

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

**HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE BIOLOGIA:
A CRONOBIOLOGIA E O ESTUDO DO "SONO DAS PLANTAS"**

**SCIENCE HISTORY IN BIOLOGY TEACHING:
CHRONOBIOLOGY AND THE STUDY OF "SLEEP OF PLANTS"**

Maria de Fátima Neves Sandrin¹
Eduardo Adolfo Terrazzan²

RESUMO: O presente trabalho é parte de um estudo mais amplo, que visa sugerir formas de atualização curricular que incluam o desenvolvimento de temas contemporâneos em programações curriculares de Biologia Escolar. O estudo é composto de etapas sucessivas e defende a utilização de elementos de História e Filosofia da Ciência no ensino das Ciências Naturais na Educação Básica, visando, mediante uma compreensão adequada dos fatores condicionantes do desenvolvimento da produção científica, à aprendizagem efetiva de tais temas. Selecionou-se a variável "tempo" na Biologia e os ritmos biológicos, como objetos de estudo da Cronobiologia (CB), por serem temas pouco presentes nos livros didáticos de Biologia para o Ensino Médio (EM). Esta pesquisa historiográfica e documental, utilizou-se de fontes primárias e secundárias, abrangendo nessa etapa, o século XVIII e elencando aspectos relativos às questões de pesquisa, hipóteses, procedimentos experimentais, conclusões, divulgação científica e consequências dos estudos em CB. Foram identificados e sistematizados os principais episódios da fase experimental inicial da CB, obtidos em documentos originais, com a finalidade de exemplificar, em fase posterior do estudo e como parte integrante de atividades didáticas voltadas ao EM, os principais fatores intervenientes no desenvolvimento de uma área de pesquisa biológica.

Palavras-chave: Ritmos biológicos, Episódios históricos, Ensino de Biologia contemporânea, Currículo de Biologia Escolar, Didática de Biologia.

ABSTRACT: This work is part of a study in the area of Biology teaching, which aims to suggest, as argued, ways of curriculum updating to include the development of contemporary themes in School Biology curriculum. The study consists of successive steps and defends the use of elements of History and Science Philosophy in Natural Sciences teaching in Basic Education, aimed through an adequate understanding of the factors responsible for development of scientific production, effective learning of such issues. The variables "time" in Biology and the "biological rhythms" were selected as objects of study of Chronobiology (CB) as they are rarely present in biology textbooks for High School (HS). This historical research and documentary was used for primary and secondary sources, including at this stage, the eighteenth century, detailing aspects related to the research questions, hypotheses, experimental procedures, conclusions, and consequences of publishing scientific studies on CB. Were identified and systematized the main episodes of the initial experimental phase of CB, obtained in the original documents, in order to illustrate at a later stage of the study and as part of educational activities aimed at MS, the main factors involved in the development of an area biological research.

Key words: Biological rhythms, Historical episodes, Teaching of contemporary Biology, School Biology Curriculum, Teaching of Biology.

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista, Unesp, Bauru, SP. (fatimasandrin@hotmail.com; fatimasandrin@fc.unesp.br).

² Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista, Unesp, Bauru, SP.; Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, RS. (eduterrabr@yahoo.com.br; eduterra@pq.cnpq.br).

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Textos clássicos na área da Didática das Ciências enfatizam a importância do domínio do conteúdo, como um dos saberes fundamentais para a formação de professores (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1995; KRASILCHIK, 1987). O conhecimento didático do conteúdo é considerado fundamental, visto que assume um papel “estruturador do pensamento pedagógico do professor” (MARCELO GARCIA, 1995, p.28). Ressalta-se que os saberes associados aos conteúdos estão constantemente mudando e a necessidade de atualização constitui um desafio permanente para o trabalho docente, especialmente, na abordagem dos temas da produção contemporânea na área biológica, devido, entre outros motivos, à complexidade e às relações multidisciplinares. Essa condição pode ser explicada, em parte, pela visão sociológica de transposição didática, a qual assume em seus pressupostos que os conteúdos chegam aos alunos descontextualizados e despersonalizados (CHEVALLARD, 1991). Segundo Verret (1975), privilegiam-se os sucessos, a continuidade e a síntese, ocultando-se erros, dificuldades e dúvidas de pesquisa. Desta forma, a preocupação com o ensino de temas contemporâneos se justifica ao postular que não basta ensinar ciência, mas também ensinar *sobre* a ciência (CARVALHO, 2004), de forma crítica e propositiva, evitando-se entendimentos ingênuos, acríticos e descontextualizados da produção científica.

Admitindo a importância da contextualização das situações didáticas ao favorecer a compreensão dos processos de produção científica, encontra-se, entre várias alternativas, a opção pelo trabalho com episódios históricos. Segundo Martins (1998, p.18), “o estudo de episódios históricos pode sugerir que o processo de construção do conhecimento é lento e gradual e que os conceitos desenvolvem-se por meio de etapas decorridas de longos períodos, até chegarem àqueles aceitos atualmente”. A literatura da área de História e Filosofia da Ciência (HFC) propõe que, entre as vantagens que pode conferir ao ensino de ciências, está a de proporcionar uma aprendizagem mais significativa, fundamentando o entendimento de questões relativas à natureza da Ciência (MATTHEWS, 1995; BASTOS, 1998).

Tais assunções remetem a refletir em como a dimensão histórica dos conceitos e temas científicos tem sido contemplada no Ensino Médio. A presença dessa dimensão nos livros didáticos, como recursos para o trabalho docente, pode constituir um dos indicadores da situação. Uma observação exploratória de títulos de livros didáticos disponíveis no mercado editorial (SANDRIN, 2011a, dados não publicados), permite constatar a frequência regular de uma abordagem histórica dos temas biológicos apresentada por meio de fragmentos de textos de outros autores, geralmente em formato de caixas de texto, narrativa linear, com ausência ou presença fraca de articulação com o corpo do capítulo no qual se insere e, principalmente, sem questionamentos sobre fatores associados a essa produção.

Conceituando o trabalho didático como a ação de elaborar e implementar as atividades didáticas em sala de aula, este estudo pretende que, no ensino de Biologia, se contemplem as polêmicas e a discussão da história das ideias, as hipóteses e as teorias abandonadas, as dificuldades superadas até a ocorrência do aceite de novos conceitos, a contribuição de um conjunto de personagens, homens e mulheres, em seus contextos e o avanço das tecnologias que possibilitam novas evidências a respeito dos objetos de estudo. Nesse sentido, elaborou-se uma

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

proposta de trabalho didático que inclui a dimensão histórica, visando contribuir para a atualização do currículo de Biologia no Ensino Médio (EM) (SANDRIN, 2011). Como a ideia é abordar a história de um tema contemporâneo, optou-se pelo estudo de um conceito fundamental para a compreensão da organização da vida - os "ritmos biológicos", objetos de estudo da Cronobiologia (CB), área de domínio científico que estuda a dimensão temporal dos seres vivos (ARAÚJO; MARQUES, 2002). Do ponto de vista da produção científica, a CB contribui para uma Biologia dinâmica, ao entender também o "tempo", e não somente o "espaço" como características da matéria viva (MENNA-BARRETO; MARQUES, 2002). A área foi sistematizada em 1960 (MENNA-BARRETO, 1999) e, por sua trajetória ao longo de mais de dois séculos, constitui um caso de lenta construção do conhecimento até sua formalização. Fortemente apoiada na experimentação, na Matemática e na Física, o estudo dos ritmos biológicos iniciou-se com as plantas e, em seu desenvolvimento ocorreu um longo e grande debate sobre a existência e a origem da periodicidade biológica - um fenômeno estudado pioneiramente com a Botânica e, só mais tarde, com outros seres vivos, incluindo o homem. Representando esse início histórico, a época pré-científica da área, destaca-se um fenômeno emblemático denominado "sono das plantas" (*sleep of plants*), estudado por Charles Darwin (1809- 1882) e descrito antes pelo botânico Carl von Linné (1707-1778) como movimentos de abrir e fechar das folhas ou folíolos, durante o dia e noite, respectivamente, em determinadas espécies. A sensitiva (*Mimosa pudica*) e o tamarindo (*Tamarindus indica L.*) constituem espécies, que apresentam esse fechamento das folhas, fenômeno denominado no século XVIII como "sono das plantas" e compreendido mais tarde com a aceitação de sua gênese endógena.

O presente trabalho, como parte de um estudo na área de Ensino de Biologia, visa sugerir, de forma argumentada, formas de atualização curricular que incluam, de modo orgânico, o desenvolvimento de temas contemporâneos em programações curriculares de Biologia Escolar. Seu objetivo específico é caracterizar os episódios históricos mais marcantes no desenvolvimento do estudo do fenômeno da periodicidade biológica, abordando o tema "sono das plantas" durante o século XVIII. Pretende-se utilizar o material coletado para fundamentar, em próxima etapa de pesquisa, o desenvolvimento de um trabalho didático, que inclua elementos da História da CB no currículo de Biologia no Ensino Médio.

2 DESENVOLVIMENTO

O estudo em questão é composto de várias etapas sucessivas e tem como pressuposto básico a defesa da utilização de elementos de HFC no Ensino das Ciências Naturais na Educação Básica, visando, mediante uma compreensão adequada dos fatores condicionantes do desenvolvimento da produção científica, à aprendizagem efetiva de tais temas contemporâneos. Para este trabalho, foram selecionadas a variável "tempo" na Biologia, como uma das dimensões da matéria viva estudada nos fenômenos, e a "periodicidade das funções biológicas", os ritmos biológicos, como objeto de estudo da Cronobiologia (CB), por serem temas ainda pouco presentes nos atuais livros didáticos de Biologia para o Ensino Médio.

O estudo historiográfico baseou-se em protocolo de pesquisa documental, conforme Lankshear e Knobel (2008). Foram inicialmente elaboradas as seguintes questões: a) no que consistiu o conceito de "sono das plantas"? b) quais são e como

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREPIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

foram realizadas as atividades de pesquisa correspondentes a cada episódio histórico? c) qual é a tipologia de trabalho prático relativa a cada episódio? d) quais são os componentes tecnológicos desses experimentos como atividades práticas? e) quais são os principais conceitos, experimentos e ou trabalhos de campo do tema "sono das plantas" e como foram constituídos ao longo dos tempos? f) como as principais dificuldades encontradas para a sua formulação foram enfrentadas? g) como os pesquisadores realizaram a divulgação de seus trabalhos? h) quais são as principais consequências desses trabalhos para a pesquisa científica?

A coleta de dados foi realizada em fontes primárias constituídas por textos originais do século XVIII, disponibilizados *online* por bibliotecas e instituições de cunho internacional. Também foram usadas fontes secundárias de valor reconhecido na área cronobiológica. Os critérios de orientação para a busca consideraram que os episódios históricos deveriam ser: a) constituídos por experimentos representativos da polêmica da periodicidade; b) destacar os aspectos relacionados à natureza da ciência passíveis de processo de transposição didática para a educação básica, possibilitando a compreensão de sua complexidade, dos fatores determinantes e seus efeitos sobre a pesquisa. Os critérios de seleção dos episódios históricos foram estabelecidos em virtude da importância do trabalho em relação à constituição da área, por romperem com modos de pensamento, abrirem nova perspectiva de pesquisa, introduzirem um novo conceito, uso das plantas como objetos de estudo e protocolo de pesquisa experimental inovador.

O potencial de elaboração didática de cada episódio histórico foi concebido à luz de uma abordagem didática preocupada com: os fatores condicionantes da formação docente (TERRAZZAN; GAMA, 2007), experimentação (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009; SELLES et al., 2009), HFC (BASTOS, 1998; CALDEIRA; CALUZI, 2005). Na análise dos dados, procurou-se a correspondência dos fatos estudados com aspectos representativos da produção científica na época. Os episódios históricos foram organizados em ordem cronológica, sendo descritos juntamente com a questão que lhes deu origem, a identificação das pessoas e instituições, fatores associados que favoreceram ou dificultaram sua ocorrência, e suas implicações históricas. A apresentação e análise dos resultados foi feita na ordem cronológica e a discussão procura avaliar os aspectos relevantes de cada episódio para a transposição didática em etapa futura de pesquisa.

3 RESULTADOS E PRIMEIRAS ANÁLISES

A seguir, são descritos os principais episódios históricos da CB no século XVIII e discriminados aspectos relevantes para o trabalho didático à luz do referencial citado de HFC.

3.1 DE MAIRAN E O PRIMEIRO EXPERIMENTO CRONOBIOLOGICO

O primeiro episódio histórico consiste no experimento pioneiro realizado pelo geofísico e astrônomo francês Jean Jacques D'Ortous de Mairan (1678-1771) em 1729 (Figura 1a). De Mairan observou que as folhas de uma planta heliotrópica, provavelmente uma sensitiva do gênero *Mimosa*, abriam-se durante o dia e

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
 IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
 International Council of Associations for Science Education (ICASE)

fechavam à noite. Supondo que os movimentos dependiam do sol, ele colocou a planta em um armário e verificou que, mesmo no escuro, as folhas continuavam abrindo no período correspondente ao da luz solar (DE MAIRAN, 1729, p.35-36) (Figura 1b). O trabalho foi relatado por seu amigo M. Marchand em *Histoire de L'Academie Royale des Sciences*, Paris, França (Figura 1c).

O estudo realizado por De Mairan constituiu, não somente o primeiro experimento cronobiológico verdadeiro da história da CB (ROTENBERG; MARQUES; MENNA-BARRETO, 1999), como também a "primeira observação formal da persistência de ritmos diários em condições de isolamento temporal, ou seja, na ausência de flutuações nos fatores do ambiente", antecipando o que hoje se denomina de ritmos de livre curso (*free running*) (idem, p. 25).

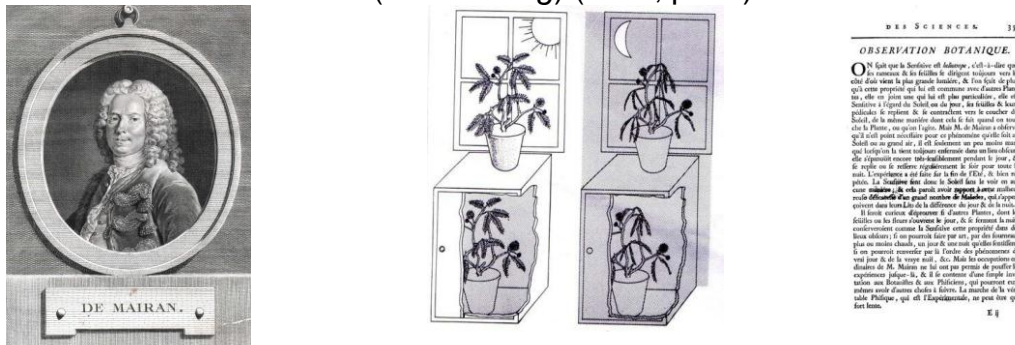


Figura 1a. Retrato de Jean J. D. de Mairan por Simon Charles Miger (1736-1828). Fonte Scientific Identity (2011). Disponível em: <<http://www.sil.si.edu/digitalcollections/hst/scientific-identity/fullsize/SIL14-M001-06a.jpg>>. Figura 1b. Ilustração do experimento de De Mairan. Fonte: Modificado de Moore Ede et al. (1982) apud Golombek (2002, p.20). Figura 1c. Cópia do texto original *Observation Botanique*. In: De Mairan, J.J.de. *Observation Botanique*, *Histoire de L'Academie Royale des Sciences*, p.35-36, 1729.

Este trabalho originou um dos primeiros conceitos cronobiológicos: a persistência do ritmo na ausência de estímulos externos. Quanto à origem do fenômeno, ao se verificar que a alternância cíclica não seguia a luz do sol, elaborava-se a primeira sugestão da endogenicidade desse ritmo, proporcionando o primeiro *insight* da relação entre a fisiologia interna e ciclo geofísico (idem, p. 27). Uma breve interpretação do resultado foi feita, comparando-o ao sono de pacientes acamados, porém, nada concluiu sobre sua origem. De Mairan (1729) parece ter hesitado em concluir que as plantas heliotrópicas conseguiram marcar o tempo e não excluiu a possibilidade de que esse resultado fosse devido às alterações de temperatura ou forças magnéticas. O fato de o relato ter sido publicado por seu amigo Marchand também não pode ser considerado usual. Como um estudioso renomado e experimentador ligado a várias academias e sociedades científicas, pode-se supor que usou de cautela, preferindo não se arriscar a comunicar diretamente algo que contradizia o pensamento da época, quando se admitia que os movimentos rítmicos das plantas eram causados pelo ciclo de claro e escuro, portanto, fatores externos.

Quanto à tipologia do experimento, o princípio utilizado é conhecido como experimento de caixa preta (*black-box experimental design*) e que continua, atualmente, sendo usado na investigação dos mecanismos associados com as funções do relógio biológico (MOORE-EDE; SULZMAN; FULLER, 1982). A diferença

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

básica é que, na atualidade, devido aos recursos tecnológicos disponíveis, procura-se acessar os dados da caixa preta, ou seja, buscar os mecanismos funcionais, de modo que a preocupação não se dá mais apenas nos dados da saída ou no comportamento do sistema. Quanto à divulgação, o resultado do experimento foi relatado em língua francesa, por meio de exposição oral na sociedade de ciências, com documentação nas atas. Não se fez uso de desenhos e boa parte dos esquemas, que ilustram seu experimento nos livros didáticos atuais, são adaptações de Moore-Ede et al. (1982), como por exemplo, Golombek (2002, p.20). O trabalho de De Mairan originou outros estudos de observação de ritmos com plantas em condições constantes ou semi-constantes. Porém, depois dele, ainda se continuou a pensar do mesmo modo por quase trinta anos, quando seu experimento foi reproduzido por Hill (1757), Du Monceau e Zinn (1759) (MCCLUNG, 2006).

3.2 LINEU, PIONEIRO NO ESTUDO DO "SONO DAS PLANTAS"

Carl von Linné (Lineu) (1707-1778), médico, zoólogo e botânico suíço, publicou uma dissertação em latim denominada *Somnus Plantarum* (LINNAEUS, 1755) (sono das plantas), referindo-se à periodicidade do movimento das folhas que se abriam durante o dia e fechavam à noite (Figuras 2a, b). Após anos de observações, Lineu também descreveu a abertura das flores de diversas espécies em determinadas horas do dia e verificou que esses horários variavam de acordo com a espécie, deduzindo que era possível prever a hora aproximada em que cada espécie iria abrir ou fechar as flores. Elaborou uma lista de espécies, de acordo com o horário da abertura das flores entre as 6h da manhã e 6h da tarde, e imaginou o que chamou de *Horologium florum* – relógio floral (*flower clock*), descrito em sua obra *Philosophia Botanica* (LINNAEUS, 1751, p. 274-275). Lineu não executou o projeto do relógio floral, porém podia dizer aproximadamente as horas pelo horário de abertura das flores, que conhecia tão bem.

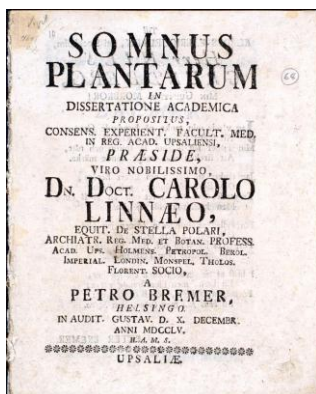


Figura 2a. Capa da dissertação *Somnus Plantarum*, 1755; Figura 2b. *Somnus Plantarum*, ilustração da página 22. Fonte: LINNAEUS, C. von. *Somnus Plantarum*. Uppsala, 1755, p. 22.

A importância dos trabalhos de Lineu, como um episódio histórico em relação aos ritmos biológicos, deveu-se, entre outros motivos, à identificação de diversas espécies heliotrópicas, ao meticuloso trabalho de observação e registro dos horários de abertura e fechamento de folhas e flores, à divulgação do fenômeno biológico

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

cujas causas eram desconhecidas, cravando a terminologia metafórica pelo qual ficou conhecido por muito tempo, como "sono das plantas". Apesar de a prioridade ter sido atribuída a ele, parece não ter havido consenso sobre isso na época, conforme o que consta nos documentos da Sociedade Real de Ciências. Richard Puttney (1758) exemplifica essa afirmação, ao comentar que o fenômeno era conhecido desde o tempo de Plínio, o Velho (23 - 79 d.C.), séc. 1 d.C., e que Cristóbal Acosta (1515-1592) e Prospero Alpino (1553-1617) escreveram sobre a mudança noturna nas folhas das plantas no final do século XVI, chamando-a de "sono" (PUTTNEY, 1758). Puttney (idem) entendeu que Lineu teve o mérito de renovar esse objeto e sir John Hill (1957), quem teria investigado as causas.

Salisbury (1998) comenta que, antes de Lineu, os movimentos de sono dessas plantas já haviam sido relatados por muitas pessoas desde a antiguidade. Por exemplo, Andróstenes de Thasos (325 a.C.), historiador que acompanhou Alexandre, o Grande, em suas conquistas, relatou os movimentos periódicos das folhas de *Tamarindus indica*, o tamarindo, observando também movimentos de algumas variedades de *Papilionaceae* (MOORE-EDE; SULZMAN; FULLER, 1982). 1982, p.5). Há indicações que Alberto Magno teria repetido as observações de Plínio. As observações de Andróstenes foram consideradas por Satter e Galston (1973) como a pedra da roseta do comportamento das plantas. O trabalho lineano constitui, portanto, uma referência histórica na listagem de espécies heliotrópicas e um precursor da descrição do fenômeno fotoperiodismo, fundamental na fisiologia vegetal e na agricultura para o cultivo de plantas com manipulação da luz.

Em termos didáticos, alguns detalhes que não foram levados em conta pelo botânico, hoje conhecidos, poderão ser alvo de materiais para discussões, possibilitando compreender as limitações da pesquisa da época pela falta dos equipamentos que seriam ainda inventados, além de estimular a elaboração de novas questões sobre o tema. Puttney (1758) refere-se ao sono das plantas como um fenômeno submetido a uma lei da natureza, dizendo que este fora desvendado por Lineu. Expressava o pensamento de seu contexto histórico de que a ciência estaria relacionada a esse desvendamento de leis naturais, bastando observar e realizar experimentos, portanto, uma visão empirista de ciência.

Segundo a Universidade de Uppsala, Suíça, (LINNÉ ONLINE, 2010), Lineu era considerado um excelente e entusiasmado professor, atraindo alunos de diversas nacionalidades para suas honoráveis aulas. Tinha um método próprio de ensinar e, por isso, não era bem visto por seus colegas docentes, visto que fazia aulas ao ar livre e organizava excursões com seus alunos para coleta do material a ser analisado em sala (idem). Um outro aspecto relevante do trabalho lineano refere-se à divulgação dos achados, incluindo livros, artigos, muitas cartas para troca de informações, leituras dos achados nas reuniões das sociedades e academias, publicação dos textos desses encontros. Acrescenta-se também o grande valor dos desenhos lineanos que ilustravam muito bem os fenômenos observados, e também o uso de dados cuidadosamente dispostos em tabelas e listas. Em termos didático-pedagógicos, pode-se aventar a possibilidade de utilização de pequenos trechos destes textos antigos no ensino de Biologia no EM. Estes poderiam ser utilizados para exemplificar, entre outras possibilidades, como as informações dos especialistas eram partilhadas entre os pares e como as dúvidas e hipóteses eram tratadas em uma época em que se preponderava a ideia de ordem, seguida da ideia de causa.

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

3.3 JOHN HILL E A REVERSÃO DO "SONO DAS PLANTAS"

Em 1757, John Hill (1716-1775), escritor e botânico inglês, relatou por carta a Lineu, que havia alterado os ritmos de sono da planta *Glycine abrus* (*Abrus precatorius* L.), usando reversão dos ciclos de claro-escuro. Essa informação encontra-se em sua obra "*Eden: a complete body of curious and useful gardening*" (HILL, 1957), onde sugeriu que o ciclo normal dia-noite era a causa desses ritmos (SALISBURY, 1998), ao contrário do De Mairan, portanto o fenômeno teria origem externa. É desconhecido se Hill conhecia o trabalho de De Mairan, visto que não o citou no texto, porém seus resultados confirmavam o do pioneiro.

Esse trabalho foi considerado importante à época por ter buscado as causas do "sono das plantas" (PUTTNEY, 1758). Assim, considera-se que o trabalho de De Mairan levou quase trinta anos para ser corroborado, constituindo um exemplo das dificuldades para a consolidação desse achado. Este episódio histórico relaciona-se, entre outros aspectos, ao valor da descrição experimental do fenômeno, modelando o delineamento conhecido como "*caixa preta*", além de ter originado outros estudos. O experimento poder ser reproduzido com materiais de baixo custo. O princípio básico é que a planta é tratada como um sistema no qual os componentes internos são desconhecidos (*black-box*) e a função pode ser estudada por meio da observação dos movimentos das folhas (output) como resposta a perturbações induzidas pelos inputs experimentais como alterações do ciclo claro-escuro, de temperatura, entre outros (KUHLMAN; MACKEY; DUFFY, 2007). Os movimentos das folhas são interpretados como ritmos de saída (*output rhythms*) do sistema de temporização, no caso, circadiano (*circadian timing system*) (idem). Ele elaborou uma questão a partir de uma conclusão elaborada 28 anos antes, estabeleceu uma metodologia experimental e relatou os resultados por meio de texto.

3.4 DU MONCEAU, ZINN E O CONTROLE MAIS RIGOROSO DE VARIÁVEIS

Imaginando que deveriam ter ocorrido artefatos nos procedimentos experimentais de De Mairan como entrada de luz e alteração de temperatura, Henri Louis Duhamel du Monceau (1700-1782), engenheiro naval e botânico francês decidiu repeti-lo. Relatou, em seu livro "*Physique des arbres*" (DU MONCEAU, 1758, p.292) que procurou eliminar qualquer entrada possível de luz, colocando a planta em escuro total. Também manteve a temperatura constante, controlando duas variáveis, a luz e a temperatura. Com esse protocolo experimental, confirmou os resultados de De Mairan porque, mesmo sem estar exposta à luz solar, a sensitiva manteve o ciclo de abrir/fechar os folíolos com o dia e a noite. Du Monceau relatou que essa resposta não tinha relação com variações de temperatura e, portanto, esses ritmos eram independentes dos ritmos ambientais (SALISBURY, 1998).

Johann Gottfried Zinn (1727-1759), anatomista, botânico e oftalmologista alemão questionou se tais movimentos foliares poderiam ser disparados por componentes desconhecidos. Repetiu os experimentos em 1759 e obteve resultados similares aos de De Mairan e de Hill, verificando que não ocorria mudança imediata no ritmo quando procedia a reversão dos ritmos com a reversão do ciclo dia-noite e alteração de temperatura, como fizera Hill (SALISBURY, 1998). Mais tarde, outros

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL) IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do International Council of Associations for Science Education (ICASE)

pesquisadores como o renomado botânico Wilhelm Pfeffer (1845-1920), também defenderam a possibilidade da natureza hereditária desses mecanismos, porém, não foram aceitos, quando se interpretava a periodicidade persistente em condições constantes como um efeito do ciclo claro/escuro (ROTENBERG; MARQUES; MENNA-BARRETO, 1999, p. 27).

A periodicidade foi citada por Charles Darwin (1809-1882) em seu livro "O poder do movimento nas plantas" (DARWIN, 1880) (*The power of movement in plants*). Nessa obra são descritos minuciosamente os movimentos das folhas, considerados como *sono das plantas* em referência a Lineu. Todavia, o problema da periodicidade só seria resolvido nas primeiras décadas do século XX, quando o alemão Erwin Bünning (CHANDRASHEKARAN, 1998), por meio do cruzamento de plantas de feijão, que apresentavam diferentes períodos de movimentos foliares, demonstrou que a periodicidade dos ritmos era determinada geneticamente. A polêmica sobre a questão, porém, só foi resolvida cabalmente por volta de 1980. Esses episódios serão focos de outro texto com as mesmas finalidades.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo historiográfico caracterizou e organizou os principais episódios históricos sobre o desenvolvimento das pesquisas sobre o fenômeno "sono das plantas" no século XVIII com a finalidade de fundamentar a transposição didática sobre o tema "ritmos biológicos". O levantamento proporcionou um rico conjunto de informações que contribuem para a compreensão da dinâmica da produção científica no século XVIII, caracterizada pela centralização em pesquisador individual e no espaço França-Inglaterra, excetuando o trabalho do alemão Zinn. Destaca-se a resistência aos novos conhecimentos, o uso de metáfora nos textos científicos, a importância das trocas de informações e das atas das leituras públicas nas sociedades. A análise preliminar do material permite afirmar que os seguintes aspectos poderão receber maior ênfase durante o trabalho didático na perspectiva da HFC: a pesquisa botânica desenvolveu-se amparada por trabalhos experimentais e de campo; os trabalhos experimentais começam a ser realizados com controle de apenas uma variável e depois começam a ficar mais rigorosas adotando o controle de duas ou três de forma concomitante; o tempo entre o primeiro experimento e os demais denotam as dificuldades para se aceitar uma ideia nova, a divulgação das ideias era realizada por leituras públicas, textos, e conta também com desenhos; o pensamento da época era o do espírito de ordenação, classificação e em seguida, passa-se para a busca das causas; o uso de medidas correspondia à presença ou ausência de movimento das folhas e da anotação do horário correspondente; havia estrita vigilância na questão de prioridade de autoria. O trabalho relata uma pesquisa em andamento, com a finalidade de exemplificar, em fase posterior do estudo, como parte integrante de atividades didáticas de Biologia Escolar do EM, os principais fatores intervenientes no desenvolvimento de uma área de pesquisa biológica.

Referências

ARAÚJO, J. F.; MARQUES, N. Cronobiologia: uma multidisciplinaridade necessária. **Margem**, n.15, p.95-112, jun 2002.

BASTOS, F. **História da Ciência e Ensino de**

MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. **Ensino de Biologia**. Histórias e práticas em diferentes espaços educativos. São Paulo: Cortez, 2009.

MARCELO GARCIA, C. **Formação de professores**.

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)

IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do International Council of Associations for Science Education (ICASE)

- Biologia:** a pesquisa médica sobre a febre amarela (1881-1903). São Paulo, 1998. 212p. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.
- CALDEIRA, A. N.de A.; CALUZI, J. J. (Org.) **Filosofia e História da Ciência**. Ribeirão Preto: Kairós, 2005.
- CARVALHO, A.M.P. de. Critérios estruturantes para o Ensino das Ciências. In: _____ **Ensino de Ciências**. Unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p.1-17.
- CARVALHO, A.M.P.de; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1995.
- CHANDRASHEKARAN, M. K. Biological rhythms research: a personal account. **Journal of Bioscience**, v.23, n.5, p.545-555, 1998.
- CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica**. Del saber sábio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 1991.
- DARWIN, C. **The power of movements of plants**. London: John Murray, 1880.
- DE MAIRAN, J. J. D. **Histoire de L'Academie Royale des Sciences**, p.35-36, 1729.
- DU MONCEAU, H. L. **La physique des arbres**. Partie 1. Paris: H.L. Guerin & L.F. Delatour, 1758.
- GOLOMBEK, D. Introduccion: La máquina del tiempo. _____ (Org.) **Cronobiología Humana**. Ritmos y relojes biológicos en la salud y en la enfermedad. Buenos aires: Universidad Nacional de Quilmes Ediciones, 2002. p.19-29.
- HILL, J. **Eden**: a complete body of curious and useful gardening, London, 1757.
- KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU, EDUSP, 1987.
- KUHLMAN, S. J.; MACKEY, S.R.; DUFFY, J. F. **Clocks & Rhythms**. 72nd Cold Spring Harbor Lab. Symposium. 2007.
- LANKSHEAR, C.; KNOBEL, M. **Pesquisa Pedagógica**. Do projeto à implementação. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- LINNAEUS, C. *Philosophia Botanica*. Dissertação, 1751.
- LINNAEUS, C. **Somnus Plantarum**. Uppsala, 1755, p. 22. Disponível em: <<http://128.2.21.109/HIBD-PDF/LinnaeanDiss/Liden-068.pdf>>. Acesso: 01.jun.2009.
- LINNÉ ONLINE. The life of Linnaeus. In: **Site Linné Online**. Uppsala Universitet. Disponível em: <<http://www.linnaeus.uu.se/online/index-en.html>>. Acesso em: 01.06.2011.
- Para uma mudança educativa. Porto: Porto Editora, 1995. Coleção Ciências da Educação. Século XXI.
- MARTINS, L. A. P. A História da Ciência e o Ensino da Biologia. **Ciência & Ensino**, n. 5, p. 18-21, 1998.
- MATTHEWS, M. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.
- MCCLUNG, C. R. Plant circadian rhythms. **The Plant Cell**, v.18, p.792-803, apr 2006.
- MENNA-BARRETO, L.; MARQUES, N. Apresentação. **Ciência e Cultura**, v. 54, n. 2, p. 20, 2002.
- MENNA-BARRETO. Desenvolvimento da cronobiologia. In: MARQUES, N; MENNA-BARRETO, L. (Orgs.). **Cronobiologia: princípios e aplicações**. São Paulo: Edusp, 1999. p.23-44.
- MOORE-EDE, M. C.; SULZMAN, F. M.; FULLER, C. A. **The clock that time us**. Physiology of the circadian timing system. Cambridge: Mass, Harvard University Press, 1982.
- PUTTNEY, R. Some Observations upon the Sleep of Plants, and an account of that faculty, which Linnaeus calls *vigiliae florum*; with an enumeration of several plants, which are subject to that law. **Philosophical Transactions** (1757 - 1758), v. 50, p. 506-517, 12p., 1758.
- ROTENBERG; L. MARQUES, N.; MENNA-BARRETO, L. Desenvolvimento da Cronobiologia. _In: MARQUES, N; MENNA-BARRETO, L. (Orgs.). **Cronobiologia: princípios e aplicações**. São Paulo: Edusp, 1999. p.23-44.
- SANDRIN, M. F. N. História da Cronobiologia no Ensino de Biologia: uma proposta didática. In: Encontro de História e Filosofia da Biologia 2011, Bauru, 2011. **Resumos...**, Bauru: Unesp, 2011.
- SATTER, R. L.; GALSTON, A.W. Leaf movements: rosetta stone of plant behavior? **Biocience**, v.23, p. 407-416, 1973.
- SALISBURY, F. B. The discovery of biological clocks. In: KUNG, S.; YANG, S. (Ed.) *Discoveries in plant Biology*. Singapore: World Scientific. 1998, p. 287-328.
- SELLES, S. E. et al. **Ensino de Biologia**. Histórias, saberes e práticas formativas. Uberlândia: EDUFU, 2009.
- TERRAZZAN, E. A.; GAMA, M. E. Condicionantes para a formação continuada de professores em escolas de educação básica. **Educação e Linguagem**, n.15, p. 161-192, jan-jun 2007.
- VERRET, M. **Le temps des etudes**. These, Université de Paris V, 1975. Tomes I et II.