animais (atualmente as constelações do Zodíaco são treze, considerando a nova constelação chamada Ofiúco) (OLIVEIRA-FILHO e SARAIVA, 2004).

Segundo Oliveira-Filho e Saraiva (2016-1), os gregos deram um enorme avanço à Astronomia por acreditarem ser possível compreender/descrever matematicamente os fenômenos do mundo natural, isso foi possível com o conhecimento herdado das culturas mais antigas.

O conhecimento das constelações surgiu na antiguidade para ajudar a identificar as estações do ano. Por exemplo, a constelação de Orion é visível a noite toda em dezembro, e, portanto, típica do verão do hemisfério sul. Já o Escorpião é típica do inverno do hemisfério sul, já que em junho ela é visível a noite toda. Alguns historiadores suspeitam que muitos dos

mitos associados às constelações foram inventados para ajudar os agricultores a lembrar quando deveriam plantar e colher. As constelações mudam com o tempo e, em 1929, a União Astronômica Internacional adotou 88 constelações oficiais, de modo que cada estrela do céu faz parte de uma constelação (OLIVEIRA-FILHO e SARAIVA, 2016-2).

Durante o ano, segundo Oliveira-Filho e Saraiva (2004), o Sol ocupa quatro posições características na eclíptica:

• **Equinócio de março** ( $\approx$  20 de março)

- Sol cruza o equador celeste, indo do hemisfério sul (HS) para o hemisfério norte (HN); a luz solar na Terra incide diretamente sobre o equador.
- O dia claro e a noite duram 12 horas em toda a Terra (nos pólos, 24 h de crepúsculo);
- No HS, é equinócio (lat: equi = igual + nox = noite) de outono; no HN é equinócio de primavera.

☀ **Solstício de junho** ( $\approx$  21 de junho)

- ☀ Sol está na máxima declinação norte, incidindo diretamente na região do trópico de Câncer.
- ☀ Dia claro mais curto do ano no HS e mais longo do ano no HN. Em Maringá o dia claro dura  $\approx$  10h33min;
- ☀ No pólo sul, Sol sempre abaixo do horizonte (24 horas de noite); no pólo norte, Sol sempre acima do horizonte (24 horas de dia);
- ☀ No HS é solstício (lat: sol + sticium = parado) de inverno; no HN é solstício de verão.

• **Equinócio de setembro** ( $\approx$  22 de setembro)

- Sol cruza o equador, indo do hemisfério norte para o hemisfério sul. Na Terra, incidência direta da luz solar sobre o equador.
- O dia claro e a noite duram 12 horas em toda a Terra (nos pólos, 24 horas de crepúsculo);
- No HS é equinócio de primavera, no HN é equinócio de outono no HN.

☀ **Solstício de dezembro** ( $\approx$  21 de dezembro)

- ☀ Sol está na máxima declinação sul incidindo diretamente na região do trópico de Capricórnio na Terra:
- ☀ O dia claro mais longo do ano no HS e mais curto do ano no HN. Em Maringá o dia claro dura  $\approx$  13h27min;
- ☀ No pólo sul, dia claro de 24 horas, no pólo N, noite de 24 horas;
- ☀ No HS é solstício de verão; no HN é solstício de inverno.

Embora a órbita da Terra em torno do Sol não um círculo, mas sim uma elipse, a distância da Terra ao Sol altera só 3%, sendo que a Terra está mais próxima do Sol (periélio) em janeiro e mais afasta dele (afélio) em julho. Lembrando que o Hemisfério Norte da Terra também está mais próximo do Sol em janeiro, e é inverno lá (SILVEIRA, 2000).

Nota-se então que, o que define as estações do ano é a inclinação da Terra em relação a Eclíptica, devido ao movimento de translação da Terra em torno do Sol, o Sol se move, de forma aparente, entre as estrelas, ao longo do ano.

## 2.2 Fotoperíodo ou Insolação Máxima Teórica e Insolação

Oliveira-Filho e Saraiva (2016-2) define insolação solar sendo a quantidade de energia solar que chega em uma unidade de área na Terra. Varejão-Silva (2001) explica que a abundância de energia solar recebida em diferentes pontos da Terra é a mesma, a insolação em diferentes pontos só vai depender então da área sobre a qual essa energia está distribuída, no caso, a inclinação com que os raios solares atingem a superfície da Terra no local e data considerados.

Ao estar o Sol a pino (no zênite, altura de  $90^\circ$ ), a área a qual a energia recepcionada na Terra se distribuirá é mínima e a insolação é máxima (densidade de energia máxima). Quanto menor a altura do Sol, maior a área de intersecção entre os raios e a superfície da Terra, assim, menor será a insolação naquele local e hora.

Insolação máxima teórica (IMT) ou fotoperíodo (F) representa o número de horas nas quais, durante o dia, o disco solar é visível para um observador situado à superfície do planeta, em um local com horizonte desobstruído. A IMT é, pois, o intervalo total de tempo entre o nascimento e o pôr-do-sol (ocaso), ou seja, em que o disco solar não esteve oculto por nuvens ou fenômenos atmosféricos de qualquer natureza. A insolação é sempre menor ou (no máximo) igual ao fotoperíodo. (VAREJÃO-SILVA, 2001)

O estudo do fotoperíodo é importante, na medida em que interfere em várias atividades civis. Em geral, as pessoas preferem desenvolver atividades turísticas, por exemplo, na época de maior fotoperíodo, exatamente para desfrutarem ao máximo do intervalo de iluminação natural em seus passeios, contudo aqueles que vivem distante das regiões onde neva programam suas viagens para os dias com fotoperíodo curto e com maior possibilidade de nevar.

Assim como, relata Varejão-Silva (2001) o racional aproveitamento do fotoperíodo pode trazer sensível economia de energia elétrica, ajustando-se o início e o término da jornada de trabalho do comércio, da indústria, das instituições de ensino, etc. de modo a aproveitá-lo melhor. Em atividades agrícolas, por seu turno, a insolação pode ser decisiva, já que interfere na fisiologia de muitas espécies de vegetais.

Do ponto de vista fisiológico, o fotoperíodo atua nos processos fotossintéticos e morfológicos de plantas e estabelece atividades nos animais, o que é chamado de fotoperiodismo, que é a resposta funcional ou comportamental de um organismo a mudanças de duração em ciclos diários, sazonais ou anuais de luz e escuridão. O comprimento de um dia é conhecido como fotoperíodo e as respostas do desenvolvimento das plantas ao fotoperíodo são chamadas fotoperiodismo (MOREIRA, VIEIRA, ZAIDAN, 1999).

Reações fotoperiódicas pode ser prevista de forma razoável, mas a temperatura, nutrição e outros fatores ambientais também modificam a resposta de um organismo. Junto com as mudanças de temperatura, fotoperíodo provoca mudanças na cor da pele e das penas, a migração, a entrada em modo de hibernação, o comportamento sexual, e até mesmo o redimensionamento dos órgãos sexuais (MARQUES, MENNA-BARRETO, 1997).

Os animais exibem fototatismo, ou seja, sensibilidade em relação à luz, pelo que se orientam para ela ou se afastam dela. Tal como os animais, as plantas também se orientam em relação à luz, ou seja, apresentam fototropismo. Os animais e as plantas apresentam fotoperiodismo, isto é, capacidade de reagir à duração da luminosidade diária a que estão submetidos - fotoperíodo. Muitas plantas com flor reagem de diferentes modos ao fotoperíodo, tendo, por isso, diferentes épocas de floração. Também os animais reagem de diversos modos ao fotoperíodo, pelo que apresentam o seu período de atividade em diferentes momentos do dia. (CASSINI, 2005)

Do ponto de vista físico, propicia a distribuição diferencial da energia para o meio ambiente, ao longo do ciclo anual.

Segundo Varejão-Silva (2001) define-se fotoperíodo, ou duração efetiva do dia, como o intervalo de tempo transcorrido entre o nascimento e o ocaso do Sol, em determinado local e data. O fotoperíodo não é o período total de iluminação, o qual inclui os crepúsculos matutino e vespertino, quando o local recebe luz solar indiretamente (o disco solar não é sequer parcialmente visível). Para fins civis o crepúsculo matutino (aurora) se inicia e o crepúsculo

vespertino (o caso) termina quando o centro do disco solar se encontra a 6° abaixo do plano do horizonte local (18° para os respectivos crepúsculos astronômicos).

Miranda-Neto, Machado e Sant'ana (1998), afirmam que os conhecimentos em astronomia foram essenciais para o entendimento de vários fenômenos que acontecem desde os primórdios e que influenciaram em nossas vidas, o Sol, estrela central do nosso sistema solar, é a nossa fonte primária de energia, sendo assim nosso principal astro luminoso. A Terra, devido a sua rotação, nos caracteriza um intervalo de tempo, um dia, e esse movimento ainda deixa o planeta com o formato de um globo achatado, seu movimento de translação junto com a inclinação da eclíptica nos oferece as quatro estações do ano. Esses dois movimentos proporcionam distribuições de energia solar distintas para latitudes diferentes, assim, um maior fotoperíodo e uma maior intensidade luminosa no verão, em consequência, menor fotoperíodo e diminuição da intensidade luminosa no inverno. Ciclos como esses são conhecidos como ciclos geofísicos.

Vários ramos das ciências biológicas contemporâneas têm se preocupado com o estudo da organização temporal dos seres vivos. Este conjunto de estudo, uma vez que implica metodologia e objeto próprios, está agrupado num ramo científico denominado Cronobiologia (CIPOLLA-NETO, CAMPA, 1991).

Cipolla-Neto, Marques e Menna-Barreto (1988), colocam: Cronobiologia é o estudo sistemático da organização temporal da matéria viva. Até pouco tempo atrás, a Biologia buscava seus modelos e explicações na descrição espacial de estruturas de organismos, sistemas, tecidos, células ou parte de células. O tempo, nesses modelos, representa nada mais que um cenário, no qual as estruturas funcionam e eventualmente se transformam, a Cronobiologia pretende estudar o tempo, não mais como cenário, mas personagem, ou seja, como elemento organizador da matéria viva. Com o avanço da Ciência Cronobiológica, ficou demonstrado que os seres vivos possuem genes que determinam o funcionamento de diversas estruturas, desde o nível celular até o nível de organismo como um todo, as quais promovem uma organização temporal de suas atividades fisiológicas, funcionando como verdadeiros relógios biológicos. Esta mesma Ciência demonstra que os seres vivos, de maneira geral, sincronizam suas atividades orgânicas com os ciclos do ambiente. Para a maioria dos seres vivos, o principal sincronizador é a luz, enquanto para o homem, além da luz, as relações sociais e de trabalho são fundamentais para sua sincronização.

Dentre as cronopatologias destacamos a depressão endógena ou síndrome afetiva sazonal, um tipo de depressão que não é causada por problemas nas relações interpessoais e sim por alterações no funcionamento cerebral desencadeadas pela redução da luminosidade ambiental. Seus sintomas e possíveis formas de tratamento são temas frequentes de pesquisas (LEWY, WHER, GOODWIN, 1990; MORENO, FISCHER, MENNA-BARRETO, 1997; WEHR, 1988; ZERSSEN, 1988).

### 2.3 Radiação Solar nos solstícios e equinócios - Dados experimentais

Os dados de radiação global também podem ser aferidos por um Radiômetro ou mesmo uma célula foto resistiva (LDR – *Light Dependent Resistor*) (MATEUS, HIBLER, DANIEL, 2010). Ou por piranômetro Campbell–Stokes (a “bola de cristal” dos meteorologistas), para esse pode ser feito um experimento de baixo custo com materiais recicláveis (no caso, lâmpada incandescente queimada cheia d’água).

Segundo as Leis do Eletromagnetismo, um campo elétrico variável irá produzir um campo magnético também variável no tempo e no espaço, sendo assim um campo eletromagnético, tendo a emissão de uma onda eletromagnética.

Desse modo, a radiação eletromagnética ou onda eletromagnética a Teoria Eletromagnética é descrita como a representação de uma onda portadora de energia emitida por cargas em movimento oscilatório – elétrons, de forma geral – miscigenado por campos elétricos e magnéticos oscilantes em que um produz o outro, ou seja, é essa ação mútua de indução eletromagnética, nas vibrações contínuas e sucessivas de campos elétricos e magnéticos que se propaga no espaço que denominamos de onda eletromagnética ou radiação magnética.

Mesmo que todas as radiações possuem a mesma natureza tendo propriedades idênticas, dependendo de sua frequência ela causa efeitos distintos, assim como, pode ser classificada em de formas diferentes e terem nomes diferentes, de forma simplificada em ordem crescente de comprimento de onda são: *raios gama, raios-X, radiação ultravioleta, radiação visível ou luz, radiação infravermelha, micro-ondas e ondas de rádio.*

De forma especial, a luz que tem a sua faixa de frequência cerca de  $4 \cdot 10^{14}$  até  $7,5 \cdot 10^{14}$  Hz, o que em comprimento de onda para o vácuo, e aproximado para o ar atmosférico, 750 à 400 nm.

Como se destaca na Figura 2, a radiação visível é uma distribuição contínua, desde o vermelho ao violeta, tem-se infinitas cores, é uma das radiações que compõe a radiação solar.

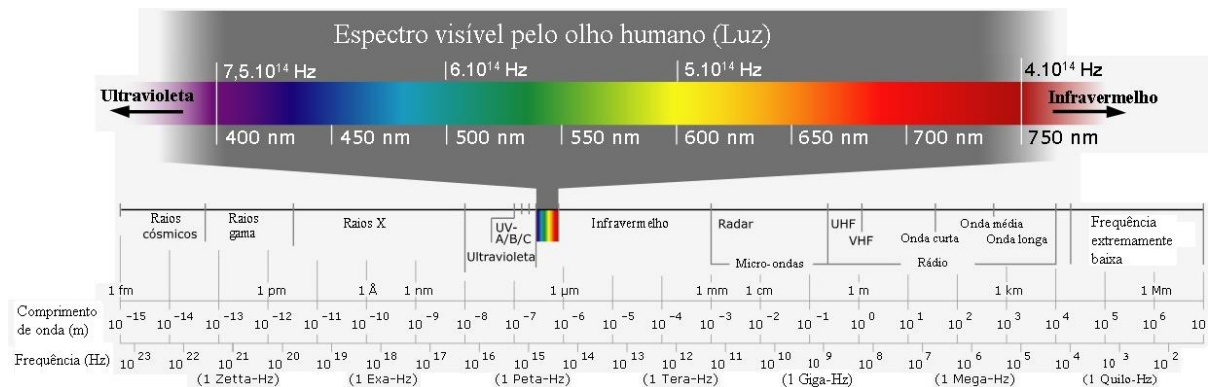


Figura 2 – Espectro eletromagnético.

Adaptado de: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/36/Electromagnetic\\_spectrum\\_-pt.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/36/Electromagnetic_spectrum_-pt.svg)>

Ondas luminosas são geradas na faixa do visível, por transições eletrônicas sofrida por elétrons de camadas mais externas, após absorverem energia, saltando para camadas mais internas e emitindo assim e luz, sua energia é o que vai caracterizar a frequência e desse modo a cor que será observada.

Esses conceitos formam a base para o que se denomina atualmente de *Mecânica Quântica*, teoria científica que estuda as interações entre energia (radiação) e estrutura da matéria.

## 2.4 Luz

Albert Einstein, 1905, demonstrou que a energia eletromagnética, mesmo tendo a sua natureza ondulatória, pode apresentar comportamentos corpusculares, comparáveis a de uma partícula, que denominou de *fóton*, ou partícula de luz. Segundo ele, radiação eletromagnética é emitida em feixes constituídos de fótons, onde a menor quantidade mensurável de energia é considerada um fóton transportado pela radiação eletromagnética. Ele fez a explicação satisfatória para o efeito fotoelétrico, a qual levou o cientista alemão a conquista do prêmio Nobel de Física de 1921. (MLA STYLE: THE NOBEL PRIZE IN PHYSICS, 2018).



A teoria elaborada por Einstein evidencia também que o *quantum* de energia eletromagnética ( $E$ ) pertencente a cada fóton de radiação será diretamente proporcional a sua frequência. Logo:

$$E = h \cdot f \quad (\text{Eq. 1})$$

em que  $h$  representa a constante de Planck e seu valor é de  $6,6 \cdot 10^{-34}$  J.s. Lembramos então da equação fundamental da ondulatória, temos:

$$v = \lambda \cdot f \rightarrow f = \left(\frac{c}{\lambda}\right) \quad (\text{Eq. 2})$$

Assim sendo, ao readequar as equações 1 e 2, obtém-se:

$$E = h \cdot (c/\lambda) \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde  $c$  representa a velocidade de propagação da luz no vácuo ( $\sim 3 \cdot 10^8$  m/s) e o  $\lambda$  é o comprimento de onda da radiação.

Em Copenhague, 1932, em seu discurso de abertura do Congresso Internacional sobre terapia através da Luz, notável físico dinamarquês Niels Henrik David Bohr traz considerações interessantes sobre os efeitos benéficos da luz na cura de doenças. Como grande parte dos Físicos, são incapazes de contribuir para tal belo ramo da Ciência, tão importante para o bem-estar de toda a humanidade, poderíamos, quando muito, tecer comentários e descrições sobre os meros fenômenos inorgânicos da luz (BOHR, 2008).

## 2.5 Ferramentas matemáticas

Construção de Gráficos e tabelas, equações do fotoperíodo, valor médio, desvio padrão, coeficiente de variação e distribuições serão apresentadas e discutidos nos resultados e discussão (capítulo 4). Aqui apresenta-se unicamente o conceito de Integral definida. Um tratamento mais detalhado pode ser encontrado sobre gráficos, valor médio e desvio padrão no

site do nas apostilas de Física Geral Experimental disponíveis no site do DFI-UEM <<http://site.dfi.uem.br/wp-content/>>.

### 2.5.1 Integral Definida

Toda e qualquer integral definida possui um valor numérico definido. O qual pode ser interpretado de forma geométrica como a área abaixo da curva de um gráfico. E é possível encontrar a área de toda figura geométrica (ASSIS, 2014).

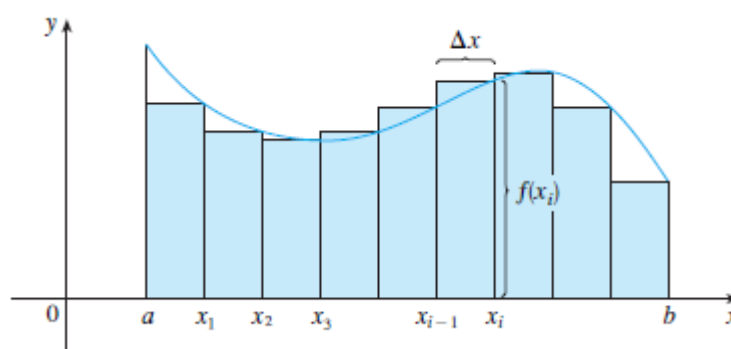
Iniciando um pensamento, que pode ser denominado atualmente como limite, Eudoxo, com base no lema “*Se de uma grandeza qualquer se subtrair uma parte não menor do que sua metade, e do resto se subtrair não menos do que sua metade, e assim se prosseguir, restará ao final, uma grandeza menor do que qualquer grandeza da mesma espécie*”, desenvolve seu *método da exaustão*, através do qual mostra ser possível trabalhar de forma finita e precisa no cálculo de comprimentos, áreas e volumes (apud CARVALHO e D’OTTAVIANO, 2006).

Silva (2010), comenta que os subsídios da geometria grega para o desenvolvimento do cálculo estão cunhados, especialmente, nos trabalhos de Eudoxo de Cnido (408-355? a.C.) e Arquimedes (287-212 a.C.) submergidos no *método da exaustão* (*Princípio de Eudoxo-Arquimedes*). Contudo, é impossível lembrar diretamente das contribuições desses dois matemáticos da antiguidade sem incluir o próprio desenvolvimento da geometria e da Matemática grega anterior a estes, abrangendo as contribuições de egípcios e babilônios. Os métodos usados por Arquimedes para determinar centros de gravidade, áreas de regiões curvas, volumes de regiões limitadas por superfícies estão espalhados em vários de seus trabalhos não sendo possível apreendê-los em sua totalidade em uma única exposição. Na sua obra mais conhecida “*a Quadratura da Parábola*”, Arquimedes obtém a medida exata de um segmento parabólico somando uma série geométrica infinita. Já em o *Tratado do Método* a medida do segmento parabólico é obtida por meio de considerações mecânicas. (apud BARON, 1985 e WUSSING, 1998)

Segundo Stewart (2013), não é tão fácil, no entanto, encontrar a área de uma região com curvas. Temos uma ideia intuitiva de qual é a área de uma região. Mas parte do problema da área é tornar precisa essa ideia intuitiva, dando uma definição exata de área.

Com o intuito de demonstrar aos alunos o conceito de integral, sendo a área abaixo da curva, utilizando o método de Arquimedes para calcular área sob regiões curvilíneas (SILVA, 2010).

Para melhor entender esse método pode-se trazer a seguinte ideia: Em primeiro lugar, aproxima-se a região utilizando retângulos e depois toma-se o limite das áreas desses retângulos à medida que aumenta o número de retângulos. Os exemplos a seguir (Figura 3 e 4) ilustram esse procedimento.



$$R_n = f(x_1) \Delta x + f(x_2) \Delta x + \dots + f(x_n) \Delta x \quad (\text{Eq. 4})$$

Figura 3 – Interpretação da área  $S$  que é aproximada pela soma das áreas dos retângulos.

Fonte: STEWART, 2013

Pode-se obter melhores estimativas aumentando o número de faixas. As Figuras abaixo mostram os resultados similares usando  $n$  retângulos.

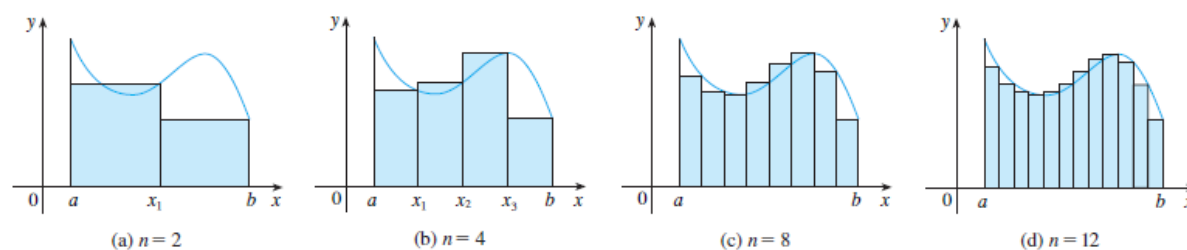


Figura 4 – Aproximação da área para  $n = 2; 4; 8$  e  $12$  retângulos.

Fonte: STEWART, 2013

Assemelha-se cada vez melhor a forma da curva à medida que aumenta o número de faixas, isto é, quando  $n \rightarrow \infty$ . Portanto, pode-se definir a área  $A$  da região da seguinte forma.

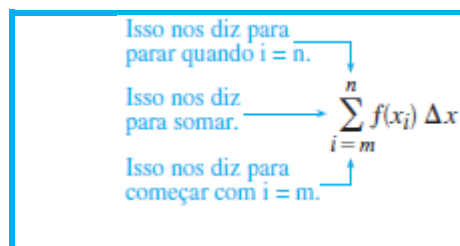
**Definição 1:**

A área  $A$  da região  $S$  que está sob o gráfico de uma função contínua é o limite da soma das áreas dos retângulos aproximantes:

$$A = \lim_{n \rightarrow \infty} R_n = \lim_{n \rightarrow \infty} [f(x_1) \Delta x + f(x_2) \Delta x + \cdots + f(x_n) \Delta x] \quad (\text{Eq. 5})$$

Usa-se com frequência a **notação de somatório** ( $\sum$  – sigma ) para escrever somas de vários termos de maneira reduzida. Por exemplo,

$$\sum_{i=1}^n f(x_i) \Delta x = f(x_1) \Delta x + f(x_2) \Delta x + \cdots + f(x_n) \Delta x \quad (\text{Eq. 6})$$



Assim, a expressão para a área na Equação 7 pode ser escrita da seguinte forma:

$$A = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(x_i) \Delta x \quad (\text{Eq. 7})$$

É difícil calcular esse limite de forma direta à mão, mas com a ajuda de um SCA (sistema de computação algébrica) isso não é tão complicado.

Pode-se colocar agora a definição de integral:

**Definição de Integral Definida** Se é uma função contínua definida em  $a \leq x \leq b$ , dividimos o intervalo em  $[a;b]$  em  $n$  subintervalos de comprimentos iguais  $\Delta x = (b - a)/n$ . Sejam  $x_0(= a); x_1; x_2; \dots; x_n(= b)$  as extremidades desses subintervalos, e sejam  $x_1^*; x_2^*; \dots; x_n^*$  **pontos arbitrários** nesse subintervalos, de forma que  $x_i^*$  esteja no  $i$ -ésimo subintervalo  $[x_{i-1}; x_i]$ . Então a **integral definida de  $f$  de  $a$  a  $b$**  é

$$\int_a^b f(x) dx = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(x_i^*) \Delta x \quad (\text{Eq. 8})$$

desde que o limite exista e dê o mesmo valor para todas as possíveis escolhas de pontos amostrais. Se ele existir, dizemos que  $f$  é **integrável** em  $[a;b]$ .

**Observação 1:** A simbologia  $\int$  foi introduzido pelo filósofo e matemático alemão Gottfried Wilhelm Leibniz, no final do século XVII, e é denominado sinal de integral. Ele é um alongado e foi assim escolhido porque uma integral é um limite de somas. Na notação  $\int_a^b f(x)dx$ ,  $f(x)$  é denominado integrando,  $a$  e  $b$  são chamados de limites da integração, sendo  $a$  o limite inferior e  $b$  o limite superior. Já o símbolo  $dx$  não significa nada se estiver sozinho, mas usa-se para representar incrementos *infinitesimais* de  $x$ ;  $\int_a^b f(x)dx$  são apenas uma simbologia matemática. O procedimento para calcular a integral é a integração.

Segundo KIRKBY (1735), “*um infinitesimal é aquilo que é infinitamente menor que qualquer quantidade concebível; é como um grão de sal comparado com o globo terrestre, ou um instante de tempo comparado com um milhão de eras.*” Como corolário, quaisquer quantidades cuja diferença seja um infinitesimal devem ser consideradas iguais.

**Observação 2:** A integral definitiva  $\int_a^b f(x)dx$  é um número; ela não depende de  $x$ .

Podemos usar qualquer letra para substituir sem alterar o valor da integral:

$$\int_a^b f(x)dx = \int_a^b f(t)dt = \int_a^b f(r)dr = \int_a^b f(z)dz \quad (\text{Eq. 9})$$

**Observação 3:** A soma

$$\sum_{i=1}^n f(x_i^*) \Delta x$$

que ocorre na Definição 1 é chamada **soma de Riemann**, em homenagem ao matemático Bernhard Riemann (1826-1866). Assim, a Definição 1 diz que a integral definida de uma função integrável pode ser aproximada com qualquer grau de precisão desejado por uma soma de Riemann.

Sabe-se que se for positiva, então a soma de Riemann pode ser interpretada como uma soma de áreas de retângulos aproximantes (veja a Figura 3).

Comparando a Definição 1 com a definição de área, vemos que a integral definida  $\int_a^b f(x)dx$  pode ser interpretada como a área abaixo da curva  $y = f(x)$  de  $a$  até  $b$ , como mostra as Figuras 5.a e 5.b.

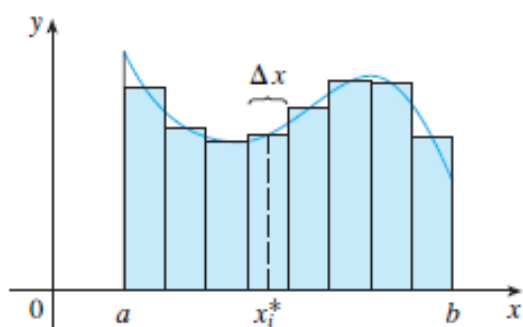


Figura 5.a - Se  $f(x) \geq 0$ , a soma de Riemann  $\sum_{i=1}^n f(x_i^*) \Delta x$  a soma das áreas de retângulos.

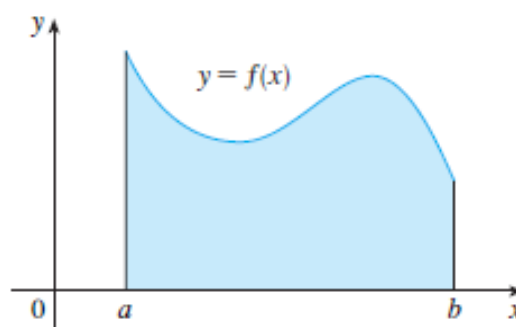


Figura 5.b - Se  $f(x) \geq 0$ , a integral  $\int_a^b f(x)dx$  é a área sob a curva  $y = f(x)$  de  $a$  até  $b$ .

Fonte: STEWART, 2013

Quando se usa a definição para calcular uma integral definida, ela pode assumir valores positivos e negativos, portanto só podemos usar essa integral na interpretação como uma área, se  $f$  assume valores positivos.

Como neste trabalho se utilizou as escalas temporais, tanto no eixo das abcissas quanto no eixo das ordenadas, então não corremos o risco de interpretar dados matemáticos sem validade física.

## 2.6 “O Método” de Arquimedes

Arquimedes viveu entre 287 e 212 a.C., ele é considerado um dos fundadores da estática e da hidrostática. Tem contribuições notáveis em diversas áreas como a matemática, a física e a engenharia. De acordo com os relatos históricos que chegaram até nós, construiu diversas máquinas de guerra, além de sistemas de polias e de alavancas com os quais conseguia mover pesos enormes. Resolveu diversos problemas importantes de geometria envolvendo o cálculo de área, volume e centro de gravidade de diferentes corpos. Entre suas mais famosas histórias está o caso da coroa do rei Hierão. Ao solucionar o problema proposto pelo rei, quando solucionou, Arquimedes saiu correndo nu pelas ruas de Siracusa, gritando Eureka (descobri). Com suas máquinas de guerra, conseguiu defender a cidade de Siracusa por três anos diante dos ataques do general romano Marcelo. Presume-se que Arquimedes morreu pelas mãos de um soldado romano enquanto estava concentrado nos seus problemas geométricos. Sua morte em 212 a.C. é um dos poucos fatos sobre a vida de Arquimedes do qual temos certeza, uma vez que esteve relacionado com o término da invasão da cidade de Siracusa.

Arquimedes empregou alguns caminhos admiráveis para obter as respostas de seus problemas, elaborou suas teorias e deduziu equações, e que em alguns casos elas não foram respondidas por completo por um longo período de tempo. Uma obra desaparecida e que só se sabia o nome<sup>1</sup> por mais de mil anos, foi enfim encontrada em 1906 por Johan Ludwig Heiberg (1854-1928), filólogo e historiador da ciência. Ele encontrou um texto que seu conteúdo era até então desconhecido, nele continha as demonstrações mais formidáveis de Arquimedes (Archimedes, 2002).

Explana Assis (2014), é nela que estão as demonstrações de como Arquimedes manipulou a lei da alavanca a fim de obter áreas, volumes e centros de gravidade de diversas figuras geométricas. Esta obra de Arquimedes estava contida em uma carta endereçada ao cientista Eratóstenes (285-194 a. C.), que foi um grande matemático e geógrafo de Grécia Antiga, bibliotecário chefe da grande biblioteca de Alexandria, ficou famoso por sua precisa estimativa do raio do Terra.

Na carta Arquimedes apresentou o método heurístico para calcular as áreas, volumes e centros de gravidade de figuras geométricas com o auxílio da lei da alavanca. Tamanha a

---

<sup>1</sup> Esse texto pode ter os títulos: *Soluções geométricas obtidas pela Mecânica*, *O Método sobre os Teoremas Mecânicos* e *O método de Arquimedes para tratar problemas mecânicos*.

importância dessa obra que ela foi publicada no original em grego, e traduzida para o inglês, alemão, francês, italiano e português (ASSIS, 2014). Adaptou-se o método de Arquimedes o qual será apresentado e discutido no capítulo de resultados e discussão (Capítulo 4).



## Capítulo 3

# Metodología

*Ese cerebro es un buscador de sentidos y, para que las cosas lo tengan, inventa un espacio exterior con los estímulos que le llegan... y supone un tiempo en que los objetos cambian, por lo tanto es obvio que ese cerebro (el mío en este caso) trate de entender también la vida en términos del manejo del tiempo y el espacio en los sistemas biológicos.*

*Marcelino Cereijido*

### 3.1 Revisão da Literatura e delimitação da temática

Esta monografia consta de uma associação entre revisão narrativa de literatura associada à cálculos matemáticos, produção de gráficos e tabelas realizados com os dados obtidos da literatura e por meio de cálculos matemáticos e estatísticos elaborados pelos autores a partir dos dados obtidos na literatura e de órgãos oficiais.

Os temas centrais foram a radiação solar global e a insolação máxima teórica na cidade de Maringá enquanto temas motivadores de aprendizagens de física no Ensino Básico (fundamental e médio) no contexto interdisciplinar com enfoque na relação terra e sistema solar e suas implicações na chegada de energia nos ecossistemas terrestres com repercussões sobre a vida e o meio ambiente. Buscou-se trabalhar tais temas a partir dos pontos em comum da proposta para o ensino de ciências do Currículo Básico para as Escolas Públicas do Paraná (1990), Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Fundamental e Médio (1997), Diretrizes Curriculares da Educação Básica - Física (2008) e Base Nacional Comum Curricular (2017). Além destas fontes bibliográficas, outros autores foram consultados visando fundamentação científica e metodológica para o trabalho.

### 3.2 Solstícios e equinócios e Estações do ano

Os dias em que ocorreram os solstícios e equinócios no ano de 2013 foram obtidos na literatura (Oliveira-filho e Saraiva 2004) e também foram encontrados por meio de pesquisa no *Google* que nos remeteu a diversas possibilidades dentre elas a tabela “Estações do Ano – Tabela de Equinócios, Solstícios, Periélio e Afélio 1922 – 2020”, disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/estacoes.html>>. Os valores do fotoperíodo nos dias dos solstícios e equinócios foram utilizados para produção de quadro, tabela, gráfico de barra produzido manualmente e gráfico de barra produzido pelo *software* de *copyleft LibreOffice® Calc* (versão 6.0.6.2).

Sugere-se também aqui, a construção de um Gnômon, para trabalhar os temas: movimento aparente do Sol, solstícios e equinócios, pólo sul celeste, cruzeiro do Sul, meridiano, ocaso, zênite, ponto cardeal. (CAMILLO, LINO, PEREIRA, 2009).

### 3.3 Fotoperíodo ou Insolação Máxima Teórica

Com finalidade didática e comparativa empregamos duas maneiras de calcular o fotoperíodo em Maringá como se segue:

- a. Os dados referentes ao fotoperíodo (F) ou insolação máxima teórica (IMT) considera latitude para cada local e pode ser realizado manualmente por meio da equação adaptada de Araújo e Nunes (2014):

$$F = \frac{24}{\pi} \arccos(-\tan \phi \tan \delta_s) \quad (\text{Eq. 10})$$

F → fotoperíodo (horas)

$\phi$  → latitude do local (rad)

$\delta_s$  → declinação solar (rad); o sinal positivo no Hemisfério Norte e negativo no Hemisfério Sul, estimado por:

$$\delta_s = 0,4093 \operatorname{sen} \left( \frac{2\pi}{365} J - 1,405 \right) \quad (\text{Eq. 11})$$

J → número do dia do ano, ou dia Juliano.

- b. A mesma equação (1) pode ser executada pelo programa *LibreOffice® Calc* empregando a tabela eletrônica desenvolvida pelos autores, disponível em: <<http://www.mudi.uem.br/index.php/textos-de-apoio?limitstart=0>>, (disponível em arquivo também para execução no *Microsoft Excel®*) nesta tabela basta adicionar a latitude na célula indicada que se deseja o fotoperíodo e o cálculo diário é realizado pelo programa.

Os valores de latitude e longitude podem ser obtidos através do software livre *Google Earth*, conforme o aqui proposto realizou-se a consulta para Maringá.



Figura 6 – Latitude e longitude do MUDI – UEM no programa *Google Earth*.

Os valores diários referentes aos fotoperíodos de cada dia do ano foram agrupados por estação e por mês. Calculou-se as médias e seus respectivos desvios padrões para cada mês e para cada estação do ano. Utilizou-se os valores obtidos para produzir gráficos de linha e de colunas manualmente e com o uso do programa *LibreOffice Calc*.

Para o cálculo da média utilizou-se a equação:

$$F_m = \frac{\Sigma F}{N} \quad (\text{Eq. 12})$$

$F_m$  → média do fotoperíodo (horas)

$\Sigma F$  → somatório dos fotoperíodos (horas)

$N$  → número de dias.

Para o cálculo do desvio padrão do fotoperíodo (DP) foi utilizado a equação:

$$DP = \sqrt{\frac{\sum (M - F)^2}{N - 1}} \quad (Eq. 13)$$

DP → desvio padrão

M → média

F → valor de fotoperíodo

N → número de dias do mês.

Calculou-se o coeficiente de variação do fotoperíodo (CV) de cada mês utilizando a equação:

$$CV = \frac{DP}{M} \times 100 \quad (Eq. 14)$$

DP → desvio padrão

M → média.

Everitt (1998) afirma que o coeficiente de variação é usado para analisar a dispersão em termos relativos a seu valor médio quando duas ou mais séries de valores apresentam divergência na sua média ou unidades de medida diferentes. Assim, pode se dizer que o coeficiente de variação é uma forma de mostrar a variabilidade dos dados excluindo a influência da ordem de grandeza da variável.

Como o coeficiente de variação analisa a dispersão em termos relativos, ele será dado em %. Quanto mais baixo for o valor do coeficiente de variação, mais homogêneos serão os dados, ou seja, menor será a dispersão em torno da média. De uma forma geral, se o CV:

- For menor ou igual a 15% → baixa dispersão: dados homogêneos
- For entre 15 e 30% → média dispersão
- For maior que 30% → alta dispersão: dados heterogêneos.

Produziu-se também um gráfico do fotoperíodo diário em Maringá o qual serviu para demonstrar o conceito geométrico de integral.

### 3.4 Distribuição anual do fotoperíodo diário

Distribuiu-se os 365 dados do fotoperíodo diário em Maringá obtidos através da equação (1), calculados pelo programa *LibreOffice Calc*. em ordem cronológica do dia juliano, para analisar a sua variação anual, sendo possível assim calcular a integral definida para essa equação. Foi possível trabalhar também o conceito geométrico da integral, sendo a área abaixo da curva, por meio do método da balança (Método de Arquimedes), avaliando assim os valores teóricos da integral com os valores obtidos pelo método experimental.

### 3.5 Radiação global diária nos solstícios e equinócios

Utilizou-se os dados referentes à radiação global nos dias dos solstícios e equinócios em Maringá no ano de 2013 coletados pela Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM) e enviados automaticamente da estação no *campus* sede da UEM ao INMET. Para obtenção dos dados se fez necessário acessar e realizar um cadastro *online* gratuito no BDMEP no *link* <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>.

Utilizou-se os dados referentes a radiação global ao longo do dia nos solstícios e equinócios para a produção de gráficos que explicitam o conceito geométrico de integral.

Comparou-se os gráficos de fotoperíodo diário e de radiação global diária visando a análise da área abaixo da curva.

### 3.6 Quadros, Tabelas e Gráficos

Neste tipo de trabalho a produção de quadros e tabelas tem por objetivo proporcionar aos estudantes a aprendizagem sobre uma forma de reunir e apresentar múltiplos dados de maneira sintética, propiciando a sua visualização simultânea. Representa também uma estratégia para o trabalho com alunos do Ensino Médio para que eles aprendam a diferença entre quadro e tabelas segundo as normas da ABNT.

Na produção manual do gráfico referente aos valores do fotoperíodo nos solstícios e equinócios em Maringá empregou-se régua milimetrada e atribuiu-se o valor de 1 cm para cada hora que foi colocada no eixo das ordenadas. Quanto à largura da barra utilizou-se um valor

aleatório de um cm em cada barra. As barras foram distribuídas no eixo das abcissas em ordem cronológica.

Utilizou-se o valor de cada solstício e de cada equinócio para produção de gráfico, similar ao produzido manualmente, empregando o programa *LibreOffice Calc*.

Com os dados referentes ao fotoperíodo médio e seu desvio padrão em Maringá, calculado para cada estação, produziu-se gráfico de barras empregando régua milimetrada. No eixo das ordenadas cada hora foi representada por um centímetro. No eixo das abcissas atribuiu-se um valor aleatório de 1 cm de largura para cada coluna representativa de cada estação.

Empregou-se os mesmos dados para produção de gráfico utilizando o *software LibreOffice Calc*. Utilizou-se os dados referentes a média mensal do fotoperíodo em Maringá para produção de gráficos de linha e de colunas.

Na produção manual do gráfico de linha referente a média do fotoperíodo mensal empregou-se régua milimetrada e atribuiu-se o valor de 1 cm para cada 2 horas que foi colocada no eixo das ordenadas. No eixo das abcissas representou-se cada mês por 1 cm. O par ordenado de mês e da média de seu fotoperíodo foi demarcado com um ponto no gráfico. A ligação entre os pontos revelou uma curva referente a oscilação anual do fotoperíodo. Quanto à largura da barra utilizou-se um valor aleatório de um cm em cada barra. Distribuiu-se as barras no eixo das abcissas em ordem cronológica. Utilizou-se os mesmos dados para produção de gráfico de linha e gráfico de colunas empregando o *software LibreOffice Calc*.

Utilizou-se os dados referentes a distribuição anual do fotoperíodo para produção de um gráfico de linha. No eixo das ordenadas constou o valor do fotoperíodo em horas e no eixo das abcissas distribuiu-se os 365 dias do ano juliano em ordem cronológica.

Plotou-se os dados de radiação global para os dias de equinócios e solstícios no ano de 2013 em Maringá em gráficos de linhas. No eixo das ordenadas colocou-se os valores da radiação global em  $\text{kJ/m}^2$ , o qual teve que ser normatizados para cada dia para obter melhor análise, no eixo das abcissas constou as horas do dia em que a radiação foi efetiva na superfície da Terra.

Por último, plotou-se um gráfico com todas distribuições de radiação global dos dias de solstícios e equinócios para análise numérica e comparação de radiação efetiva, no qual na abcissa está a distribuição das horas dos dias e na ordenada os valores de radiação global em  $\text{kJ/m}^2$ .

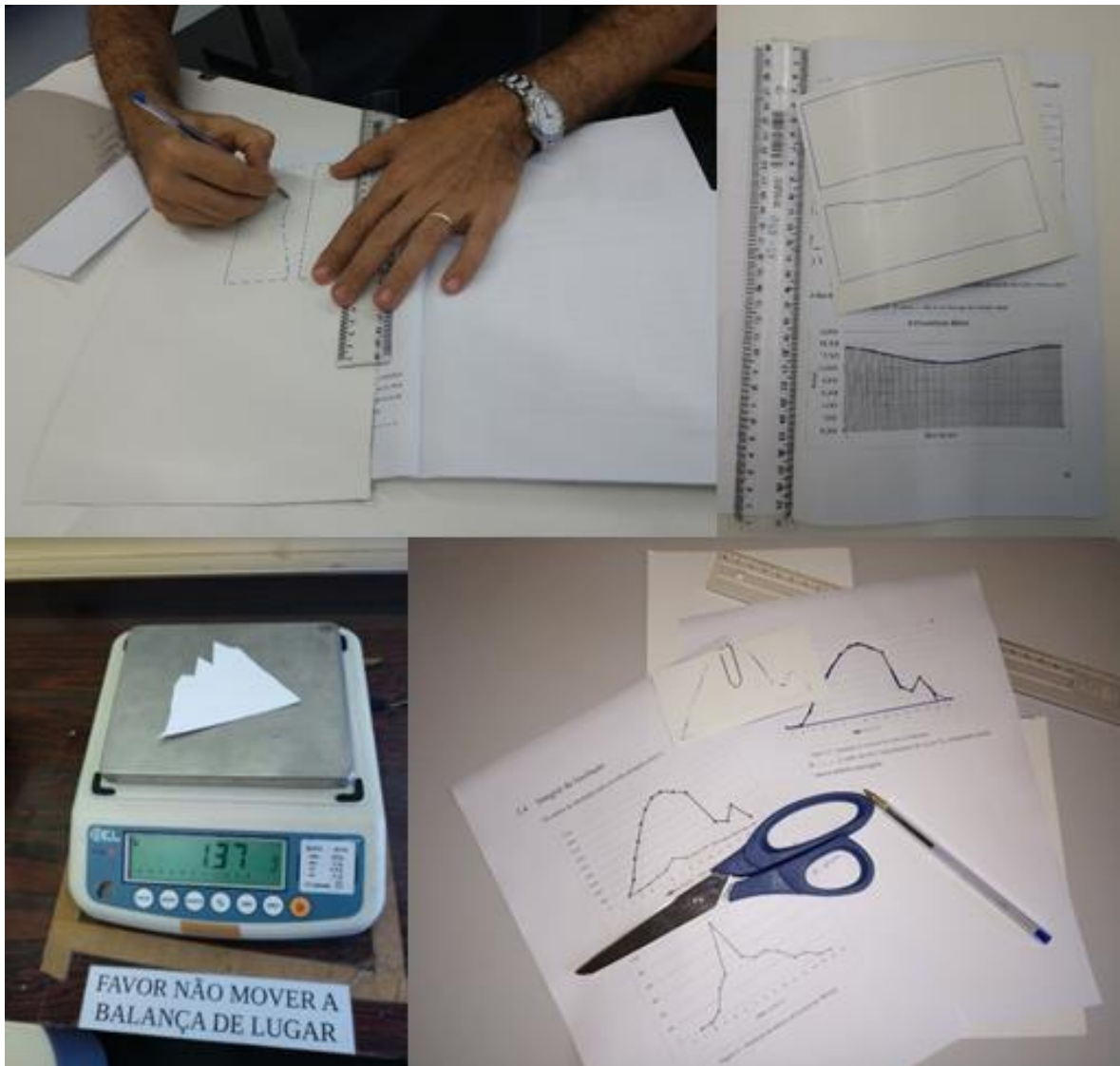
### 3.7 Integral definida

Calculou-se a integral definida da distribuição anual do fotoperíodo diário em Maringá, utilizando os dados obtidos pela equação (10) empregando o *software LibreOffice Calc*. Dividiu-se o valor teórico por 365 para obter o valor médio anual do fotoperíodo diário.

Imprimiu-se o gráfico em papel sulfite A4. A seguir calculou-se a área total compreendido entre o eixo das ordenadas e das abscissas. Na sequência, colou-se o gráfico impresso em sulfite sobre uma folha de papel cartão e aplicou-se pressão com caneta esferográfica nos extremos da escala do gráfico que serviu como referência para desenhar um retângulo em papel cartão, recortou-se o retângulo e aferiu-se a massa.

Procedimento similar realizou-se em outro papel cartão, desta vez, aplicou-se pressão sobre cada ponto da distribuição dos valores da radiação global. Em seguida uniu-se ponto-a-ponto por retas, obteve-se assim a curva característica referente as variações horárias da radiação global. Recortou-se a área compreendida entre a curva e os eixos das abscissas na horizontal e pelo eixo das ordenadas e a reta vertical paralela que intercepta o último dado de radiação global. Logo, aferiu-se a massa do recorte. Este método é conhecido como “*O Método*” de Arquimedes que foi adaptado para o método da balança.





Figuras 7 – Fotos da montagem experimental para o cálculo de radiação com a adaptação do “método de Arquimedes”.

Estimou-se o valor da radiação global diária por uma regra de três simples conforme se segue:

Radiação total (kJ.h.dia/m <sup>2</sup> )	-----	massa da área total (g)
Radiação estimada (kJ.h.dia/m <sup>2</sup> )	-----	massa da área abaixo da curva (g)

## Capítulo 4

# Resultados e Discussão

*“La matematica è l’alfabeto nel quale Dio ha scritto l’universo.”*

*Galileo Galilei*

## 4.1 Solstícios e equinócios

Os dias em que ocorreram os solstícios e equinócios em 2013, bem como os valores do fotoperíodo nos mesmos dias em Maringá, enquanto cidade localizada no Hemisfério Sul, a Oeste de Greenwich, “cortada” pelo Trópico de Capricórnio, estão demonstrados no quadro 1 e nas Figuras 1.a e 1.b.

Quadro 1 - Fotoperíodo nos solstícios e equinócios em Maringá

2013	dia	Fotoperíodo (horas)
Equinócio	21 março	12,058
Solstício	21 junho	10,557
Equinócio	23 setembro	12,047
Solstício	21 dezembro	13,443

Para calcular os solstícios e equinócios, primeiro é necessário compreender o que são os solstícios e os equinócios e de preferência saber correlacionar com o que aprendeu ou irá aprender sobre estações do ano e fotoperíodo.

É importante entender que a volta completa da terra em torno de sua estrela, o Sol, define o tempo de um ano. O movimento de translação da Terra em torno do Sol faz com que um observador da terra tenha a impressão de que o sol se move entre as estrelas gerando o que se denomina de movimento aparente do sol. Segundo Oliveira-Filho e Saraiva (2012) durante seu movimento aparente, ao longo do ano, o sol descreve uma trajetória na esfera celeste chamada Eclíptica.

É preciso deixar claro que na verdade o movimento é realizado pela terra. Neste sentido Milone (2003) destaca: “O movimento anual **aparente** do Sol na esfera celeste pode ser entendido através da **translação da Terra** em torno do Sol (visão heliocêntrica em conjunto com a visão geocêntrica) ou da observação do pôr-do-sol (visão topocêntrica).”

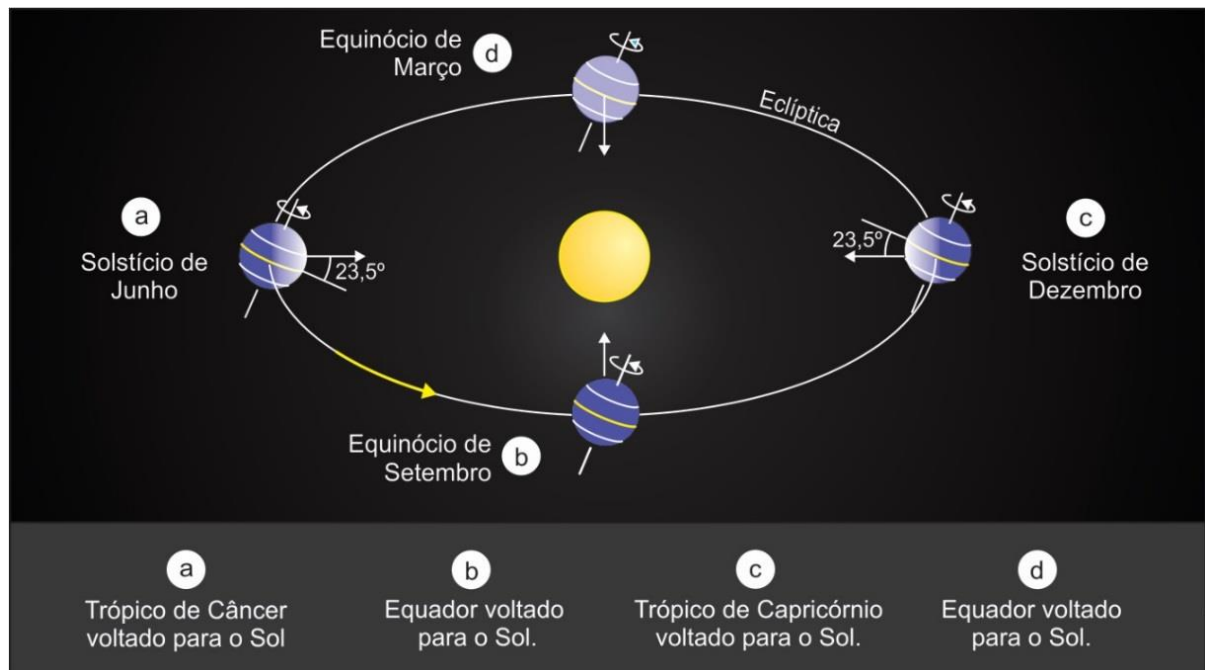


Figura 8 – Esquema das posições da Terra na translação, visão heliocêntrica (fora de escala e geometria elipsoide)

Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/tempo/mas.htm>

A Eclíptica é um círculo máximo que tem uma inclinação de  $23^{\circ}27'$  em relação ao Equador Celeste. De um lado, Oliveira-Filho e Saraiva (2004) afirma que é esta inclinação que causa as Estações do ano. Por outro lado, Oliveira (2006) destaca que a formação das estações do ano (primavera, outono, inverno e verão) é resultado do efeito combinado da translação com a inclinação do eixo da Terra.

Embora os dois conceitos estejam corretos isto não fica tão claro para pessoas que não se especializaram na área e que durante seus estudos no Ensino Básico assimilaram melhor a importância da inclinação do eixo da Terra na geração das estações do ano em detrimento da aprendizagem sobre a eclíptica.

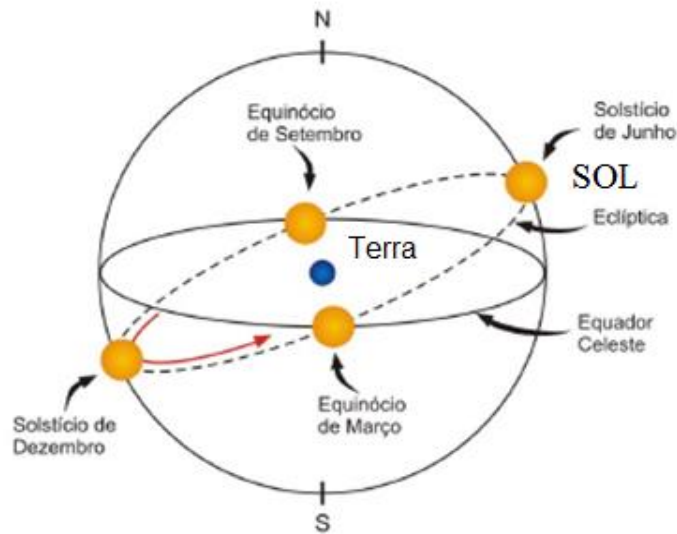


Figura 9 – Esquema que representa as posições aparentes do Sol nos dias de equinócios e solstícios com a inclinação da eclíptica, visão geocêntrica (fora de escala e de geometria elipsoide).

Fonte: (OLIVEIRA-FILHO e SARAIVA 2004) 46p.

Varejão-Silva (2001) argumenta que o plano do equador forma com o da órbita um ângulo de, aproximadamente,  $23^{\circ} 27'$ . Isso significa que o eixo da Terra tem a mesma inclinação com respeito à vertical do plano da eclíptica, o que provoca efeitos extremamente importantes.

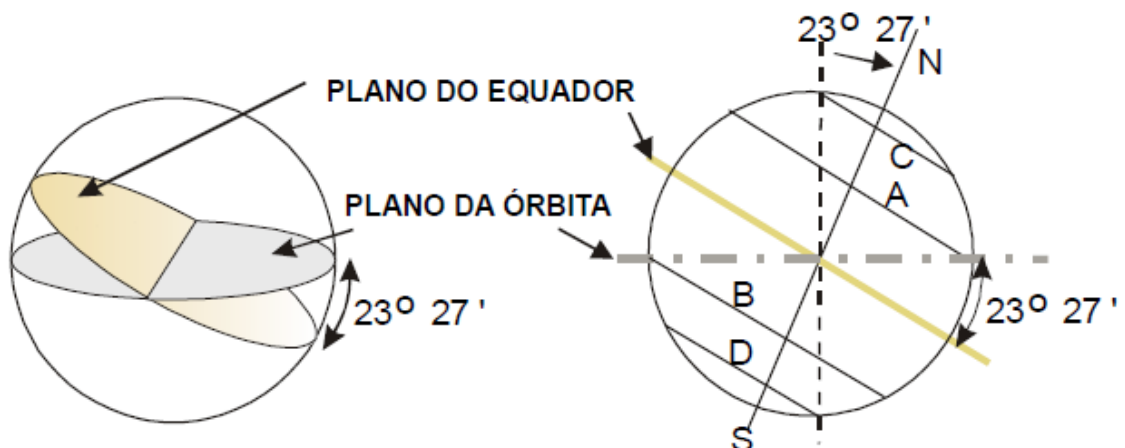


Figura 10 – O plano do equador forma um ângulo de  $23^{\circ} 27'$  com o plano da órbita, o que permite estabelecer, geometricamente, os trópicos (A e B) e os círculos polares (C e D).

Fonte: Varejão-Silva, 2005, p.14.

Milone (2003) lembra que na época atual, a inclinação entre o plano do equador e o da eclíptica é de aproximadamente  $23,5^{\circ}$ . Explica que esta inclinação é importante para a variação

na duração dos dias, pois se ela fosse igual a zero, ou seja, a Terra girasse com o seu eixo perpendicularmente ao plano da eclíptica, todos os “dias claros” e noites teriam sempre a mesma duração ou seja 12 horas isto resultaria em um eterno equinócio, pois os planos da eclíptica e do equador coincidiriam e não existiriam as diferentes estações do ano. Alerta que a inclinação do eixo da Terra muda com o tempo, devido a seu movimento de precessão dos equinócios, movimento similar ao de um peão de madeira que gira obliquamente sobre o chão. Este movimento é influenciado pelas forças gravitacionais da Lua, Sol e planetas sobre a Terra o que faz a Terra girar em torno da perpendicular da eclíptica num período de cerca de 25.800 anos.

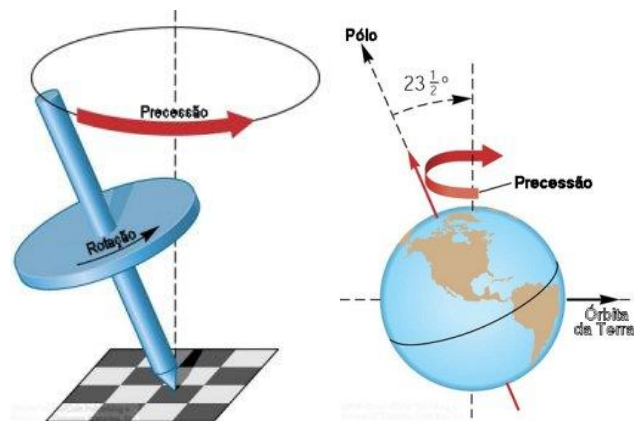


Figura 11 – Esquema para ilustrar a comparação do movimento do peão com a precessão.

Fonte: < <http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node8.htm> >

O movimento de precessão é pouco lembrado pelos leigos, contudo ele tem uma grande importância na geração de variações cíclicas de longa duração no planeta. Oliveira-Filho e Saraiva (2004) lembram que a intensidade das estações pode ser alterada pelo movimento de precessão. Explica que atualmente, no hemisfério sul, o verão acontece quando a Terra está no periélio, e o inverno quando a Terra está no afélio. Daqui a cerca de 13 000 anos a situação se reverte, e possivelmente as estações ficarão mais acentuadas no hemisfério norte e mais atenuadas no hemisfério sul quando comparadas o presente. Argumenta que devido ao torque causado pela Lua, Sol e outros planetas, além dos deslocamentos de matéria em diferentes partes do planeta: elasticidade do manto, achatamento da Terra, estrutura e propriedades da borda entre núcleo e manto, reologia do núcleo, variabilidade dos oceanos e da atmosfera, a inclinação (obliquidade) do eixo da Terra em relação ao eixo da eclíptica está decrescendo  $0,46815 \text{ "/ano}$ .

Tais alterações trazem uma série de implicações para os diferentes seres vivos e para diversas atividades humanas que repercutem em sua saúde, modos de vida e produção, bem como em questões sociais e econômicas.

Especificamente para os estudiosos da astronomia é preciso ter em mente que a consequência mais importante da precessão e a variação da ascensão reta e da declinação das estrelas. Por isso os astrônomos, ao apontarem seus telescópios para o céu, devem corrigir as coordenadas tabeladas da estrela que vão observar pelo efeito de precessão acumulado desde a data em que as coordenadas foram registradas até a data da observação. Como aborda Oliveira-Filho e Saraiva (2016):

*Atualmente, o Polo Celeste Norte está nas proximidades da estrela Polar, na constelação da Ursa Menor, mas isso não será sempre assim. Daqui a cerca de 13 000 anos ele estará nas proximidades da estrela Vega, na constelação de Lira. Apesar de o movimento de precessão ser tão lento (apenas 50,290966" por ano), ele foi percebido já pelo astrônomo grego Hiparco, no ano 129 a.C., ao comparar suas observações da posição da estrela Spica ( Virginis) com observações feitas por Timocharis de Alexandria (c.320-c.260 a.C.) em 273 a.C. Timocharis tinha medido que Spica estava a 172° do ponto vernal, mas Hiparco media somente 174°. Ele concluiu que o ponto vernal havia se movido 2 graus em 144 anos. O movimento de precessão da Terra e conhecido como precessão dos equinócios, porque, devido a ele, os equinócios se deslocam ao longo da eclíptica no sentido de ir ao encontro do Sol (retrogrado em relação ao movimento da Terra em torno do Sol). O Sol leva 20 min para se mover 50" na eclíptica (na verdade a Terra leva 20 min para se mover 50" na sua órbita). Por causa disso, o ano tropical, que é medido em relação aos equinócios, e 20 min mais curto do que o ano sideral, medido em relação as estrelas. A precessão não tem nenhum efeito importante sobre as estações, uma vez que o eixo da Terra mantém sua inclinação de 23,5° em relação ao eixo da eclíptica enquanto precessiona em torno dele. Como o ano do nosso calendário é baseado nos equinócios, a primavera continua iniciando em setembro no Hemisfério Sul, e em março no Hemisfério Norte. A única coisa que muda é o ponto da órbita em que a Terra se encontra quando acontece uma determinada estação. Devido a isso, mudam as estrelas visíveis durante a noite nessa determinada estação. Por*

*exemplo, atualmente Orion e uma constelação característica de dezembro, e o Escorpião e uma constelação característica de junho. Daqui a cerca de 13.000 anos será o oposto. (OLIVEIRA-FILHO e SARAIVA, 2016).*

### 4.1.1 Experimento

O experimento do Gnômo pode ser utilizado para trabalhar o movimento aparente do Sol e suas relações com as estações do ano. Oliveira-Filho e Saraiva (2004) referem-se ao gnômon como uma pratica simples para “ver” o movimento aparente do Sol. Mencionam que o gnômon é uma haste encravada no solo na vertical. Ao ser iluminada pelo Sol, forma uma sombra cujo tamanho depende da hora do dia e da época do ano. A direção da sombra ao meio-dia real local nos dá a direção norte-sul. Ao longo de um dia, a sombra é máxima no nascer e no ocaso do Sol, e é mínima ao meio-dia. Ao longo de um ano, a sombra é máxima no solstício de inverno, e mínima no solstício de verão. A bissetriz (reta que divide o ângulo ao meio) marca o tamanho da sombra nos equinócios. Foi observando a variação do tamanho da sombra do gnômon ao longo do ano que os antigos determinaram o comprimento do ano das estações.

Danhoni Neves, Silva e Trogello (2013) argumentam que o trabalho com o gnômon permite inferir que o movimento diurno aparente do Sol não acontece em uma mesma trajetória, ou ainda, definir os pontos cardeais para cada local. Acrescentam que as atividades práticas em sala de aula, como a de registrar o movimento do Sol por meio das sombras de um gnômon, preenchem uma pequena parcela das infinitas necessidades do ensino de ciências e da busca de uma motivação para o despertar do interesse de crianças e jovens para a ciência e suas complexas relações com o cotidiano.

O Gnômon na forma mais simples, consiste de uma vara inserida no chão na posição vertical, que permite observar os fenômenos e efeitos a seguir:

- Movimento Aparente do Sol: Trajetória que o Sol aparentemente descreve para um observador na Terra, devido a rotação do planeta em torno de seu eixo.
- Pólo sul celeste: É a projeção do pólo sul geográfico sobre a esfera celeste.
- Cruzeiro do Sul: É uma constelação do hemisfério celestial sul. É a menor de todas 88 constelações sendo seu nome de origem *Crucis* e a abreviatura é (Cru).
- Meridiano: É a linha imaginária Terrestre que contém os pólos e é perpendicular a todos os paralelos e ao equador.



- Zênite: Ponto da esfera celeste que se encontra na direção da vertical ascendente ao ponto de observação
- Ocaso: Desaparecimento do Sol ou de outro astro ao sair do horizonte.
- Ponto Cardeal: São as quatro indicações que representam as direções Norte, Sul, Leste e Oeste.

Fomentando assim o uso das habilidades de interpretar e fazer experimentos, realizar observações, selecionar variáveis, estabelecer relações, diagnosticar e enfrentar problemas, de forma individual ou em equipe.

### 4.1.2 Materiais

- Uma haste vertical de madeira (30 cm)
- Régua
- Esquadro
- Lápis e folha para anotações
- Barbante
- Dia de Sol
- Giz

### 4.1.3 Montagem

- Selecionar um local em que o céu não esteja coberto, aonde há incidência de luz solar na parte da manhã e da tarde.
- Afixar a haste no chão e utilizar o esquadro para verificar se é possível o alinhamento da haste de forma perpendicular ao chão da superfície escolhida.
- Em qualquer horário no meio da manhã, deve ser marcada a extremidade da sombra do gnômon com uma pequena estaca e feito um risco sobre a sombra.
- Logo após, deve-se prender um barbante à base do Gnômon e esticá-lo até a estaca. Utilizando um giz e o barbante na medida da estaca, traçar uma curva que corresponde a um arco de circunferência, da esquerda para a direita, saindo da estaca.
- Lembrar o momento em que a sombra tocar a linha traçada no chão e colocar outra estaca nesse ponto.

- Abalzar um triângulo, ligando os pontos onde se encontram as duas estacas e a haste.



Figura E.1.a - Procedimentos Experimentais.

Fonte: Camillo, Lino, Pereira, (2009).

- Marcando uma linha que parte da haste e cruza o meio da base do triângulo teremos a “linha meridiana” do lugar.
- A linha meridiana indica a direção Norte - Sul. O lado onde o Sol apareceu é o Leste onde se pôs é o Oeste que pode ser traçada com o uso do esquadro.

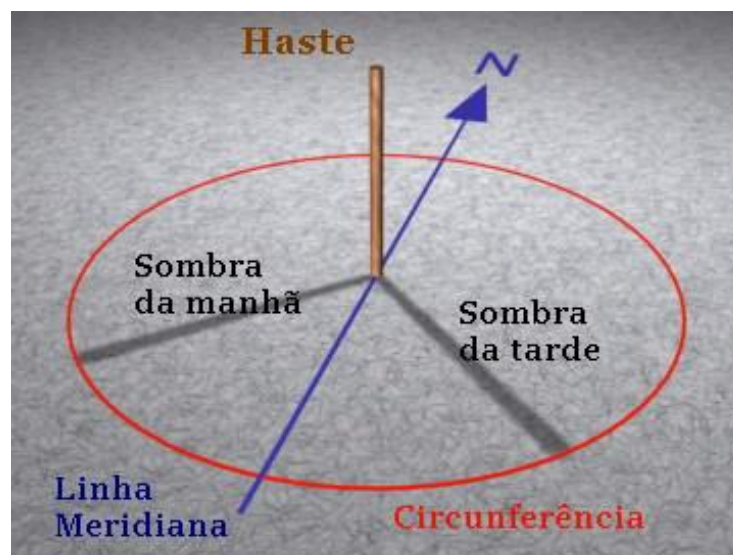


Figura E.1.b - Construção dos Pontos Cardeais.

Fonte: Camillo, Lino, Pereira, (2009).

#### 4.1.4 Situações – Problemas

- Quais são as marcas que vão deixar os dias de equinócios e solstícios?
- Como é possível utilizar um gnômon para efetuar a localização dos pontos cardeais?
- A representação da Rosa dos Ventos utilizando o braço direito na direção do nascer do Sol como referência ao leste pode ser usada com precisão?
- Qual o desenho que o movimento aparente do Sol faz durante o ano?
- Como pode se localizar o pólo sul celeste com o gnômon?

#### 4.1.5 Conselhos para efetivar este experimento

Em sala de aula antes da atividade peça aos alunos que tentem representar as direções norte, sul, leste e oeste desenhando os resultados em uma folha de papel.

Os alunos deverão repetir a atividade em casa, ou voltar na escola para realizar a medida da sombra no período vespertino. O professor ainda pode indicar o horário aproximado que o fenômeno volta a se repetir e com isso simplificar a observação dos alunos.

Ao término do registro peça aos alunos para compararem a rosa dos ventos inicialmente desenhada com a representação indicada pelo gnômon.

Os alunos deverão observar que é possível se localizar na superfície da Terra através do uso do gnômon e de uma representação geométrica do movimento aparente do Sol ao modificar a posição e o tamanho da sombra da haste durante o dia.

Os registros deverão ser por meio da observação cuidadosa do tamanho das sombras do gnômon e a realização da construção geométrica conforme indicado.

O professor pode solicitar ao aluno o uso de uma máquina fotográfica para registrar as direções e o gnômon construído pelo aluno, ou ainda uma simples representação em forma de desenho constando os pontos cardeais desenhados pelo aluno.

Após todas estas considerações, acreditamos que fica mais fácil compreender os conceitos de solstícios e equinócios: do latim *solstitium*, epistemologicamente *sol* (Sol) + *stitium* (parado), de *sistere* que significa “não se move”, ou seja, parada do Sol e *aequinoctium*, *aequi* (igual) + *nox* (noite) significa igualdade das noites (logo, dos dias).

Solstício segundo Pereira (2009) são os dias em que o Sol mais se distancia do ponto cardeal leste ao nascer e do ponto cardeal oeste no ocaso (pôr-do-sol).

No **solstício de verão do hemisfério sul** (solstício de verão austral) o movimento aparente do sol no sentido norte sul atinge o máxima distância da linha do equador e parece “parar” por algum tempo levando a ocorrência do dia a fase de claro (dia solar) mais longa e com a fase de escuro (noite) mais curta do ano, sendo mais exato, são quatro dias cujo fotoperíodo tem a mesma duração, dois deles correspondem aos dois últimos dias da primavera e dois aos dois primeiros dias do verão. Um deste quatro dias é considerado como o dia do solstício de verão. Em Maringá no ano de 2013 o solstício de verão aconteceu no dia 21 de dezembro e seu fotoperíodo teve a duração de 13,443h enquanto a fase de escuro (noite) durou 10,557h. Vale destacar que os 2 últimos dias da primavera (19 e 20 de dezembro) e o segundo dia do verão (22 de dezembro) também tiveram a mesma duração.

No **solstício de inverno do hemisfério Sul** (solstício de inverno austral) o movimento aparente do sol no sentido sul norte faz com que o sol se afaste o máximo da linha do equador no sentido norte levando a ocorrência dos quatro dias com a fase de claro (dia) mais curta do ano e com a fase de escuro (noite) mais longa do ano. No ano de 2013 o Solstício de inverno austral ocorreu no dia 21 de junho. Em Maringá o fotoperíodo (fase de claro do dia) durou 10,557h e a fase de escuro (noite) durou 13,443h. O mesmo ocorreu com o último dia do outono (20 de junho) e com os dois dias do inverno que sucederam o solstício (22 e 23 de junho).

A existência de 4 dias com duração igual em cada solstício reforça o conceito de “parada do Sol” sugerida pela etimologia da palavra do latim.

Milone (2003) explica que os equinócios ocorrem quando o sol está sobre o círculo do equador celeste. **O equinócio de primavera no hemisfério Sul**, (equinócio de primavera austral), ocorre quando o sol está se deslocando do norte para o sul e passa sobre o círculo do equador, isto pode ocorrer entre os dias 20 a 23 de setembro.

Em 2013 o equinócio de primavera austral aconteceu no dia 23 de setembro. Neste dia, em Maringá, a fase de claro (dia) durou 12,047h e a fase escura (noite) durou 11,935h, ou seja dia e noite tiveram durações quase iguais, à partir do dia 24 iniciou-se um alongamento do tempo de claro e redução no tempo do escuro que culminou com os dias mais longos do ano, ou seja os dias 19,20, 21 e 22 de dezembro.

O **equinócio de outono no hemisfério Sul** (equinócio de outono austral) de acordo com as explicações de Milone (2003) acontece quando o Sol está se deslocando do sul para o norte e passa sobre o círculo do equador celeste o que pode acontecer entre 20 e 22 de março.

Em 2013 o equinócio de outono austral aconteceu no dia 20 de março. Nesse dia, em Maringá, a fase de claro (dia) durou 12,058h e a fase de escuro (noite) durou 11,942h. A partir do dia 21 de março os dias foram encurtando e as noites se alongando até culminar com o solstício de inverno do hemisfério sul (solstício de inverno austral).

De um lado, nos dois equinócios, primavera e outono, os fotoperíodos se equivalem. Por outro lado, o solstício de verão ocorre no dia em que há o fotoperíodo mais longo do ano, enquanto no solstício de inverno ocorre no dia com o menor fotoperíodo de todo o ano. É sempre bom lembrar que os dias dos solstícios e equinócios e as estações do ano são invertidos quando se consideram os dois hemisférios terrestres, ou seja, a primavera austral se inicia simultaneamente com o outono boreal, enquanto o verão austral se inicia simultaneamente com o inverno boreal.

Como todo professor é o responsável por ensinar a linguagem de sua matéria é importante trabalhar o significado das palavras e termos que são específicas do conteúdo que está ensinando, pois sem o crescimento lexical o aluno não conseguirá pensar de forma fluida, compreender e aplicar em sua vida o que está estudando. Partindo desta premissa e pensando nas últimas linhas deste texto pode-se indagar:

- O que é léxico?
- O que significa boreal e austral?
- O que significa dizer que Ushuaia é a cidade mais austral do planeta?

Respostas apresentadas no apêndice!

## 4.2 Fotoperíodo médio em cada Estação e em cada mês

A duração do dia e da noite são fatos que o homem vislumbra desde os tempos mais remotos, como aborda Milone (2003):

*Muitas civilizações antigas elaboraram explicações míticas para o movimento do Sol no céu durante o dia, assim como seu reaparecimento após a escuridão da noite. Como exemplos, os antigos babilônios pensavam no*

*deslocamento noturno do Sol por debaixo do solo que era a morada dos mortos e os antigos egípcios (3200 a.C.) imaginavam o transporte do Sol no céu (corpo da deusa Nut) por um barco que durante a noite percorria um rio subterrâneo. Na Grécia clássica (600 a.C.), muitos afirmavam que a Terra era imóvel de modo que o Sol, deus Heliuss, percorria o céu numa grande carruagem. (MILONE, 2003).*

É importante compreender o conceito de fotoperíodo, conceito que aliás é motivo de controvérsia entre diferentes autores que atuam na área de pesquisas espaciais, pois alguns consideram que o fotoperíodo é o tempo de duração do dia mais o crepúsculo, enquanto outros afirmam que o fotoperíodo é somente o período total de iluminação sem o crepúsculo. Vejamos:

*O fotoperíodo é representado pelas horas do dia com brilho solar mais o tempo de crepúsculo de cada local. (CARVALHO et al., 1984).*

*Define-se fotoperíodo, ou duração efetiva do dia, como o intervalo de tempo transcorrido entre o nascimento e o ocaso do Sol, em determinado local e data. O fotoperíodo não é o período total de iluminação, o qual inclui os crepúsculos matutino e vespertino, quando o local recebe luz solar indiretamente (o disco solar não é sequer parcialmente visível). Para fins civis o crepúsculo matutino (aurora) se inicia e o crepúsculo vespertino (ocaso) termina quando o centro do disco solar se encontra a 6° abaixo do plano do horizonte local (18° para os respectivos crepúsculos astronômicos). (VAREJÃO-SILVA - 2001).*

*O fotoperíodo pode ser calculado, considerando-se as relações astronômicas TERRA-SOL. Como o fotoperíodo é a duração do dia desde o nascer até o pôr do Sol, temos que na sua trajetória aparente o Sol descreve um arco simétrico em relação ao meio-dia. Pode-se dizer, então, que  $N$  é o dobro do ângulo horário ao nascer do Sol, e função da latitude e da declinação solar. (GALVANI, 2014).*

Ao trabalhar o fotoperíodo médio em cada mês ou em cada estação tem-se a oportunidade de retomar e reforçar o conhecimento de que fotoperíodos, solstícios e equinócios variam em função do hemisfério uma vez que a inclinação do eixo da terra associada ao movimento de translação faz com que as estações do ano sejam invertidas quando se compara um hemisfério com o outro.

Pode-se também trabalhar o conceito de geodésia em associação com a inclinação da eclíptica na geração das estações.

É ainda uma excelente ocasião para os alunos compreenderem que o valor fotoperíodo nos solstícios e equinócios diferem em cada região em função da latitude, longitude e altitude, conceitos que também devem ser trabalhados. Isto pode ser feito comparando o valor para duas cidades diferentes uma que esteja mais ao sul e outras mais ao norte do Brasil. Um excelente momento para elaborar um questionamento sobre o porquê que o governo adota o horário de verão (HV) para as regiões mais ao sul, sudeste e parte do centro-oeste do país, nos meses de novembro a fevereiro de cada ano e não faz o mesmo para as regiões norte e nordeste?

A resposta estaria no Decreto nº 6.558 de 08 de setembro de 2008, alterado pelo Decreto nº 9.242 de 15 de dezembro de 2017 que define o HV em parte do território nacional no Art. 1º: “Fica instituída a hora de verão, a partir de zero hora do primeiro domingo do mês de novembro de cada ano, até zero hora do terceiro domingo do mês de fevereiro do ano subsequente, em parte do território nacional, adiantada em sessenta minutos em relação à hora legal.”

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica o principal motivo para o uso é a redução de demanda de energia elétrica no horário de ponta do sistema, trazendo o benefício de uma operação bem mais segura e de menor custo. O Operador Nacional do Sistema Elétrico informa que as estimativas resultantes dos estudos realizados para o HV indicam uma redução de demanda de 4,6% para a região Sudeste/Centro-Oeste e uma redução de demanda de 5,0% para a região Sul. A redução de energia elétrica esperada é de 0,5% tanto para a região Sudeste/Centro-Oeste como para a região Sul.

Os dias referentes aos solstícios e equinócios podem ser obtidos em livros de astronomia, astrofísica, geofísica ou por busca na internet. Os valores de latitude e a longitude podem ser consultados no *Google Earth*. Neste trabalho utilizamos os dados de Maringá que está na latitude 23° 24' S e longitude 51° 56' W e foi a partir desses dados que pudemos obter os valores para realização dos cálculos referentes a Maringá.



Em geral é interessante conhecer a quantidade de energia por unidade de área e por unidade de tempo que chega em um determinado lugar da superfície da Terra, que chamamos radiação global do lugar. A radiação global varia de acordo com o lugar, com a hora do dia e com a época do ano e isso não deve ser confundido com fotoperíodo (OLIVEIRA-FILHO e SARAIVA, 2004).

Aprender sobre o conceito de ordenada e de abcissa, bem como o uso de escalas aleatórias é fundamental para que o estudante possa compreender a representação de variáveis em um gráfico. Para consolidar está aprendizagem sugerimos que o estudante faça os gráficos manualmente e depois possa também realizá-los empregando programas computadorizados.

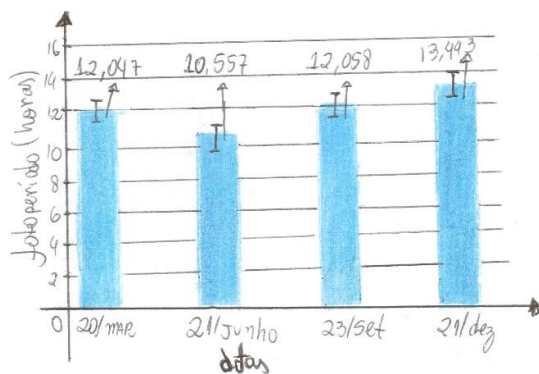


Figura 12.a – Gráfico produzido manualmente para apresentar os valores do fotoperíodo nos solstícios e equinócios em Maringá.

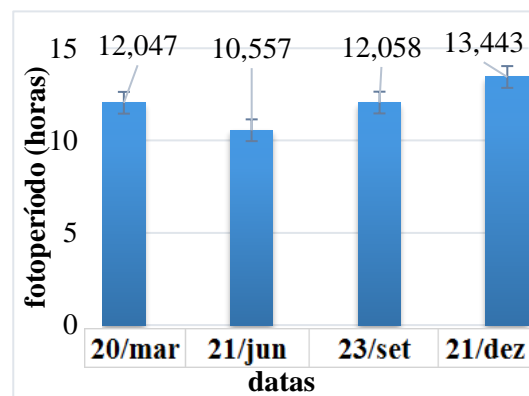


Figura 12.b - Gráfico produzido por software para apresentar os valores do fotoperíodo nos solstícios e equinócios em Maringá.

Conforme mencionado no capítulo de metodologia para a produção manual do gráfico de colunas referentes ao fotoperíodo colocamos no eixo das ordenadas o valor do fotoperíodo em horas, sendo que na figura original cada hora foi representada por 1 cm. O eixo das abcissas traz as estações em ordem cronológica, sendo que a largura das barras foi um valor aleatório de 2 cm. A seguir o mesmo gráfico foi produzido com programa de computador, a ideia é que o aprendiz possa perceber que o computador enquanto artefato tecnológico realizou os mesmos cálculos e também empregou escalas similares ao percurso que ele fez na elaboração manual do gráfico o que contribui para o desenvolvimento da seguinte habilidade matemática preconizada pela BNCC:



(EM13MAT101) Interpretar situações econômicas, sociais e das Ciências da Natureza que envolvem a variação de duas grandezas, pela análise dos gráficos das funções representadas e das taxas de variação com ou sem apoio de tecnologias digitais. (BRASIL/MEC, 2017)

## 4.2 Fotoperíodo médio em cada Estação e em cada mês

Uma vez compreendido que os valores dos solstícios e equinócios diferem em cada estação, é interessante que o aprendiz possa realizar atividades práticas que lhe auxiliem a consolidar o conhecimento de que a partir do solstício de inverno os dias tendem a ser cada vez mais longos, culminando com o dia mais longo do ano que é o solstício de verão. De modo contrário, após o solstício de verão os dias começam a encurtar atingindo o menor valor do ano no solstício de inverno.

O cálculo das médias da duração dos dias em cada uma das quatro estações permitirá a compreensão de que as médias de duração dos fotoperíodos na primavera e no verão terão valores muito próximos, pois do início da primavera até seu término os dias se alongam, culminando com a chegada do verão. O verão por sua vez começa com o dia que possui o fotoperíodo mais longo do ano, mas na sequência o fotoperíodo vai encurtando atingindo seu menor valor no dia que antecede o equinócio de outono. Em Maringá a média dos fotoperíodos dos dias de primavera é igual a 12,998h e a média dos dias de verão é de 12,997h.

Constatação similar ocorre ao calcular-se a média dos fotoperíodos do outono e do inverno, que no caso de Maringá são 11,021h e 11,003h respectivamente.

Os valores médios do fotoperíodo em cada estação em Maringá estão apresentados no quadro 2 e nas Figuras 7.a e 7.b. Cabe lembrar que o valor diário do fotoperíodo foi calculado e tabelado no programa *LibreOffice Calc*.

Quadro 2 – Valores dos fotoperíodos em horas no primeiro e último de cada estação, seguidos de suas médias e desvios padrões em Maringá no ano de 2013

2013	primeiro dia	último dia	média	DP	CV
Outono	12,023 h	10,553 h	11,021 h	0,45	4,12
Inverno	10,553 h	12,035 h	11,003 h	0,45	4,10
Primavera	12,058 h	13,447 h	12,998 h	0,45	3,47
Verão	13,447 h	12,047 h	12,997 h	0,45	3,44

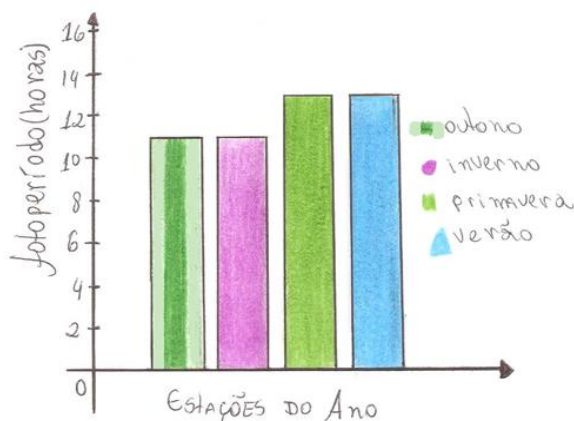


Figura 13.a - Gráfico do fotoperíodo médio das estações em Maringá.

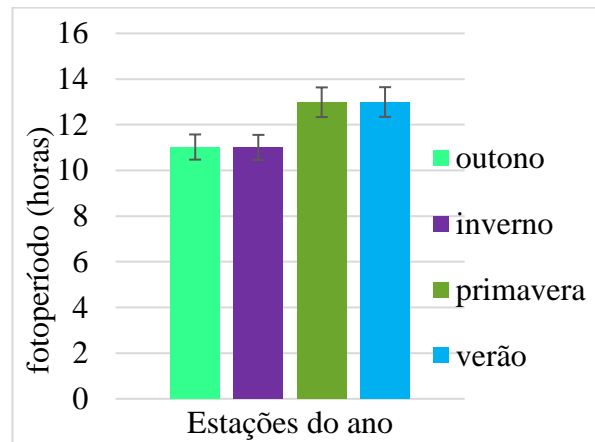


Figura 13.b - Gráfico do fotoperíodo médio das estações em Maringá.

O agrupamento dos dados por estação, pode ser comparado com os valores do fotoperíodo para cada mês desta forma o aprendiz poderá perceber qual o mês que possui a média de fotoperíodo mais longo e qual o mês que possui a menor média de fotoperíodo. Além disto ao calcular os coeficientes de variação ele poderá perceber que os valores do coeficiente de variação obtidos em um mesmo mês são bem menores que aqueles obtidos em uma estação.

Esta estratégia poderá colaborar para que ele compreenda que o coeficiente de variação é menor quando a amostra empregada é mais homogênea resultando em um desvio padrão da média menor (Figuras 7.a, 7.b, 8.a, 8.b, 8.c, 8.d e a tabela 1).

Já na tabela 1 e nas Figuras 2.a e 2.b, dispõem-se o  $F_m$  em Maringá, calculados pela equação (1) com a latitude  $23^\circ 24' S$  ( $-23,40$ ) e longitude  $51^\circ 56' W$  ( $-51,93$ ), e o também o desvio padrão para cada mês.

O professor poderá propor um exercício onde o dado referente à altura de todos os alunos e alunas da turma serão utilizados para calcular a altura média da turma, bem como o

desvio padrão e o coeficiente de variação. A seguir poderão calcular separadamente a altura média de meninos e meninas com desvio padrão e CV. Na sequência os alunos devem identificar quando, ou em qual grupo o CV foi maior e o que isto indica. Compreender a produção dos gráficos associado ao cálculo das médias, desvio padrão e coeficiente de variação colabora para o desenvolvimento de competências específicas e habilidades da matemática e suas tecnologias preconizadas pela BNCC para o Ensino Médio:

*Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar situações em diversos contextos, sejam atividades cotidianas, sejam fatos das Ciências da Natureza e Humanas, ou ainda questões econômicas ou tecnológicas, divulgados por diferentes meios, de modo a consolidar uma formação científica geral. Essa competência específica contribui não apenas para a formação de cidadãos críticos e reflexivos, mas também para formação científica geral dos estudantes, uma vez que lhes é proposta a interpretação de situações das Ciências da Natureza ou Humanas. Os estudantes deverão, por exemplo, ser capazes de analisar criticamente o que é produzido e divulgado nos meios de comunicação (livros, jornais, revistas, internet, televisão, rádio etc.), muitas vezes de forma imprópria, dada por generalizações equivocadas de resultados de pesquisa, o que pode ocorrer tanto pelo uso inadequado da amostragem, quanto pela não divulgação de como os dados foram obtidos. (BRASIL/MEC, 2017).*

*(EM13MAT102) Analisar gráficos e métodos de amostragem de pesquisas estatísticas apresentadas em relatórios divulgados por diferentes meios de comunicação, identificando, quando for o caso, inadequações que possam induzir a erros de interpretação, como escalas e amostras não apropriadas. (BRASIL/MEC, 2017).*

Tabela 1 – Valores do fotoperíodo<sup>2</sup> para o primeiro e último dia de cada mês em Maringá, seguido da média, do desvio padrão e coeficiente de variação calculados com base na somatória dos valores do fotoperíodo de todos os dias de cada mês.

mês	primeiro dia	último dia	Média	DP	CV
Janeiro	13,417 h	13,067 h	13,282 h	0,107	0,81
Fevereiro	13,050 h	12,506 h	12,793 h	0,166	1,30
Março	12,484 h	11,790 h	12,140 h	0,210	1,73
Abril	11,767 h	11,135 h	11,440 h	0,192	1,68
Maiο	11,115 h	10,660 h	10,855 h	0,139	1,28
Junho	10,650 h	10,571 h	10,571 h	0,029	0,27
Julho	10,576 h	10,908 h	10,701 h	0,102	0,95
Agosto	10,924 h	11,527 h	11,207 h	0,183	1,63
Setembro	11,550 h	12,221 h	11,884 h	0,204	1,71
Outubro	12,245 h	12,894 h	12,582 h	0,197	1,57
Novembro	12,914 h	13,345 h	13,160 h	0,132	1,00
Dezembro	13,354 h	13,422 h	13,429 h	0,027	0,20

<sup>2</sup> Os valores dos fotoperíodos foram calculados pelo programa *LibreOffice Calc* com base na Eq. 7.

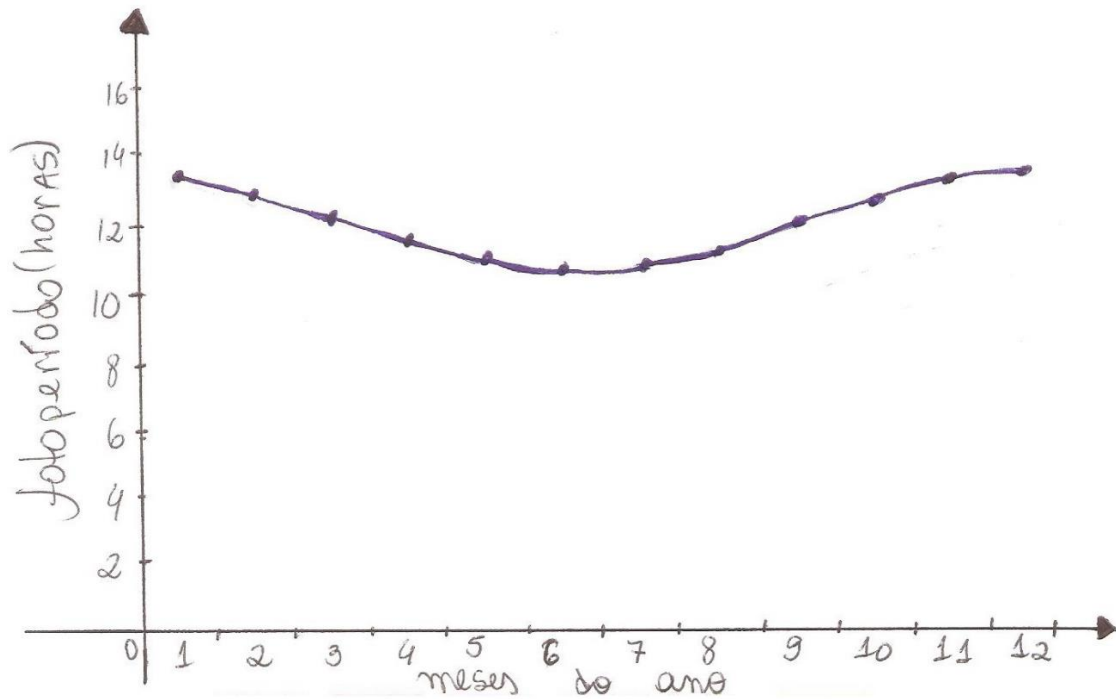


Figura 14.a - Gráfico produzido manualmente para apresentar os valores do Fotoperíodo médio mensal em Maringá.

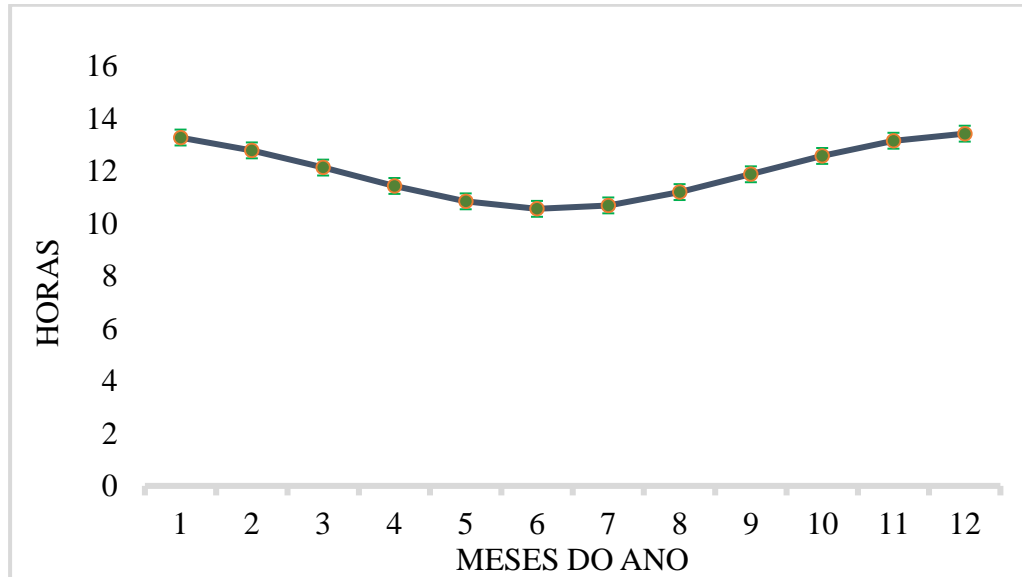


Figura 14.b – Gráfico de linha produzido por software para apresentar os valores da média do fotoperíodo mensal em Maringá e seus desvios padrões.

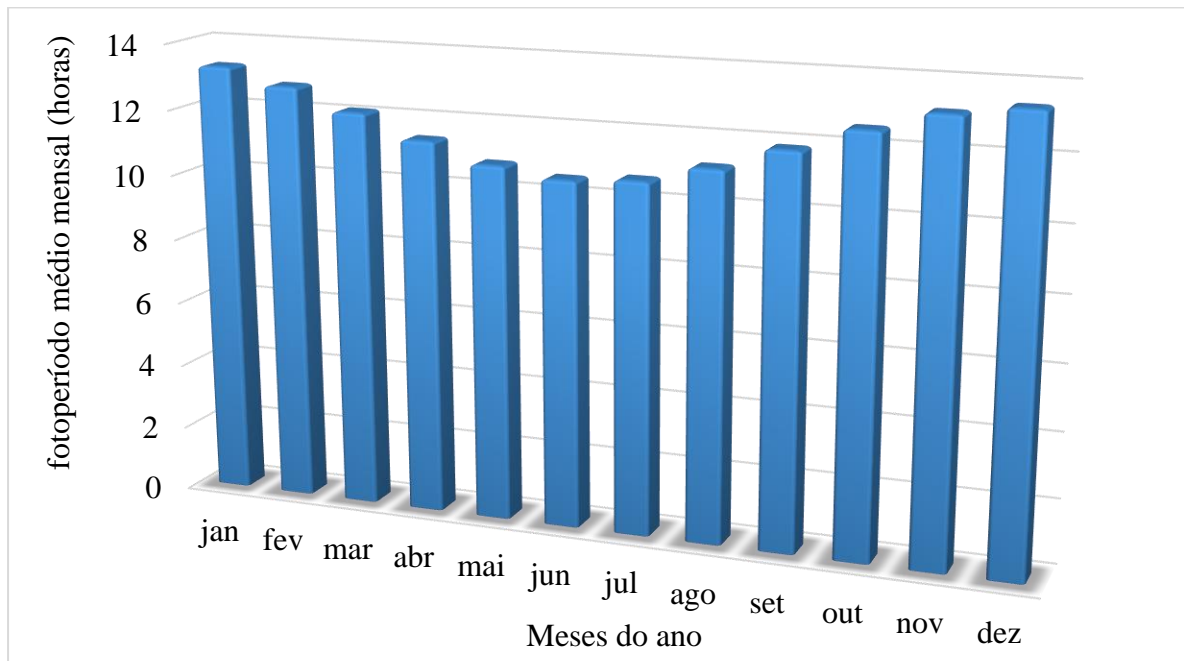


Figura 14.c – Gráfico de colunas produzido por software para apresentar os valores do foperíodo médio mensal em Maringá.

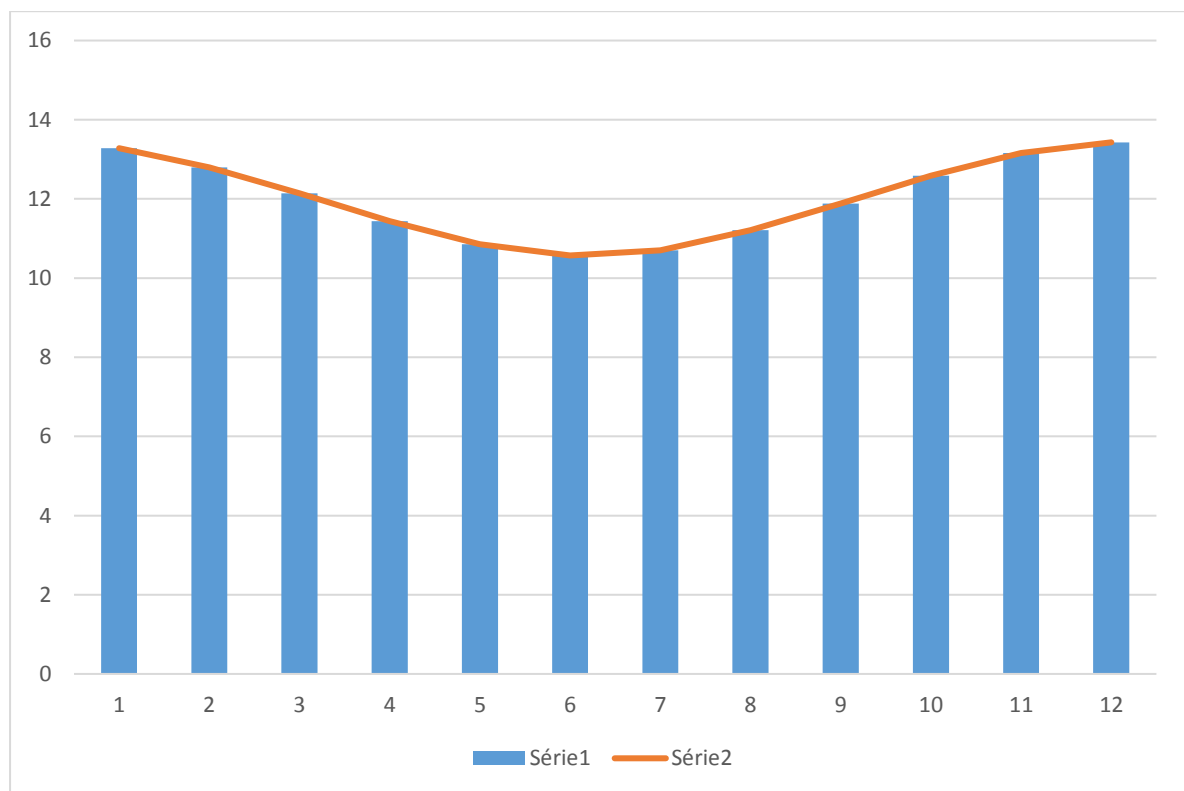


Figura 14.d - Gráfico de linhas e colunas produzido por software para apresentar os valores do Foperíodo médio mensal em Maringá.

### 4.3 Integral do fotoperíodo

A integral do gráfico de Fotoperíodo pode ser analisada geometricamente como a área abaixo do gráfico.

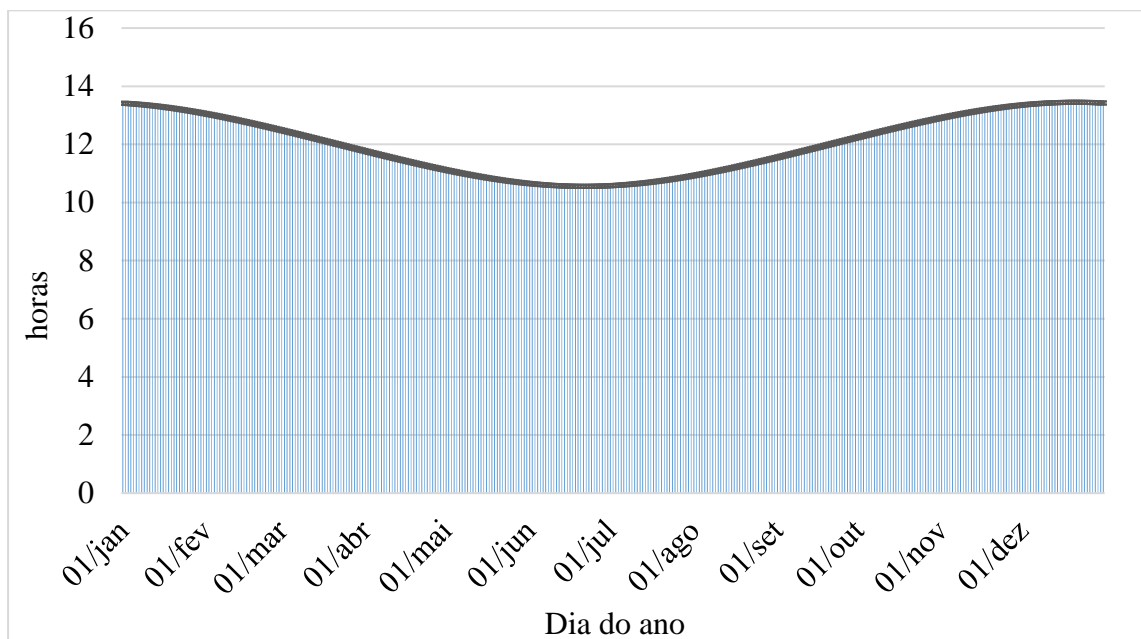


Figura 15 - Fotoperíodo diário em Maringá distribuição anual.

Após utilizar o método adaptado de Arquimedes pode-se usar com uma regra de três simples e estimar o valor do fotoperíodo diário do ano, como segue:

$F_T \rightarrow$  Fotoperíodo total acumulado no ano

16 x 365	h.dia	-----	2,84	g
$F_T$	h.dia	-----	2,18	g

$$5.840 \text{ h. dia} \times 2,18 \text{ g} = 2,84 \text{ g} \times F_T$$

$$F_T = \frac{12.731,2}{2,84} \text{ h. dia}$$

$$F_T = 4.482,8 \text{ h. dia}$$

Em seguida podemos usar o valor estimado para o fotoperíodo acumulado no ano e calcular o fotoperíodo médio, dividindo o valor pela quantidade de 365 dias do ano, assim:

$F_M \rightarrow$  Fotoperíodo médio estimado

$$F_M = \frac{4.482,8}{365} \text{ h}$$

$$F_M = 12,28 \text{ h}$$

Ao calcular a integral pelo método da balança teremos então o número total de horas solares no ano, para fazermos uma média diária deve-se então dividir essa soma pelos dias do ano, assim se obtêm um fotoperíodo de 12,28h, comparado ao fotoperíodo médio anual com a integral teórica que tem o valor de 12h o erro experimental é de 2,33%, tendo assim, uma avaliação razoável para o método empregado.

Com esse resultado e sendo o erro experimental aceitável, fazemos então as estimativas para a radiação global nos dias de equinócios e solstícios no ano de 2013.

#### 4.4 Integral da Radiação Global

Para entender e discutir a quantidade de radiação global diária nos equinócios e solstícios, a integral será realizada para os valores experimentais horários obtidos no site BDMEP-INMET. Estes dados experimentais de radiação global para os equinócios e solstícios, coletados automaticamente pela Estação Climatológica Principal de Maringá estão tabelados e plotados abaixo:



Tabela 2 – Radiação Global horária nos equinócios e solstícios em Maringá

	Equinócio de outono	Solstício de inverno	Equinócio de primavera	Solstício de verão
hora	21/03/2013	21/06/2013	23/09/2013	21/12/2013
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	18	0	53,3	44,9
7	197,4	0	257,1	647,3
8	463,2	39,2	466	1551,1
9	931,4	155,4	562,7	2237,5
10	1483,1	213,9	523,2	2969,2
11	1989,3	551,9	715,5	3540
12	2625,4	257,7	578,7	3889,5
13	2072,3	207,8	836,8	3948,1
14	2300	212	736,1	3611,2
15	2080,4	162,7	682,3	3236
16	1414,3	75,1	440,6	1122,1
17	613,8	67	231,1	812,5
18	48,3	10,2	11,6	1457,1
19	0	0	0	418,6
20	0	0	0	0
21	0	0	0	0
Radiação Global (kJ.h/m <sup>2</sup> )	16237	1953	6095	29485

A figura 16.a apresenta os dados de radiação global no equinócio de outono em Maringá, conforme dados da tabela 2. Os dados apresentam dois picos, em 12 e em 14 horas, devido às nuvens entre o período acima citado. Não só comportamento dos picos, mas a toda curva é influenciado pelas variações de nebulosidade. Este comportamento é observado nas curvas de radiação global que seguem.

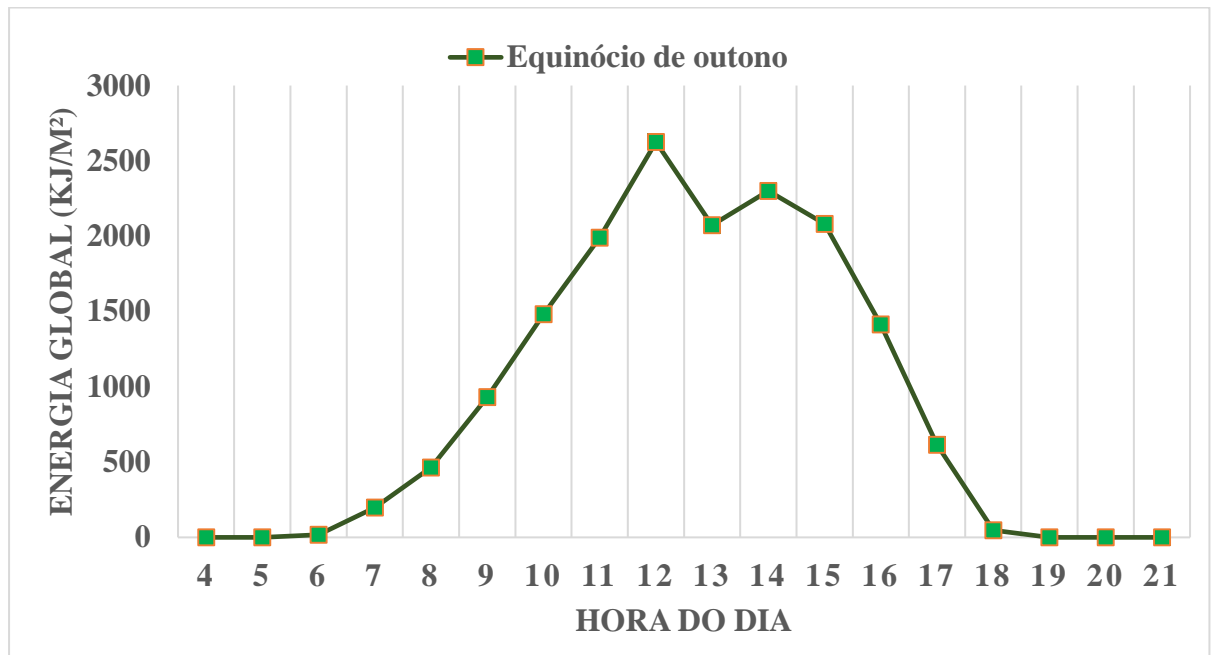


Figura 16.a – Radiação global no equinócio de outono em Maringá.

Avaliou-se o valor da radiação global diária no equinócio de março, início do outono para o hemisfério austral, com o método adaptado de Arquimedes com uma regra de três simples:

$R_1 \rightarrow$  Radiação estimada para o equinócio de março

$3.000 \times (21 - 4)$	$\text{kJ.h.dia/m}^2$	-----	3,60 g
$R_1$	$\text{kJ.h.dia/m}^2$	-----	1,11 g

$$51.000 \text{ kJ.h.} \frac{\text{dia}}{\text{m}^2} \times 1,11 \text{ g} = 3,60 \text{ g} \times R_1$$

$$R_1 = \frac{56.610}{3,60} \text{ kJ.h.dia/m}^2$$

$$R_1 = 15.725 \text{ kJ.h.dia/m}^2$$

A figura 16.b apresenta os dados de radiação global no solstício de inverno em Maringá, conforme dados da tabela 2. Os dados apresentam um pico, as 11h, devido à maior ausência de nuvens nesse período.

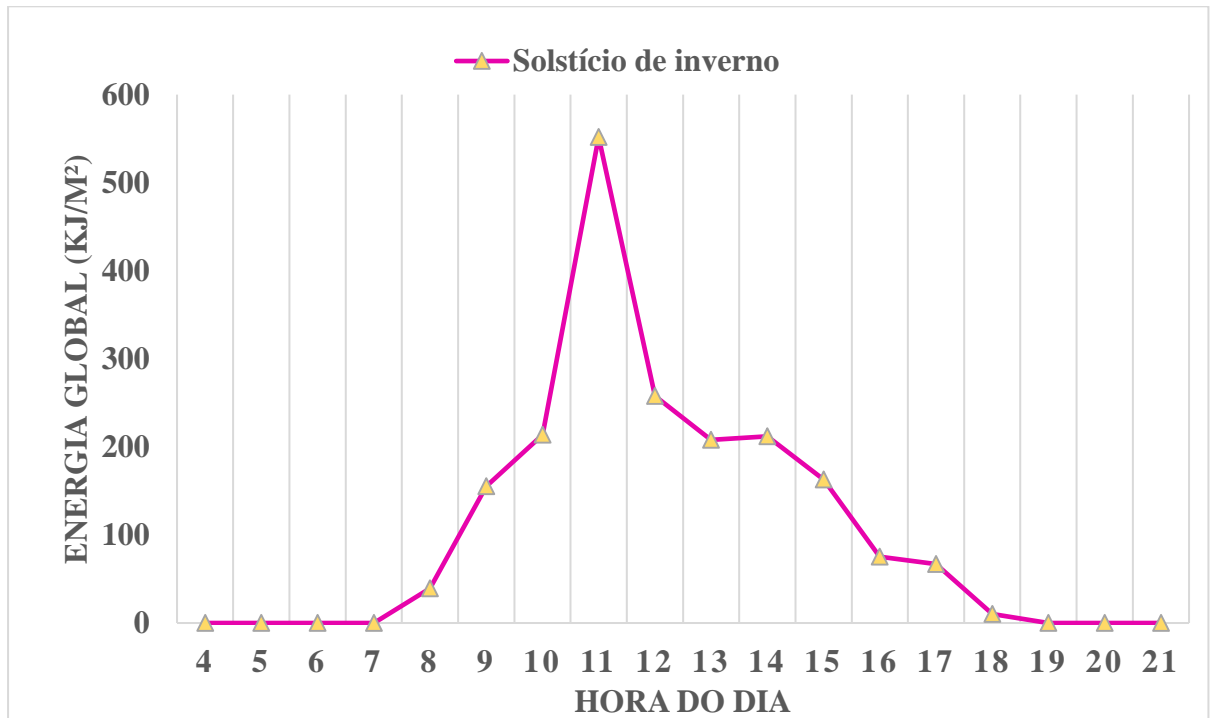


Figura 17.b – Radiação global no solstício de inverno em Maringá.

Ponderou-se o valor da radiação global diária no solstício de junho, início do inverno para o hemisfério austral, após utilizar o método adaptado de Arquimedes e assim podemos estimar com uma regra de três simples:

$R_2 \rightarrow$  Radiação solstício de junho

$600 \times (21 - 4)$	$\text{kJ.h.dia/m}^2$	-----	4,15	g
$R_2$	$\text{kJ.h.dia/m}^2$	-----	0,80	g

$$10.200 \text{ kJ.h.} \frac{\text{dia}}{\text{m}^2} \times 0,80 \text{ g} = 4,15 \text{ g} \times R_2$$

$$R_2 = \frac{8.160}{4,15} \text{ kJ.h.dia/m}^2$$

$$R_2 = 1.967 \text{ kJ.h.dia/m}^2$$

A figura 16.c apresenta os dados de radiação global no equinócio de primavera em Maringá, conforme dados da tabela 2. Os dados apresentam a maior quantidade de picos que os outros, exemplo às 9h, 11h e 13h, devido às nuvens entre tal períodos mencionados

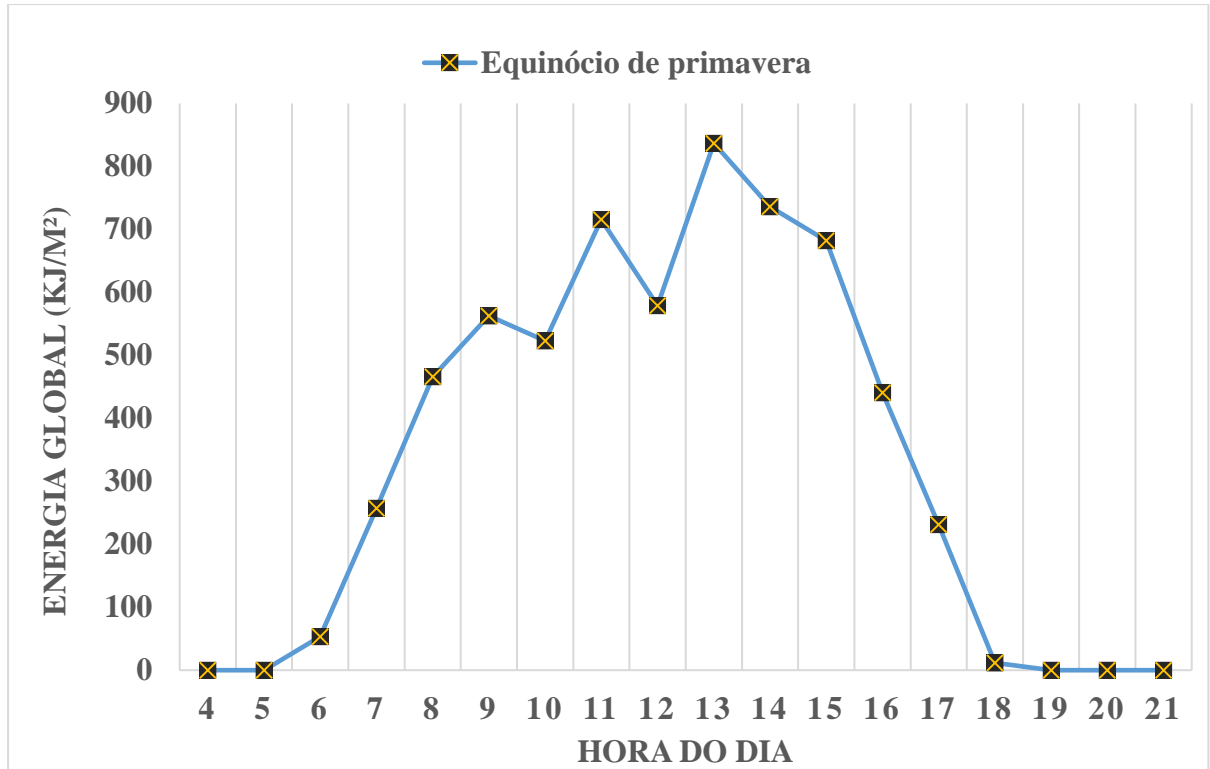


Figura 16.c – Radiação global no equinócio de primavera em Maringá.

Estimou-se o valor da radiação global diária, para o dia de equinócio de primavera, que acontece no mês de setembro para o hemisfério Sul, por uma regra de três simples, como segue:

$R_3 \rightarrow$  Radiação equinócio de junho

$900 \times (21 - 4)$	$\text{kJ.h.dia/m}^2$	-----	3,58	g
$R_3$	$\text{kJ.h.dia/m}^2$	-----	1,37	g

$$15.300 \text{ kJ.h.} \frac{\text{dia}}{\text{m}^2} \times 1,37 \text{ g} = 3,58 \text{ g} \times R_3$$

$$R_3 = \frac{20.961}{3,58} \text{ kJ.h. dia/m}^2$$

$$R_3 = 5.855 \text{ kJ.h. dia/m}^2$$

A figura 16.d apresenta os dados de radiação global no solstício de verão em Maringá, conforme dados da tabela 2. Os dados apresentam mais esperado pela ausência de nuvens, exceto para às 16h e 17h, devido às nuvens nestas horas.

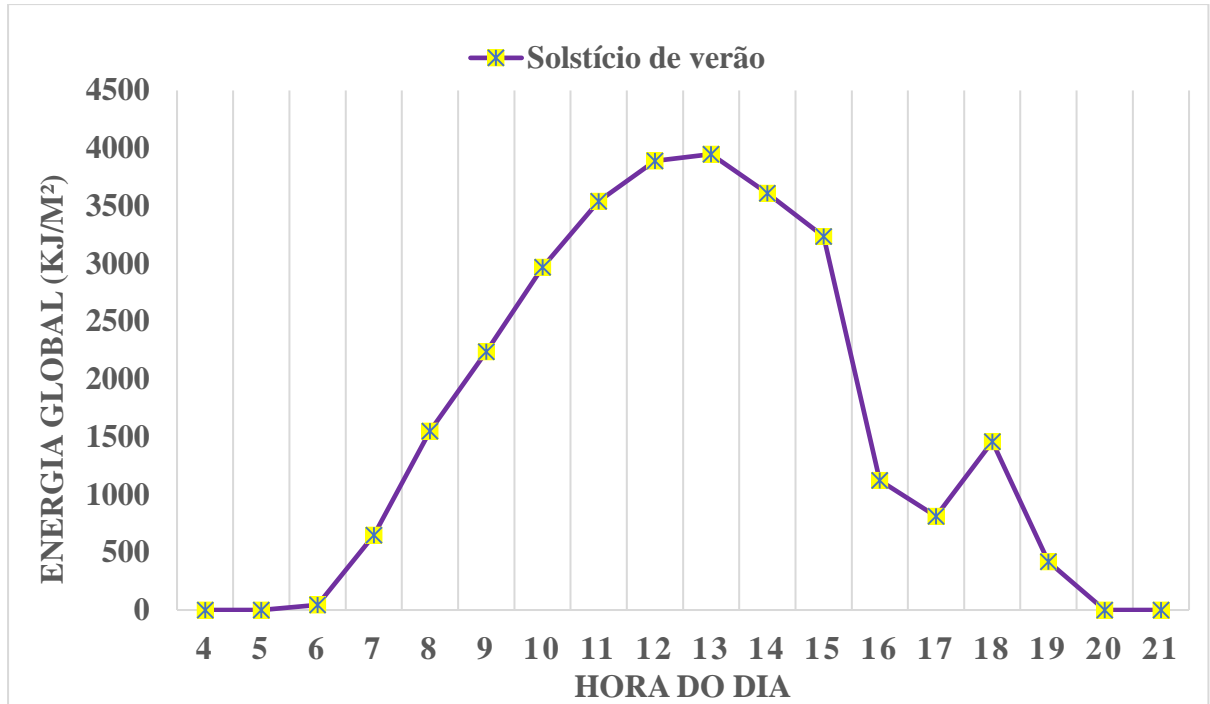


Figura 16.d – Radiação global no solstício de verão em Maringá.

Calculou-se o valor da radiação global diária no solstício de verão, início no dia 21 de dezembro para o hemisfério austral, depois de utilizar o método adaptado de Arquimedes e assim podemos estimar com uma regra de três simples:

$R_4$  → Radiação solstício de junho

$4.500 \times (21 - 4)$	$\text{kJ.h.dia/m}^2$	-----	2,90	g
$R_4$	$\text{kJ.h.dia/m}^2$	-----	1,13	g

$$76.500 \text{ kJ.h.} \frac{\text{dia}}{\text{m}^2 \times} 1,13 \text{ g} = 2,90 \text{ g} \times R_4$$

$$R_4 = \frac{76.500}{2,90} \text{ kJ.h. dia/m}^2$$

$$R_4 = 29.809 \text{ kJ.h. dia/m}^2$$

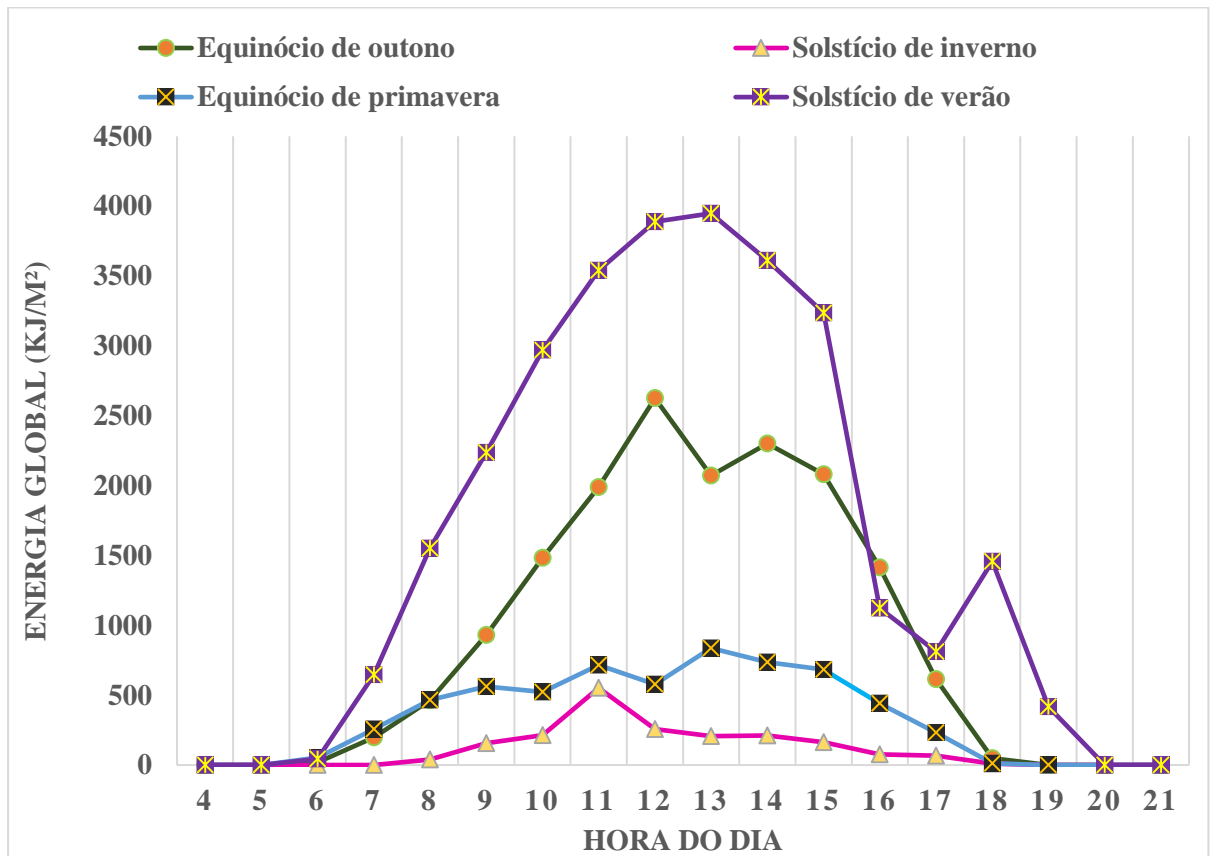


Figura 17.a – Radiação global nos solstícios e equinócios em Maringá.

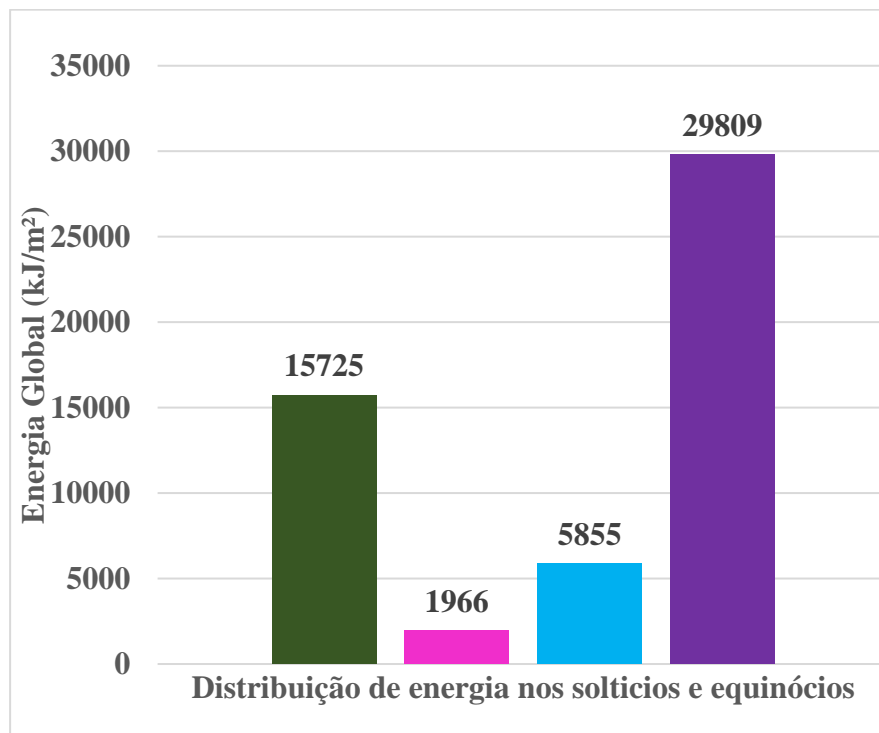


Figura 17.b – Radiação global estimada pelo método nos solstícios e equinócios em Maringá.

Analisando todas as curvas em um só gráfico, pode-se observar que às 16h a radiação é menor no solstício de verão do que para o equinócio de primavera devido ao fator nebulosidade, assim como tem o mesmo comportamento os dados das 6h para o equinócio de primavera e solstício de verão, logo, pode-se salientar que as nuvens afetam e muito a quantidade de radiação recebida na Terra e em todos os organismos nela presentes.

Interferindo assim ciclos endógenos que teoricamente seriam contínuos, pela alternância claro/escuro infere-se que pulsos de luz aplicadas na fase de escuro tem efeitos diferentes sobre ele, aumentando ou diminuindo o período dos ritmos em função dos momentos de incidência dos pulsos. Alterações periódicas da intensidade dessa luz (e igualmente de temperatura) também podem afetar o período dos ritmos biológicos. Mas como pode-se observar experimentalmente não se comportam de tal forma, pois existem tais fatores. Essas oscilações externas sincronizadoras dos ciclos endógenos foram denominadas *Zeitgebern* por Aschror (1954) ou agentes massacradores por Pittendrigh (1960). (MARQUES, MENNA-BARRETO, 1997).

Pode-se comparar os valores da radiação global acumulada e estimada pelo método experimental adaptado de Arquimedes no quadro 2, comparando os valores e em seguida calcula-se erro do método experimental.

Quadro 3 – Radiação Global nos solstícios e equinócios em Maringá no ano de 2013

Radiação Global nos solstícios e equinócios em Maringá				
2013	Dia	Soma de Riemann Eq. 1 (kJ.h/m <sup>2</sup> )	Estimada pelo método de Arquimedes (kJ.h/m <sup>2</sup> )	Erro percentual
Equinócio	21 março	16.237	15.725	3,15
Solstício	21 junho	1.953	1.967	0,71
Equinócio	23 setembro	6.095	5.855	3,93
Solstício	21 dezembro	29.485	29.809	1,10

Dados similares a esses podem ser obtidos por um radiômetro ou com um sensor de luz LDR (célula foto resistiva) - que custa em torno de dez reais – acoplado de um multímetro, aparato que geralmente é encontrado nos laboratórios de física experimental, mais detalhes podem ser encontrados nas apostilas de Física Geral Experimental III, disponível no site do

DFI-UEM <<http://site.dfi.uem.br/wp-content/>>. O professor pode sugerir aos alunos coletar tais dados, para após serem trabalhados com as técnicas supracitadas de tabelas, quadros, gráficos e integral. Contudo, caso não seja possível coletar os dados experimentais, eles podem ser obtidos na internet no sítio eletrônico do BDMEP – INMET.

Neste estudo, também pode se verificar que para 2013 no solstício de verão (21 de dezembro) o dia tem duração de 13,447h, no equinócio de outono (21 de março) o fotoperíodo se reduz para 12,023h, o fotoperíodo médio do outono foi de 11,024h e a radiação total emitida pelo Sol que chega a superfície no local da estação climatológica principal de Maringá no ano de 2013 foi de 16,237kJ/m<sup>2</sup>, enquanto verão revela um fotoperíodo médio de 12,994h com radiação total de 29,809kJ/m<sup>2</sup>.

No solstício de inverno (21 de junho) a duração do dia no ano de 2013 foi de 10,553h com a radiação global de 1.966kJ/m<sup>2</sup> e no equinócio de primavera (23 de setembro) a duração do dia foi de 12,985h e a sua radiação total de 5.855kJ/m<sup>2</sup>.

Constatamos por meio de pesquisa bibliográfica que Maringá situa-se na latitude 23°24'S e longitude 51°56'W, que o fotoperíodo sofre uma variação de 2,886 horas do solstício de verão (dia mais longo) para o solstício de inverno (dia mais curto do ano), assim como a energia global sofre variação de 27.843 kJ/m<sup>2</sup> do solstício de verão para o solstício de inverno para o ano referido.

Também se sugere aqui a construção de um heliógrafo (do grego *helios* = sol, *grafo* = escrever) registra os períodos de insolação diária. Ou seja, é um instrumento usado para observar o número de horas de brilho solar em determinada localidade e dia do ano à superfície, referida como insolação.

O conhecimento do número de horas com irradiância solar efetiva à superfície, ou seja, o conhecimento da existência de uma densidade de fluxo de radiação solar de onda-curta efetivo chegando a superfície, é muito importante na definição das condições energéticas da superfície, que em última instância definirá o clima ou microclima local, também informando sobre a cobertura efetiva de nuvens do local e sobre a energia efetiva disponível para os processos biológicos e de evapotranspiração superficial. Logo, o registro heliográfico é relevante em diferentes campos das ciências como, física, biologia, saúde, agricultura, turismo, energia solar, hidrometeorologia, previsão do tempo, aviação, etc.





Figura 18 – Esquema do heliógrafo Campbell-Stokes.

#### 4.4.1 Introdução

Uma lâmpada cheia de água serve como lupa para concentrar os raios do Sol sobre uma faixa de papel que se queima. O comprimento de um traço queimado serve como registro das horas do sol que teve no dia, magnitude que se conhece como *heliofanía*; e o aparelho para medir é o *heliógrafo* de Campbell-Stokes. (RELA, SZTRAJMAN, 2011).

Os instrumentos profissionais, que se usam em meteorologia, são esferas de vidro com uns 10 cm de diâmetro que é mais resistente do que uma lâmpada cheia d'água.

#### 4.4.2 Materiais reciclados

- Papel
- Madeira
- Pregos
- Tampa de garrafa
- Lâmpada incandescente queimada
- Água

#### 4.4.3 Montagem

Para encher de água da lâmpada queimada, corta a parte metálica, para romper a ponta usa-se faca com ponta e tira o gás de dentro, assim como, o filamento que está nela.



Figura 19 – Corte da lâmpada.

Depois encha de água, deve-se deixar um pouco de ar dentro, porque o vidro não se rompe com a dilatação térmica e feche com a tampa da garrafa.

Fixe na base de forma com que a lâmpada fique inclinada com a horizontal, o ângulo deve-se levar em consideração a latitude local.

É necessário ajustar o papel segundo a época do ano e a latitude em que se encontram. Ademais de empregar como um instrumento meteorológico este aparato serve para entender o movimento do Sol com respeito a terra.

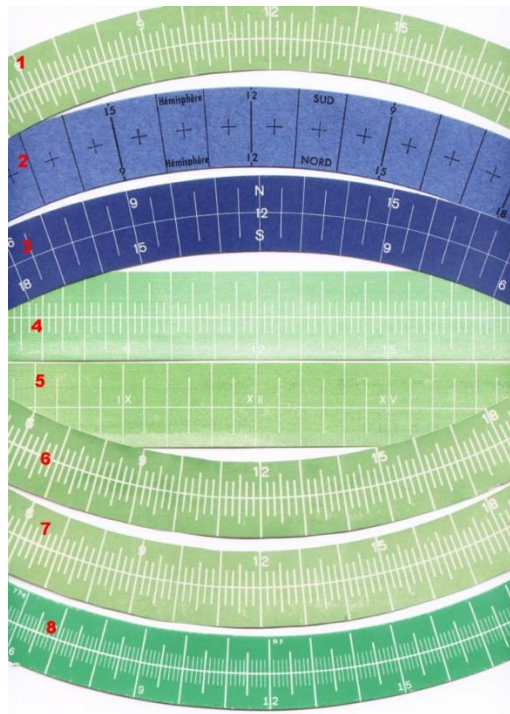


Figura 20: Diferentes modelos de fitas de heliógrafo. Os números 1, 2 e 3 correspondem ao modelo curva comprida; 4 e 5 ao modelo reto e 6, 7 e 8 ao modelo curva curta. Fonte: Falck e Foster, 2006.

#### 4. Resultados e discussão

A fita irá queimar quando a energia for acima de 20 W/m<sup>2</sup>, marcando assim a quantidade de luz efetiva que chegou no local da aferição.

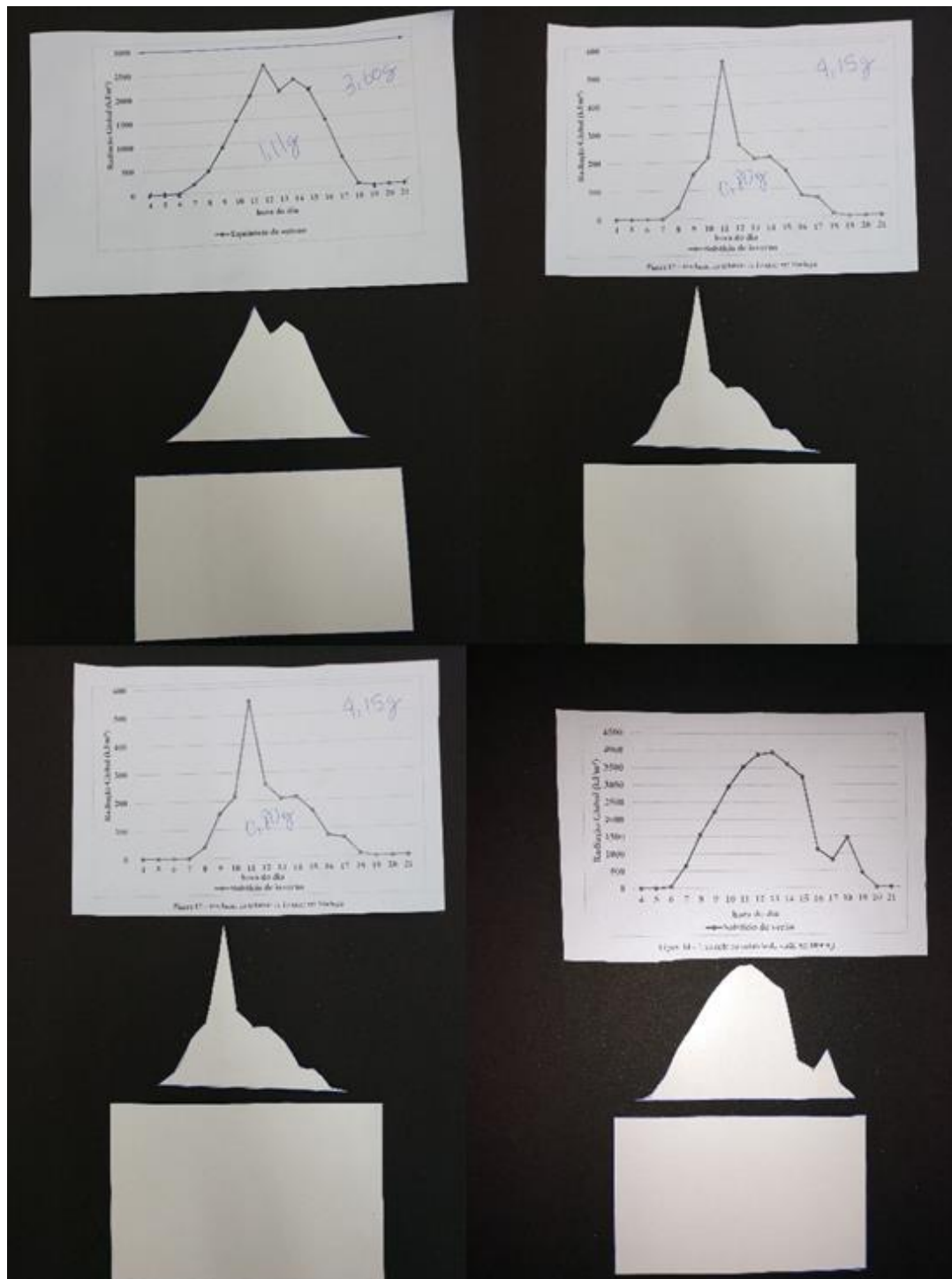


Figura 21 – Fotos da montagem experimental para o cálculo de radiação com a adaptação do “*método de Arquimedes*”.

O estudo do fotoperíodo, da radiação global e a produção dos gráficos, quadros e tabelas propicia uma ótima oportunidade para discutir a variação na chegada de energia solar em diferentes ecossistemas conforme o mês e a estação do ano considerados e suas influências sobre a matéria viva desde seres unicelulares até seres complexos como o ser humano, podendo melhorar o processo de ensino-aprendizagem através da experimentação e relação dos dados estudados com o cotidiano.

No caso dos vegetais a duração do fotoperíodo na ocasião de sua floração é inclusive um fator utilizado para classifica-los em vegetais de fotoperíodo curto florescem no inverno; fotoperíodo longo que florescem no verão e de fotoperíodo intermediário que florescem no outono ou na primavera. Há também vegetais que florescem em qualquer época do ano sendo por isto classificadas como indiferentes (CASSINI, 2005). O estudo do fotoperiodismo em vegetais foi e continua sendo objeto de muitos estudos voltados à produção de plantas alimentícias, medicinais e de flores (FRANCO, 1940; MONACO et al, 1978; CARDINALI, GOLOMBER, REY, 1992; MOREIRA, VIEIRA, ZAIDAN, 1999; AMAR, 2005; CATALÀ, 2011; GOMES, LOGES, GUISELINI, 2017; SITOIE, FRAXE, NOGUEIRA, 2018).

Silva et al (1995) em seu livro “Noções Sobre o Organismo Humano e Utilização de Plantas Medicinais” destaca que as variações sazonais influenciam a biossíntese dos princípios ativos e até mesmo sua localização nos diferentes órgãos do vegetal. Segundo os autores as folhas e sumidades florais das mentas são especialmente ricas em óleos essenciais no verão, superando em até 3 vezes a concentração das plantas colhidas no inverno. Alertam que na realização de coletas de plantas medicinais para consumo próprio ou para comercialização alguns cuidados devem ser tomados. As folhas devem ser coletadas quando a fotossíntese é mais intensa. As cascas devem ser coletadas na primavera. As raízes, rizomas e tubérculos são geralmente no outono e, em alguns casos, na primavera.

Em nossa região um exemplo clássico de planta de fotoperíodo curto são os ipês roxos e mangueiras que florescem geralmente em junho e julho, ocasião em que se verifica os menores fotoperíodos.

No caso dos seres humanos a redução do fotoperíodo que atinge seu máximo no inverno, pode inclusive gerar as chamadas síndromes afetivas sazonais, como o efeito inverno triste, ou até mesmo a depressão sazonal.

A depressão endógena ou síndrome afetiva sazonal, um tipo de depressão que não é causada por problemas nas relações interpessoais e sim por alterações no funcionamento

cerebral desencadeadas pela redução da luminosidade ambiental. Seus sintomas e possíveis formas de tratamento são temas frequentes de pesquisas (ZERSSEN, 1988; WEHR, 1988; LEWY, WHER, GOODWIN, 1990; MORENO, FISCHER, MENNA-BARRETO, 1997).

A depressão sazonal foi reconhecida pela associação psiquiátrica americana como uma forma particular de depressão 1987. Nesta ocasião, foi incluída como um diagnóstico separado no manual diagnóstico e estatístico, que é usado pelos especialistas em Saúde Mental para diagnosticar adequadamente os distúrbios psiquiátricos.

Está depressão sazonal ocorre em pessoas de todas as idades, inclusive em crianças. Em mulheres a incidência é quatro vezes maior do que em homens, havendo fortes indícios de predisposição genética. Portanto, pessoas com um ou mais familiares acometidos por esta cronopatologia têm maior probabilidade de também serem afetadas. Embora os mecanismos das desordens afetivas sazonais ainda não estejam completamente esclarecidos, os pesquisadores concordam que a redução ou a falta de exposição à luz forte atua como desencadeante. A menor intensidade luminosa e o encurtamento dos dias verificado no outono e inverno intensificam a ocorrência desta síndrome nestas estações, sendo, por este motivo, denominada "síndrome afetiva sazonal" (SAD). Entretanto sua ocorrência não é restrita ao inverno. Pode ocorrer também em outras épocas do ano em pessoas que passam os dias em ambientes fechados, com poucas janelas e mal iluminados. Pessoas com limitações físicas que permanecem por períodos prolongados fechadas em casa sem dar um bom passeio por ambientes ensolarados também podem desenvolver os sintomas. O "incômodo" sentido por algumas pessoas, após vários dias chuvosos ou nublados, também está relacionado com o mesmo tipo de alteração (ROSENTHAL et al., 1984).

A ocorrência da depressão sazonal está intimamente associada a alterações de produção, do hormônio melatonina pela glândula pineal. Este hormônio é secretado na fase de escuro do dia, ou seja, durante a noite. Entre as suas diversas funções está a atuação como regulador do sono e como um sinalizador humoral que permite ao organismo avaliar o comprimento do dia e da noite e ajustar seu funcionamento às variações do ambiente (MIRANDA-NETO, MELLO, 2008).

A luz que é captada pelos olhos, além de servir para a visão, serve, também, para informar a uma área do cérebro denominada "núcleo supraquiasmático" do hipotálamo sobre a luminosidade ambiental. Este, por sua vez, comunica-se com outras estruturas neurais

fazendo a informação chegar até a glândula pineal, responsável pela produção de melatonina (MELLO et al, 2008).

Quando a pineal é informada sobre a redução da luminosidade ambiental ela aumenta a produção de melatonina: quanto mais longas forem as noites, maior será o período de produção deste hormônio. À medida que caminhamos do verão para o outono, seguindo para o inverno, os dias vão se tornando cada vez mais curtos e as noites mais longas, com a consequente redução do período de luminosidade. No outono e, especialmente, no inverno podem surgir as manifestações da desordem afetiva sazonal.

É interessante notar que a população pode responder de maneiras distintas ao encurtamento do fotoperíodo. Para alguns, a chegada do inverno não causa qualquer alteração do humor, podendo, às vezes, representar um melhor período para dormir, tornando-as mais bem-dispostas para as atividades físicas e mentais. Outra parcela da população apresenta certa sensação de desconforto e uma angústia que não chega a afetar significativamente suas atividades. Em outra parcela, a mais sensível, as alterações do fotoperíodo desencadeiam a depressão sazonal.

Pessoas com depressão sazonal podem apresentar desde sintomas leves, fáceis de conviver no dia a dia a fortes mudanças no humor e comportamento com problemas significativos em suas vidas podendo inclusive, chegar ao suicídio.

Conhecer as variações do fotoperíodo, suas causas e suas implicações em muito contribui para o alcance da competência específica 1 das ciências naturais:

*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. (BRASIL/MEC, 2017).*

## Capítulo 5

### Considerações finais

*Nous sommes comme des nains juchés sur des épaules de géants (les Anciens), de telle sorte que nous puissions voir plus de choses et de plus éloignées que n'en voyaient ces derniers. Et cela, non point parce que notre vue serait puissante ou notre taille avantageuse, mais parce que nous sommes portés et exhaussés par la haute stature des géants.*

Bernard de Chartres

A compreensão do planeta terra no contexto do sistema solar e do universo constitui-se em grande desafio para o binômio ensino-aprendizagem. Tal desafio torna-se ainda maior quando se tenta explicitar as relações sol – terra e o fluxo de matéria e energia em diferentes ecossistemas.

Trabalhar com os temas fotoperíodo e radiação global na região em que vivem os aprendizes constitui-se em uma maneira de mobilizar a atenção do mesmo para o aprendizado sobre a energia solar e as amplas possibilidades de sua utilização em processos biológicos dos seres vivos, bem como suas interrelações com o fazer científico, com as novas tecnologias, com o trabalho e com a saúde humana.

A abordagem interdisciplinar deste conteúdo vem sendo tentada no Paraná há várias décadas conforme se pode verificar na proposta para o Ensino de Ciências do Currículo Básico para as Escolas Públicas do Paraná (1990), nas Diretrizes Curriculares da Educação Básica – Física (2008) e mais recentemente no BNCC.

Pode-se analisar a união dos pontos em comum das Diretrizes Curriculares da Educação Básica para o Ensino de Física (2008) a qual também salienta que “Ao voltar-se para os estudos teóricos e epistemológicos da Física o professor vai além dos manuais didáticos e estabelece relações entre essa ciência e outros campos do conhecimento, de modo que os estudantes também percebam essas relações”.

Neste estudo verificamos que no solstício de verão (dezembro) em Maringá tem o maior fotoperíodo do ano e permanece por alguns dias o valor quase igual e então começa a diminuir, no equinócio de outono (março) o fotoperíodo continua descendente, tendo o mínimo valor no solstício de inverno (junho), também permanecendo por alguns dias a mesma duração de fotoperíodo e no equinócio de primavera (setembro) a duração do dia torna a crescente, como o esperado para a latitude da Estação Climatológica Principal de Maringá, local onde os dados foram coletados.

Constatamos por meio de pesquisa bibliográfica que Maringá situa-se na latitude  $23^{\circ} 24' S$  e longitude  $51^{\circ} 56' W$ , que o fotoperíodo sofre uma variação de 2,886 horas do solstício de verão (dia mais longo) para o solstício de inverno (dia mais curto do ano), assim como a energia global sofre variação de  $27.843 \text{ kJ/m}^2$  do solstício de verão para o solstício de inverno para o ano referido.



A luz emitida pelo sol e que chega até superfície do planeta deve ser entendida do ponto de vista da física enquanto radiação eletromagnética e enquanto forma de energia que será transformada e utilizada por diferentes seres vivos dentro da cadeia alimentar.

O fotoperíodo, a partir dos dados coletados pelos alunos ou mesmo nos *sites*, permite uma possível melhora no processo ensino-aprendizagem, visando ela ser mais significativa aos alunos e professores, assim como traz a BNCC, analisar e representar as conservações e transformações de sistemas os quais envolvam a energia, a quantidade de matéria, e o movimento, podendo assim, preverem situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.

A radiação global, pode ser utilizada como conhecimento desde a sua origem, para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica.

A busca de dados, sua utilização na realização de experimentos, dos cálculos do dados, a confecção de tabelas, quadros e gráficos e suas interpretações, nesse caso a integral, bem como a busca de fundamentos na literatura para compreender os conteúdos de física, astronomia, matemática, estatística, saúde e biologia dão ao aprendiz a oportunidade de ser o sujeito de seu próprio ensino-aprendizagem, e remetem o professor a condição de orientador que instiga as investigações e pesquisas do aprendiz, ajudando ele a encontrar o caminho e conquista novos olhares para o conhecimento juntamente com os alunos.

## Referências

- [1] AMAR, P., *El fotoperiodismo*, Buenos Aires, La Marca. 2005.
- [2] ARAÚJO, R.M.; NUNES, A.B. *Estudo de caso: uma avaliação da influência de nuvens sobre a transmitância e espessura ótica para Canguçu – RS*. 2014, In: Encontro de Pós-graduação, 14., Pelotas., 2014. Anais, XX Encontro de Pós-graduação. Pelotas, 2014.
- [3] ARCHIMEDES. *The Method of Archimedes*. In T. L. Heath, editor, *The Works of Archimedes*, Dover, New York, 2002. 51p. Traduzido por T. L. Heath.
- [4] ASSIS, A.K.T.; MAGNAGHI, C.P., *O método ilustrado de Arquimedes: utilizando a lei da alavanca para calcular áreas, volumes e centros de gravidade*, Apeiron Montreal, Quebec, 2014. 51p.
- [5] BOHR, N., *Discurso na reunião de abertura do Congresso Internacional sobre terapia através da luz*. 1933, Copenhague, agosto de 1932. *Nature*, 131, 421.
- [6] BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*, 2017, Brasília, DF: Ministério da Educação Conselho Nacional de Educação, Portaria nº 1.570, publicada no D.O.U. de 21/12/2017, Seção 1, 2017. 146p.
- [7] BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*, Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 2000.109p.
- [8] BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais*, 1996, Brasília, Secretaria de Educação Fundamental. MEC/SEF, 1997. 126p.
- [9] CARDINALI, P.D.; GOLOMBER, D.A.; REY, R.A.B. *Relojes y Calendários Biológicos: la sincronia del hombre com el medio ambiente*. Fondo de Cultura Economica da Argentina, 1992. p. 59-78.
- [10] CARVALHO, L.J.C.B.; GOTTFRIED, U.F.; LUCHIARI A.J.; GOMIDE, R.L.; SOUZA, M.C., *Equação e programa de microcomputador para cálculo do fotoperíodo diário*; Planaltina-DF, 1984, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1984. 17 P. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 14).
- [11] CARVALHO, T. F.; D’OTTAVIANO, I. M. L., *Sobre Leibniz, Newton e infinitésimos, das origens do cálculo infinitesimal aos fundamentos do cálculo diferencial paraconsistente*. Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática., São Paulo, v. 8, n. 1, 2006. p. 13-43.

- [12] CASSINI, S.T., *Ecologia: Conceitos Fundamentais*, Apostila da Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA UFES, Vitória, 2005. 69p.
- [13] CATALÀ, J.M., *Los estragos de lo real en el fotoperiodismo: por una superación ética de la óptica*, In: CASERO A.; MARZAL, J. (Orgs.) *Periodismo en televisión. Nuevos horizontes, nuevas tendencias*, Sevilla, Comunicación Social. 2011.
- [14] CIPOLLA-NETO, J.; CAMPA, A., *Ritmos biológicos*. In: AIRES, M.M. *Fisiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. p.17-19.
- [15] CIPOLLA-NETO, J.; MARQUES, N.; MENNA-BARRETO, L.S. *Introdução ao estudo de Cronobiologia*. São Paulo, Ícone, 1988. p.15-28.
- [16] DEL VECCHIO L.H.G.; MIRANDA-NETO, M.H., *Fundamentos de Cronobiologia para compreensão dos três eixos que norteiam o programa de Ciências do currículo básico para as escolas públicas do Paraná*, 1997, Maringá, Arq. Apadec. 1(1):17-27, 1997.
- [17] EVERITT, B. S., *Cambridge Dictionary of Statistics*, Cambridge University Press, 1998. P.368.
- [18] FRANCO, C. M. *Potoperiodismo em cafeeiro (C. Arabica L.)*, Rev. Inst. Café, São Paulo 27:1586-1592, 1940.
- [19] FUSINATO, P. A., *Formação de professores de Física e a prática docente* In: DANHONI NEVES, M. C., et al. (Orgs.) *Reflexões sobre o ensino de física no ensino médio: um universo sem fronteiras*. Maringá: Editora Massoni/LCV Edições, 2009.
- [20] GASPARIN, J. L., *Uma Didática para a Pedagogia Histórico-Crítica*. 3.ed., Campinas, SP: Autores Associados, 2005.
- [21] KIRKBY, J., *Arithmetical Institutions: Containing a Complete System of Arithmetic Natural, Logarithmical, and Algebraical in All Their Branches; 1735, Part V, Chap V, Of the Arithmetick of Infinites*, p.92
- [22] LEWY, A.; WHER, T.A; GOODWIN, F.K *Light suppress melatonin secretion in humans*. Science, 210:1267-1269, 1990.
- [23] MARQUES, N.; MENNA-BARRETO, L.S. (Orgs.) *Cronobiologia: princípios e aplicações*. São Paulo: EDUSP, 1997. P. 24-26.
- [24] MATEUS, E. A., HIBLER, I, e DANIEL, L. W., *Projeto de Ensino de Física: ELETRICIDADE E MAGNETISMO*, Apostila de Física Geral Experimental III, DFI-UEM 2010 p. 18-20.
- [25] MELLO, S.T.; MIRANDA-NETO, M.H.; SOUZA, F.C.; BRUNO-NETO, R. *Anatomia Humana Aprendizagem dinâmica*; Clichetec, Maringá, 2008. p.75-77.

- [26] MILONE, A.C., *A Astronomia no dia-a-dia*, In: MILONE, A.C., WUENSCHÉ, C.A., RODRIGUES, C.V., JABLONSKI, F.J., CAPELATO, H.V., VILAS-BOAS, J.W., CECATTO, J.R., VILLELA-NETO, T., *Introdução à Astronomia e Astrofísica*, INPE, São José dos Campos, 2003.
- [27] MIRANDA-NETO, M.H., MACHADO, A.S., SANT'ANA, D.M.G., *Sol fonte de energia*, NOTAS, Arq. Adapec 2(2):jul.dez., 1998. p 114-117.
- [28] MIRANDA-NETO, M.H.; MELO, S.R. *Sistema Nervoso Central*. In: MIRANDA-NETO, M.H., (Orgs.) *Anatomia Humana Aprendizagem dinâmica*, Clichetec, Maringá, 2008. p.24-27.
- [29] MIRANDA-NETO, M.H.; PETRONZELLI, C., *Metodologia do ensino de ciências* In: SEED/PR, *Fundamentos teóricos – metodológicos das disciplinas da proposta pedagógica curricular, do curso de formação de docentes – normal, em nível médio.*, Curitiba, 2006. p.151-186.
- [30] MONACO, L. C., MEDINA-FILHO, H. P., SÖNDAHL, M. R. e ALVES DE LIMA, M. M., *Efeito de dias longos no crescimento e florescimento de cultivares de café*, *Bragantia* 1978.
- [31] MOREIRA, M.F., VIEIRA, C.C.J., ZAIDAN, L.B.P., *Efeito do fotoperíodo no crescimento e no padrão de acúmulo de frutanos em plantas aclimatizadas de Gomphrena macrocephala St.-Hil. (Amaranthaceae)*, *Revista Brasileira de Botânica.*, São Paulo, V.22, n.3, dez. 1999, p.397-403.
- [32] MORENO, C.; FISCHER, E.M.; MENNA-BARRETO, L., *Aplicações da Cronobiologia*. In: MARQUES, N.; MENNA-BARRETO (Orgs.) *Cronobiologia: princípios e aplicações*. São Paulo: EDUSp, 1997. p.240-254.
- [33] MOZENA, E.R.; OSTERMANN, F., *Sobre a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Ensino de Física*. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 2, p. 327-332, ago. 2016.
- [34] OLIVEIRA, A. S., *Fundamentos de Meteorologia e Climatologia*, Capítulo II – Relações Astronômicas Terra-Sol, Cruz das Almas: NEAS/UFRB. 2006.
- [35] OLIVEIRA-FILHO, K.S., SARAIVA, M.F.O., *Astronomia e Astrofísica*; São Paulo: Editora Livraria da Física 780, 2004. 183, 2004.
- [36] PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação (SEED), *Currículo básico para a escola pública do Estado do Paraná*, Curitiba, Imprensa Oficial do Estado do Paraná, 1990. 216p.

- [37] PEREIRA, R. F, *Oficina de instrumentos astronômicos*, In: DANHONI NEVES, M. C., et al. (Orgs.) Reflexões sobre o ensino de física no ensino médio: um universo sem fronteiras. Maringá: Editora Massoni/LCV Edições, 2009. p.35-62.
- [38] PICCININI, C.L.; NEVES, R.M.C.; ANDRADE, M.C.P., *Consensos de especialistas em educação em ciências sobre educação científica escolar no âmbito da reforma curricular da educação básica brasileira do século XXI*. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017, 2017.
- [39] SITOIE, C. L., FRAXE, T.J.P., NOGUEIRA, A.R.B., Macapá (Brasil) e Aqui (Moçambique) sob sombras de equinócios e solstícios, 2018.
- [40] ROSENTHAL, N.E.; SACK, D.A.; GILLI, J.C.; LEWY, A.J.; GOODWIN, F.K.; DAVENPORT, Y; MUELLER, P.S.; NEWSOME, D.A.; WHER, T.A. *Seasonal affective disorder: a description of syndrome and preliminary findings with light therapy*. Arch. Gen. Psychiatry, 41:72-80, 1984.
- [41] SILVA, I., FRANCO, S. L., MOLINARI, S. L., CONEJERO, C. I., MIRANDA-NET, M. H., CARDOSO, M. L.C., SANT'ANA, D. M. G., IWANKO, N. S., *Noções Sobre o Organismo Humano e Utilização de Plantas Medicinai*s, Cascavel: Assoeste, 1995.p.203.
- [42] SILVA, M. D. F., *Um método de Arquimedes para calcular área sob regiões curvas: uma introdução ao cálculo integral*. In: X Encontro Nacional de Educação Matemática - ENEM, 2010, Salvador - BA. Anais do X Encontro Nacional de Educação Matemática - ENEM. Salvador - BA, 2010. p. 1.
- [43] STEWART, J., *Cálculo*, volume I, São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- [44] VAREJÃO-SILVA, M. A. *Meteorologia e Climatologia*. Brasília: INMET, Gráfica e Editora Pax, 2001. 532 p.
- [45] WEHR, TA *Cronobiology of affective illness*. In: HEKKENS, WTH],M.; KERKHOF, G. A; RIETVELD, W,(Orgs.) *Trellds in cronobiology*. Oxford: Pergamon Press, 1988. p.367-379.
- [46] ZERSEN, D. *Circadian phenomenon in depression: theoretical concept and empirical findings*. In: HEKKENS, WTHJ.M.; KERKHOF, G. A; RIETVELD, wJ.(Orgs.) *Trends in cronobiology*. Oxford: Pergamon Press, 1988. p.357-366.
- [47] RELA, A., SZTRAJMAN, J., *100 experimentos de Ciencias Naturales: propuesta para el primaria y secundaria*, 1ª ed. 2ª reimpr., Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 2011. 128p.

## Referências Eletrônicas

- [1] ASSIS, A.K.T.; MAGNAGHI, C.P., *O método ilustrado de Arquimedes*. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/v1/home/index.php/pt/acontece/678-sbf-participa-de-reuniao-sobre-a-bncc>> Acesso em: 28/07/2018.
- [2] BRASIL, *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. (1989).
- [3] BRASIL/MEC, *BNCC - Ensino Médio*. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/bncc-ensino-medio>> Acesso em: 28/07/2018.
- [4] CAMILLO, A. P. N., LINO, F., PEREIRA, W. G., *Construção dos Pontos Cardeais Utilizando um Gnômon*. 2009. Disponível em: <[http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=aas&cod=\\_indefinidognomon](http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=aas&cod=_indefinidognomon)> Acesso em: 02/06/2018. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)> Acesso em: 06/07/2018.
- [5] *Download do LibreOffice* - suíte de aplicativos livre para escritório. Disponível em: <[https://www.libreoffice.org/donate/dl/win-x86\\_64/6.0.6/pt/LibreOffice\\_6.0.6\\_Win\\_x64.msi](https://www.libreoffice.org/donate/dl/win-x86_64/6.0.6/pt/LibreOffice_6.0.6_Win_x64.msi)> Acesso em: 02/06/2018.
- [6] FALCK, A., FOSTER, P., *Tiras de heliógrafo*, 2006. Disponível em: <<http://meteoropole.com.br/2012/03/bola-de-cristal/>> Acesso em: 08/08/2018.
- [7] GALVANI, *Relações Astronômicas Terra – Sol*, Climatologia I, São Paulo, USP, 2014. Disponível em: <[http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio\\_Emerson/flg0253/2014/aula3/Radiacao\\_solar\\_estacoes\\_do\\_ano.pdf](http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Emerson/flg0253/2014/aula3/Radiacao_solar_estacoes_do_ano.pdf)>
- [8] GOMES, R. J.; LOGES, V. E.; GUISELINI, C., *Influência do fotoperíodo no florescimento de Heliconia sp.*, Disponível em: <[http://www.sbmet.org.br/cbmet2010/artigos/172\\_22363.pdf](http://www.sbmet.org.br/cbmet2010/artigos/172_22363.pdf)> Acesso em: 07/07/2018.
- [9] INMET, *BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 07/07/2018.
- [10] KLEINKE, M.; PIETROCOLA, M; *SBF participa de reunião sobre a BNCC*. (2018). Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/v1/home/index.php/pt/acontece/678-sbf-participa-de-reuniao-sobre-a-bncc>> Acesso em: 28/07/2018.

- [11] LEITE, R. A., *Construção de um Gnômon*, (2018). Disponível em: <<http://www.mudi.uem.br/index.php/textos-de-apoio?limitstart=0>>, Acesso em: 07/08/2018.
- [12] LEITE, R. A., *Construção de um Heliógrafo com lâmpada incandescente reciclada*, (2018). Disponível em: <<http://www.mudi.uem.br/index.php/textos-de-apoio?limitstart=0>>, Acesso em: 07/08/2018.
- [13] MATEUS, E. A., HIBLER, I, e DANIEL, L. W., *Projeto de Ensino de Física: ELETRICIDADE E MAGNETISMO*, Apostila de Física Geral Experimental III, DFI-UEM 2010 p. 18 e 20 Disponível em: <[http://site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2016/10/ap\\_fis\\_geralexpIII.pdf](http://site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2016/10/ap_fis_geralexpIII.pdf)> Acesso em: 28/07/2018.
- [14] MLA STYLE: THE NOBEL PRIZE IN PHYSICS 1921. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2018. Disponível em: <<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1921/summary/>> Acesso em: 28/07/2018.
- [15] MÜLLER, A.M., OLIVEIRA-FILHO, K.S., SARAIVA, M.F.O., *Movimento anual do Sol e Estações do Ano*. (2016) Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/tex/fis02001/aulas/Aula3-122.pdf>> Acesso em: 02/07/2018.
- [16] OLIVEIRA-FILHO, K.S., *Estações do Ano em Porto Alegre*. (2012-2) Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/sol/estacoes.htm>> Acesso em: 02/07/2018.
- [17] OLIVEIRA-FILHO, K.S., SARAIVA, M.F.O., *Astronomia Antiga*. (2016-1) Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/antiga/antiga.htm>> Acesso em: 02/07/2018.
- [18] OLIVEIRA-FILHO, K.S., SARAIVA, M.F.O., *Constelações*. (2016-2) Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/const.htm>> Acesso em: 02/07/2018.
- [19] OLIVEIRA-FILHO, K.S., SARAIVA, M.F.O., *Precensão do Eixo da Terra*. (2016) Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node8.htm>> Acesso em: 02/07/2018.
- [20] SILVEIRA, F. L., *Estações em diferentes latitudes*, In: OLIVEIRA FILHO, K.S., *O Movimento anual do Sol e as estações do ano*. (2000). Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/tempo/mas.htm>> Acesso em: 02/07/2018.
- [21] Tabela para cálculo da equação de fotoperíodo no *LibreOffice Calc*. Disponível em: <<http://www.mudi.uem.br/index.php/textos-de-apoio?limitstart=0>>, Acesso em: 07/08/2018.