

Temas contemporâneos da Biologia no Ensino Médio e a história dos relógios biológicos

Contemporaneous themes of Biology in the High School and the history of biological clocks

Maria de Fátima Neves Sandrin

Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da
Universidade Estadual Paulista, Unesp/Bauru/SP.
sandrinfatima@hotmail.com

Eduardo Adolfo Terrazzan

Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da
Universidade Estadual Paulista, Unesp/Bauru/SP;
Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, RS.
eduterrabr@yahoo.com.br

Resumo

O estudo constitui parte de um projeto mais amplo na área de Ensino de Biologia, que visa a inclusão orgânica de temas biológicos contemporâneos de relevância social no Ensino Médio. O trabalho argumentativo busca fundamentar processos de elaboração didática, adotando, entre outras alternativas metodológicas, o ensino pela perspectiva da História e Filosofia da Ciência, ao focalizar os relógios e ritmos biológicos, objetos de estudo da Cronobiologia. Visa fundamentar uma proposta de ensino que permita melhor compreensão dos condicionantes da pesquisa científica. A investigação historiográfica e documental foi realizada com uso de fontes primárias e secundárias sobre a sistematização da Cronobiologia durante o século XX, identificando-se os principais marcos históricos de sua constituição conceitual no estudo dos relógios biológicos. Os resultados apresentam os principais fatos do desenvolvimento do conceito de relógios biológicos, analisando-os de acordo com referencial teórico de Ludwik Fleck. Destacam-se os episódios histórico-sociais de maior importância para o ensino.

Palavras-chave: História da Cronobiologia, Tempo biológico, Ensino de Biologia

Abstract

This study is part of a broader project in the area of Biology Teaching, which aims to organically include biological contemporary themes of social relevance in high school. The argumentative study seeks to support processes of preparing teaching, adopting, among other methodological alternatives, teaching from the perspective of History and Philosophy of Science, by focusing on biological clocks and rhythms, Chronobiology's objects of study. Aims to support, then a proposal for education which will enable better understanding of the determinants of the scientific research. The historiographic and documentary research was performed using primary and secondary sources on the systematization of Chronobiology during the twentieth century, identifying the major landmarks of its conceptual constitution in

study of biological clocks. The results present the main facts related to the concept of biological clocks and analyzes them according of Ludwik Fleck. The highlights are social and historical events of major importance for teaching.

Key words: History of Chronobiology, Biological time, Teaching of Biology

Introdução

O presente estudo identifica episódios históricos que conduziram à constituição da Cronobiologia (CB) como área de estudos durante o século XX, elencando os principais fatores condicionantes de sua produção científica em relação ao conceito de relógios biológicos. O objetivo do trabalho é subsidiar em fase posterior da pesquisa, por meio do material historiográfico, a elaboração de metodologias de ensino que permitam aos estudantes compreenderem a multidimensionalidade da produção dos fatos científicos. Como parte de um projeto mais amplo, o estudo focaliza a atualização das programações curriculares da Biologia do Ensino Médio (EM), por meio da inserção e desenvolvimento de temas contemporâneos de relevância social. Essa preocupação com o valor social do conhecimento científico encontra suporte em Varizo (2008, p.57) que comenta: "[...] a universidade ainda não incorporou o papel social do conhecimento científico, mais especificamente no desenvolvimento da democracia, necessário para uma eficiente reforma de ensino preconizado". Constitui também orientação importante do trabalho uma visão de Didática que supere a perspectiva exclusivamente instrumental, como pensado por Candau (2003):

A didática, numa perspectiva instrumental, é concebida como um conjunto de conhecimentos técnicos sobre o "como fazer" pedagógico, conhecimentos estes apresentados de forma universal e, conseqüentemente, desvinculados dos problemas relativos ao sentido e aos fins da educação, dos conteúdos específicos, assim como do contexto sociocultural concreto em que foram gerados. [...] (CANDAU, 2003, p. 13-14).

A partir dos textos da mesma autora, admitimos que Didática e práticas pedagógicas são dimensões intrinsecamente conectadas e, nesse sentido, resgatamos suas palavras, enfatizando que é de "uma prática pedagógica concreta, articulada com a perspectiva de transformação social, que emergirá uma nova configuração para a Didática" (CANDAU, 1983, p. 198 apud CANDAU, 2003, p.14). Com esse espírito e no intuito de entender a prática pedagógica em um contexto social e histórico, optamos por tomar como ponto de partida o estudo de um problema posto por professores em seu cotidiano:

Como professores das disciplinas escolares Ciências e Biologia na educação básica, somos inúmeras vezes questionados por não acompanharmos adequadamente tanto o crescimento quanto a lógica de produção dos conhecimentos das Ciências Biológicas.

No primeiro caso, nossas aulas são muitas vezes apontadas como desatualizadas, pois deixam de aproveitar o interesse dos estudantes, que convivem cotidianamente com informações de cunho biológico veiculadas pela mídia.

No segundo caso, temos sido instigados pelos meios acadêmicos a utilizar os conhecimentos que são centrais nas Ciências Biológicas para estruturar os currículos das disciplinas escolares Ciências e Biologia (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009, p.29).

O problema focado é composto por aspectos do cotidiano do professor: a existência de uma pressão acadêmica para que os conhecimentos produzidos sejam utilizados na composição curricular; e situações de ensino que sinalizam o desejo de atendimento aos interesses dos estudantes, os quais recebem informações biológicas da mídia. Um indício do interesse em um tema contemporâneo pode ser resgatado de nossa prática no cotidiano das escolas, quando

são comuns perguntas sobre os melhores horários para estudar, praticar exercícios, entre outras atividades. Outra evidência provém da mídia que, com frequência, aborda assuntos relativos aos relógios biológicos. Um exemplo é a revista *Scientific American Brasil* que, na edição especial de outubro de 2002, trouxe artigos sobre temas como percepção, cronometria, relógios biológicos e tempo mental; em 2004, na edição regular de junho tratou o tema "O tempo antes do tempo", fazendo referências às questões biológicas. À vista dessas considerações, questionamos como e quais seriam as melhores formas de aproveitar o interesse pelos ritmos biológicos, discutindo, ao mesmo tempo, a trajetória histórica desse conceito até os tempos atuais e as implicações sociais e individuais de sua manipulação. Com essa motivação, pretendemos focar alternativas metodológicas didaticopedagógicas que contemplem as dimensões explicitadas no problema, com o intuito de proporcionar aos alunos os conhecimentos *sobre* os fatores condicionantes de produção científica recente e, de forma concomitante, contribuir para a atualização curricular por meio de temas contemporâneos.

Ao assumirmos que na Biologia a explicação é um processo básico à sua compreensão e que também compreende as narrativas históricas (MAYR, 2008), entendemos ser fundamental o trabalho docente com temas de relevância social, possibilitando um estudo que considera o contexto histórico e social. Contudo, os programas curriculares da disciplina Biologia no EM, via de regra, espelham os conteúdos nos livros didáticos de ensino superior, de tal forma que as programações originalmente são pensadas a partir da produção científica da área. Ao tomar-se a origem acadêmica como referência, constata-se a grande distância entre a produção científica e os conhecimentos biológicos utilizados na escola, como os que constam dos livros didáticos escolares. Marandino, Selles e Ferreira (2009) aprofundam-se na questão da origem da Biologia Escolar, revelando que em suas origens históricas no EM está um início nos objetos de pesquisa da academia e sua constituição ocorre, portanto, como uma via de mão única universidade-escola, na qual se trabalha com uma lógica de transferência de conhecimentos adaptados às condições didaticopedagógicas. Considerando-se a importância dos conteúdos conceituais como requisitos fundamentais para o exercício profissional (CARVALHO, 2004) e seu papel na prática (ASTOLFI, 2008), podemos questionar sobre o que e quanto os professores de Biologia precisariam saber sobre a produção científica biológica e suas implicações sociais para exercerem trabalho didático adequado em função deste tipo de desafios educacionais.

Diante dessas considerações, selecionamos um tema que apresenta visibilidade na mídia, defendendo a ideia de que o trabalho com temas contemporâneos e composto por elementos dos pólos social e da pesquisa acadêmica, poderia contribuir com o desenvolvimento de processos de atualização curricular e docente, atendendo aos interesses dos alunos, da academia e do professor, de forma concomitante. Com uso dos critérios de apresentar relevância social e sistematização científica recente, selecionamos a CB, um domínio científico que estuda as dimensões temporais dos seres vivos e, especificamente, os ritmos e relógios biológicos (ARAÚJO; MARQUES, 2002; ARAÚJO, 2005). O trabalho aborda, portanto, o "tempo biológico" expresso em fenômenos cíclicos e considerado uma variável importante para a compreensão dos aspectos associados aos horários da vida humana, exigindo que as pessoas adaptem-se às exigências da vida social, do trabalho e pessoal. Tais problemas têm atingido de forma preocupante os adolescentes, especialmente em relação à qualidade do sono (MENNA-BARRETO; WEY, 2007; PEREIRA; TEIXEIRA; LOUZADA, 2010), pois estes estão em uma fase da vida na qual ocorre ação do sistema hormonal sobre os sistemas de temporização internos que, juntamente com o ambiente social, empurram o sono para horários tardios (DAHL; LEWIN, 2002). Em consequência, tendem a dormir mais tarde e apresentar grande dificuldade para acordar cedo, porém, os horários escolares obrigam os

jovens a acordarem cedo, com consequências que incluem a privação crônica de sono. Há um grande corpo de evidências indicadoras de que nesta faixa etária a privação de sono apresenta

seus efeitos mais negativos no controle do comportamento, emoção e atenção, uma interface reguladora que é crítica no desenvolvimento social, na competência acadêmica e desordens psiquiátricas [...] as mais diretas e óbvias consequências do sono insuficiente são os comportamentos de alto risco associados com substâncias de abuso e acidentes automobilísticos [...] há evidências de efeitos bidirecionais entre sono e regulação emocional/comportamental" (DAHL; LEWIN, 2002, p. 175) (tradução MFNS).

No âmbito conceitual, a organização temporal interna é definida como a “capacidade dos seres vivos de expressarem seus comportamentos e controlarem sua fisiologia de uma forma recorrente e periódica” (ARAÚJO; MARQUES, 2002, p.96). Considerada uma das características da organização da matéria viva, a importância da inserção da temporalidade interna nos estudos das funções dos seres vivos está em tornar a Biologia mais dinâmica (MENNA-BARRETO; MARQUES, 2002). Até meados do século XX, os modelos e explicações do funcionamento biológico eram realizados por meio da descrição espacial de estruturas - por exemplo, células, tecidos, organismos e populações -, adotando-se princípios de organização da matéria viva baseados nas relações espaciais, uma forma predominantemente espacial de pensar as funções orgânicas. Com a realização do estudo da dimensão temporal interna ocorre um avanço no entendimento da complexidade da organização da matéria viva. A essas considerações de cunho conceitual biológico juntamos as de ensino, apostando na importância de uma abordagem contextual que possa fundamentar o estudo de questões sobre a natureza da ciência como a possibilitada pela perspectiva da História e Filosofia da Ciência (HFC), admitindo a partir da literatura que ela pode proporcionar uma aprendizagem mais significativa (MATTHEWS, 1995). Nesse sentido propomos que o ensino e a aprendizagem de fatores que condicionam a produção científica relativa ao conceito de relógios biológicos na CB possa ser realizado no Ensino Médio pela perspectiva de ensino representada pela HFC, com o intuito de discutir os principais fatores que influenciaram o desenvolvimento de uma ciência de formalização recente e a elaboração de seus principais conceitos.

O objetivo deste trabalho é organizar a historiografia da CB na construção do conceito "relógios biológicos" de forma a fundamentar em fase posterior da pesquisa uma proposta de atualização curricular mais ampla sobre temas contemporâneos de relevância social, que contemple com maior ênfase questões temporais cotidianas no EM.

Procedimentos

O presente estudo constitui parte de um projeto mais amplo na área de Ensino de Biologia, correspondendo a uma de suas etapas, e está desenvolvido de forma argumentativa com metodologia de pesquisa baseada em documentos (LANKSHEAR; KNOBEL, 2008), que constituem fontes primárias e secundárias nacionais e estrangeiras. Utiliza prioritariamente a perspectiva de ensino por meio da HFC (MATTHEWS, 1995) e procura organizar a evolução do conceito de relógios biológicos na área de CB (ARAÚJO, 2005). As informações coletadas foram analisadas com uso do referencial de Ludwik Fleck (1896-1961) (2008, 2010), forte crítico do neopositivismo, corrente filosófica caracterizada por uma visão de conhecimento calcado na lógica, experimentação e raciocínio hipotético-dedutivo. Fleck analisa a produção científica com olhares sociológico e histórico, afirmando que "o conhecimento é simplesmente uma criação social" (FLECK, 2008, p.78, tradução MFNS). Os instrumentos de

análise fleckianos incluem as categorias analíticas "estilo de pensamento", "coletivo de pensamento", proto-ideias, além de conceitos como circulação de ideias de modo intercoletivo e intracoletivo, retradução do fato científico e tom estilístico no processo de comunicação.

Resultados e discussão

O que são os ritmos e relógios biológicos

Segundo Golombek (2002, p.24), desde o final do século XX admite-se que podemos aceitar a generalização de que "os ritmos biológicos são fenômenos universais" (idem, p.23, tradução MFNS) pois "ocorrem em todos os níveis de organização que se estudam: desde o nível molecular até níveis sociais, passando por ritmos em nível do organismo como um todo" (ibidem) e também "em todas as espécies estudadas, sejam procariontes e eucariontes, plantas ou animais" (ibidem). Estes ciclos ou ritmos ajustam-se aos ciclos naturais como claro-escuro, por exemplo, e essa interação é promovida pela sincronização das fases dos ritmos internos com o ambiente externo por meio de fatores denominados "agentes sincronizadores" (*zeitgeber* em alemão = doador de tempo, temporizador) ou "arrastadores". Os sincronizadores podem ser a luz, temperatura, fatores sociais, entre outros. Quando um organismo vivo é mantido isolado da influência desses sincronizadores, ou seja, faz-se um isolamento temporal em cavernas ou *bunkers*, o ritmo manifesta-se com ciclagem, que pode não coincidir com o manifestado na situação de arrastamento, quando é denominado "ritmo de livre-curso" (*free-running*). Quando não está presente o arrastador, o ritmo mantém-se livremente, como é o caso dos ritmos circadianos (ritmos com período entre 20 a 28 horas), uma evidência que gerou a hipótese de que deveria haver um mecanismo interno responsável pela temporização, ou seja, a marcação do tempo. Esse mecanismo foi denominado "relógio biológico". Considera-se, de forma simplificada, que o sistema cronobiológico é composto de três elementos: um componente exógeno - o arrastador; um componente interno - o relógio biológico e os ritmos biológicos; as relações entre o componente endógeno e o exógeno mais a relação entre o relógio e os ritmos (GOLOMBEK, 2002, p. 24).

Um marco importante na história da CB foi a localização do relógio biológico no núcleo supraquiasmático (NSQ), conjunto de neurônios localizados como um par no hipotálamo, constituindo uma via direta da retina até o hipotálamo (via retinohipotalâmica). Na atualidade, considera-se o NSQ como o relógio biológico primário, porém há outros que se encontram na periferia, como nos rins, fígado, timo, pele, entre outros órgãos. A informação luminosa é recebida pela retina nos olhos, onde se localizam fotorreceptores e células ganglionares fotorresponsivas, as quais contêm melanopsina, um fotopigmento. Na retina, a energia luminosa é transformada e conduzida ao NSQ, possibilitando o controle dos ritmos biológicos (idem, p.25). As células do NSQ apresentam ritmo próprio mesmo quando removidas ou quando são mantidas em meio de cultura, e sua extirpação gera a ausência completa de um ritmo vigília-sono regular. Os relógios biológicos são conceituados como mecanismos endógenos responsáveis pela geração de oscilações orgânicas regulares - os ritmos biológicos (MENNA-BARRETO; MARQUES, 2002, p.45). Sua existência "[...] é hoje demonstrada através da identificação física de seus componentes" (idem), os quais podem ser núcleos de neurônios do sistema nervoso de animais vertebrados ou cadeias de reações químicas nos invertebrados (idem). Desde a quantidade possível de multiplicações celulares, fatores reguladores do tempo de vida de um ser, até os horários de sentir fome, usar o banheiro, dormir, entre outras atividades, há controle pelos relógios biológicos, cujas funções são explicadas por meio de diversos modelos postulados para seus mecanismos. Há várias hipóteses sobre sua constituição: uns aventam que são constituídos por um oscilador único, outros afirmam que são múltiplos osciladores (idem). Hoje pode-se afirmar que os ritmos

biológicos são uma característica presente em "todos" os seres vivos (ubiquidade), e admite-se que esses fenômenos tiveram valor adaptativo durante a história evolutiva da vida.

Os relógios biológicos internos controlam desde processos biológicos metabólicos, celulares e reprodutivos até condutas e processos de aprendizagem. Segundo Araújo e Marques (2002), questiona-se a manutenção dessa nomenclatura metafórica no vocabulário científico e sugere-se a expressão "sistemas de temporização" ao invés de "relógios biológicos" (idem). O tema entrou em discussão em um evento no ano de 2005 (ARAÚJO, 2005), porém, em geral, a expressão continua sendo utilizada largamente, mantendo-se o estilo de pensamento preponderante na área. O uso de metáforas em CB inclui termos como relógios, marcadores e mecanismos. Entre elas, a sobrevivência da metáfora do relógio biológico no glossário da CB tem o apoio da tradição, tendo também se tornado expressão frequente na vida cotidiana e na mídia. Será que a tentativa de sua substituição por termos como "sistemas de temporização", considerados mais adequados do ponto de vista lógico em relação às evidências mais recentes, encontrará apoio da comunidade científica e da sociedade em geral? Segundo Fleck (2010, p.70), pela comparação e investigação das relações podemos constatar uma "tendência à persistência dos sistemas de opinião" em diferentes graus de intensidade das ideias, das concepções. Nessa visão, torna-se verossímil entender que a metáfora do relógio biológico penetrou no vocabulário do coletivo de pensamento constituído pelo conjunto de pesquisadores de CB, e pode ter atingido um estatuto forte, com conseqüente resistência para qualquer mudança à vista de argumentos lógicos. Fleck (2010, p.72) entendia que: "Quando uma concepção penetra suficientemente num coletivo de pensamento, quando invade até a vida cotidiana e as expressões verbais, quando se tornou literalmente um ponto de vista, qualquer contradição parece ser impensável e inimaginável". Parece ser este o nosso caso e essa situação ocorreria porque as "concepções não são sistemas lógicos - por mais que queiram sê-lo-, mas unidades estilísticas, que se desenvolvem e regridem como tais ou transitam para outras unidades com suas provas" (FLECK, 2010, p.70).

Episódios históricos e aspectos epistemológicos

O estudo de ritmicidade biológica (GARFIELD, 1988, 1988a) recebeu grande contribuição de pesquisadoras alemãs no início do século XX, entre as quais, Rose Stoppel (1874-1970), que identificou ritmos nos movimentos das folhas do feijão *Phaseolus vulgaris* com período quase exato de 24 horas e que mantinham sincronização com o ambiente externo, mesmo que a planta estivesse sendo mantida por vários dias em sala escura (CHANDRASHEKARAN; SUBBARAJ, 1996). Partiu da hipótese de que estes movimentos de sono estariam sendo sincronizados por algum fator sutil externo que mudava com subida e abaixamento do sol – denominado Fator X (ibidem). A natureza do Fator X só foi entendida mais tarde quando Erwin Bünning (1906-1990) e Kurt Stern (1902-1981) retomaram o trabalho de Stoppel, orientados por Friedrich Dessauer (1881-1963), físico e especialista em raio X (SALISBURY, 1998). Ao estudarem os movimentos das folhas, concluíram que os ritmos de movimentos das plantas eram provavelmente autônomos e arrastados por fatores como luz, temperatura, estímulos mecânicos e estimulação anti-gravitacional. Afirmaram que haveria um relógio endógeno que poderia ser arrastado por meio de fatores externos e, em especial, a luz vermelha utilizada para observar as folhas no escuro. Houve resistência às novas evidências dentro desse coletivo de pesquisadores. Salisbury (1998) relata que Stoppel, em 1938, ainda não havia se convencido totalmente de que não haveria um fator desconhecido responsável pelo ritmo, porém concordava com Bünning que os movimentos seriam autônomos. Ela argumentava que os movimentos com períodos de 24h mantinham-se com a luz contínua dos

longos dias de verão polares. Entendemos que Stoppel considerava que as contradições e os resultados dos experimentos não eram suficientes para um convencimento imediato, que rompesse com conhecimentos anteriores, exigindo, portanto, um tempo diferente para cada pesquisador atribuir-lhe sentido. Os resultados dos experimentos estavam disponíveis para todos, porém não houve, de imediato, a concordância sobre a relação de causa e efeito. Uma interpretação analítica desse episódio histórico pode apoiar-se na diferença entre o experimento e a experiência na visão de Fleck (2010, p.51) que afirmava: "o experimento pode ser interpretado como uma pergunta e uma resposta simples, ao passo que a experiência deve ser entendida como um estado de educação que repousa na dialética entre o sujeito do conhecimento, o objeto já conhecido e o objeto a ser conhecido". É necessário, portanto, que o pesquisador estabeleça uma dialética não só com o que está conhecendo, mas também que entrelace o novo com o que já conhece, possibilitando a mudança no próprio conhecimento. Esse diálogo demanda tempo até que possa fazer sentido para aquele que conhece; um tempo que é diferente para cada pesquisador à luz das mesmas evidências experimentais.

Bünning e a existência de um relógio biológico

Bünning, botânico alemão, em 1935 concluiu sobre a existência de um relógio biológico autônomo com base nos experimentos de ritmo livre curso, nos quais os ritmos não eram similares aos de 24 horas (CHANDRASHEKARAN, 2006) obtidos por Stoppel, e essa observação foi constatada em espécies diferentes e plantas com diferentes períodos transmitidos hereditariamente (GARFIELD, 1988). Havia registro de que as plantas não apresentavam a mesma fase entre si, mesmo ficando na mesma sala e, portanto, admitiu-se que não seria possível existir um fator ambiental sutil que sincronizaria os ritmos. Outra evidência mostrava que os ritmos de cerca de 24h eram apenas arrastados por meio de um período de 24 horas com exposição diária ao ciclo de claro e escuro. Em 1959, Franz Halberg (1919-) denominou-os como ritmos *circadianos* (latim, *circa*=aproximadamente; *diem*=dia) (GARFIELD, 1988; WHITROW, 2005).

Entre o primeiro experimento sobre a periodicidade realizado por Jean-Jacques D'Ortois de Mairan (DE MAIRAN, 1729) e o de Bünning em 1935, passaram-se mais de duzentos anos – o tempo para se obter evidência da origem genética dos ritmos circadianos, entendendo-se que o comprimento do período é uma característica hereditária (KUHLMAN; MACKEY; DUFFY, 2007, p.1-6). Em 1936, Bünning indicou o valor adaptativo do arrastamento das mudanças sazonais, enfatizando que os osciladores circadianos poderiam medir as mudanças sazonais somando-se às medidas de ciclos diários (idem). Apesar deste trabalho decisivo, aceita-se como data da sistematização da CB o ano de 1960 com a organização de um simpósio sobre relógios biológicos (CAMBROSIO; KEATING, 1983; RAMJI, 2008). Como explicar essa demora e a resistência na compreensão e aceitação dos achados? No caso da CB, que se sistematiza como área apenas décadas mais tarde da compreensão dos resultados desses experimentos, é possível admitir entre as relações do fato com o coletivo de pesquisadores (coletivo de pensamento) a proposição de que "cada fato tem que se alinhar ao interesse intelectual do respectivo coletivo de pensamento, pois somente há resistência onde existe alguma aspiração" (FLECK, 2010, p.152).

A CB teve origem em pesquisas cujos objetos de estudo foram as plantas. Utilizou-se no início uma espécie heliotrópica, ou seja, uma planta que se movimenta acompanhando o movimento do sol e que era, provavelmente, do gênero *Mimosa* (DE MAIRAN, 1729), chegando-se à *Arabidopsis thaliana* nos anos de 1990, quando foi feita a descrição de

ritmicidade circadiana de genes (MCCLUNG, 2006), que passou a ser modelo para estudo sobre ritmos já no início do século XXI com a genética molecular.

A análise dos documentos citados permite afirmar que o convencimento a respeito da endogenicidade rítmica foi ocorrendo aos poucos e resultou de trabalho conjunto, com grande troca de informações e debate entre os pesquisadores envolvidos com a questão. Constituem evidências para a proposição fleckiana de que "todo trabalho científico é trabalho coletivo" e que "todos os motivos do andamento das ideias são oriundos de ideias coletivas" (FLECK, 2010, p.84). O convencimento dos pesquisadores acerca de um conhecimento novo não é fácil, nem rápido e tampouco decorre imediatamente dos argumentos lógicos utilizados na divulgação dos resultados de uma pesquisa, sendo necessário um período de tempo para que os novos resultados possam fazer sentido para eles. De fato, o conhecimento da periodicidade foi se organizando aos poucos até tornar-se aceito pela comunidade científica, possibilitando maior circulação das ideias no coletivo dos pesquisadores. O reconhecimento da periodicidade biológica como fato científico resulta de um trabalho de organização lenta do conhecimento, o qual apresenta-se confuso inicialmente e depois vai se organizando. Na perspectiva fleckiana, o fato científico tem sua gênese da seguinte forma: "primeiro um sinal de resistência no pensamento inicial caótico, depois uma certa coerção de pensamento e, finalmente, uma forma (*Gestalt*) a ser percebida de maneira imediata. Ele sempre é um acontecimento que decorre das relações na história do pensamento" (idem, p.144-145).

Cognição e sentimento, estilos de pensamento, primazia e descoberta

Chandrashekar (1998, p.545) afirma que o estudo dos ritmos biológicos tem uma tradição científica para a qual contribuíram muitos cientistas dos séculos XVIII, XIX e XX. Ao contrário dos EUA, essa tradição era forte na Alemanha e resto da Europa. F. A. Brown (1908-1983) afirmava que não contava a ninguém o seu interesse pelos ritmos até estar em um cargo seguro (idem, p.546). Na década de 1960 aproximadamente, considerava-se não-científico afirmar "a existência dos ritmos biológicos até mesmo por cientistas eruditos" (CHANDRASHEKARAN, 1998, p.53). Alain Reinberg (2005) relata esse problema enfrentado pelos pesquisadores pioneiros franceses:

Meu objetivo essencial, nos anos 60, não era ser percebido como um "descobridor" potencial, mas como um pesquisador que luta eficazmente, com resultados sólidos, para reconhecimento da cronobiologia como novo domínio científico. Nós não éramos muito numerosos para explorar exclusivamente, os ritmos biológicos. Alguns afirmavam que nós fazíamos astrologia ou, pior ainda, o "biorritmo" [...]. Na França, o "nós" incluía o núcleo duro dos pesquisadores que fundaram o Grupo de Estudo dos Ritmos Biológicos, hoje a SFC. Era, entre outros, um meio coletivo de defesa de uma espécie de pesquisadores que se sentiram em perigo. Eu insistia, em todas as circunstâncias, sobre o caráter de novidade dos resultados obtidos em cronobiologia humana. O tempo devia ser tomado em consideração em todas as ciências da vida, inclusive a medicina (REINBERG, 2005, p.65). (Tradução: MFNS)

Na França, esse estranhamento ocorria em relação à área de Cronobiologia Humana, na qual os resultados obtidos na pesquisa tinham característica de novidade. Sentindo-se em perigo, os pesquisadores fundaram o Grupo de Estudo de Ritmos Biológicos (*Groupe d'Étude des Rythmes Biologiques*), praticamente como uma forma de defesa. Desde o final da década de 1950, Reinberg e Ghata (1978) já acreditavam ter provas experimentais para sustentar que "a atividade rítmica é uma propriedade fundamental da matéria viva" (idem, p.38). Já afirmavam naquela época as propriedades dos ritmos circadianos e ultradianos (período de 20 horas ou menos) de terem característica endógena, a estabilidade de períodos. Segundo esses últimos autores os neurofisiologistas A. Fessard e H. Cardot, seus professores, no ano de 1935 já

propunham que "o processo rítmico é o modo normal da atividade de todos os sistemas excitáveis" (REINBERG; GHATA, 1978, p.38). Apesar de esses autores terem focado o conceito da primazia e da autoria, fica evidente a existência de uma ideia similar anterior, cuja comprovação ainda necessitaria de outros trabalhos. Essa situação corresponde ao conceito fleckiano de protoideias, ou ideias pré-científicas ainda relativamente vagas e que podem existir por muito tempo, contribuindo para constituir um modo de pensar que conduza ao desenvolvimento de um conhecimento (FLECK, 2010). Derivado do conceito grego de pré-ideia, a protoideia caracteriza o pensamento fleckiano de que elas deveriam "ser consideradas como pré-disposições histórico-evolutivas de teorias modernas [...]" (idem, p.66).

O caráter inovador e ousado de romper com conceitos arraigados traz, portanto, uma série de consequências para os pesquisadores e a convivência com o medo da desonra pública ou de estar fazendo algo enganador, o que justificava, para eles, as estratégias de proteção, entre as quais estava a formação de grupos, o que pareceu conferir mais segurança ao prosseguimento dos trabalhos. A riqueza epistemológica dos fatos científicos e históricos citados é compreensível, ressaltando-se que o intelecto, a vontade e vários sentimentos unem-se nessa situação, segundo Fleck (2008), permitindo-nos estudar a produção do conhecimento.

Um evento memorável e a metáfora do relógio - marcos da sistematização da CB

Diversos pesquisadores admitem que o marco do nascimento da área da CB foi um evento realizado no período de 5 a 14 de junho de 1960, em Cold Spring Harbor, EUA, sobre o tema dos relógios biológicos (CAMBROSIO; KEATING, 1983; RAMJI, 2008; GARFIELD, 1988). O evento denominado *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology: biological clocks* foi organizado por Colin Pittendrigh (1918-1996), biólogo inglês radicado nos EUA, professor na Universidade de Princeton, e Jürgen Aschoff (1913-1998), fisiologista do Max Planck Institute for Behavioural Physiology, Alemanha (RAMJI, 2008). No prefácio dos *Proceedings*, Arthur Chovnick, geneticista, biólogo celular e diretor do Cold Spring Harbor Laboratory naquela época (CHOVINICK, 1960; RAMJI, 2008), explicava o enorme interesse pelo estudo dos ritmos diários, identificando o objeto de estudos apenas no plano de organismo e espécies. A ideia era que o encontro servisse para discutir um vasto conjunto de fenômenos denominados "relógios biológicos" e que fosse possível unificar o campo de estudo (ibidem). Nesse evento multidisciplinar, profissionais, incluindo físicos, matemáticos, biólogos e de ciências humanas, entre outras áreas, chegaram ao consenso de que, mesmo utilizando diferentes terminologias, estavam trabalhando com um mesmo objeto de estudo – os ritmos biológicos -, e traçando requisitos necessários para a pesquisa científica na área, inclusive metodologia para a coleta e análise dos dados. O livro de resumos denominado *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology: Biological Clocks*, vol. XXV (1961) tornou-se o documento fundador da área (STILMAN; STEWART; GRODZICKEZ, 2008). A metáfora do relógio usada nesse encontro parece ter sido utilizada como um símbolo, conferindo identidade ao grupo e *status* de concreto ao objeto de estudo, os relógios biológicos (CAMBROSIO; KEATING, 1983; RAMJI, 2008). O simpósio, apesar de precedido por outros encontros, assumiu papéis importantes como contribuir para que a CB fosse aceita como "uma área respeitável do conhecimento científico" (ZIUCOVIC, 2005, s/p), auxiliando a consolidar diversos conceitos gerais, metodologias, glossário, incluindo agentes arrastadores ou sincronizadores, organização temporal e o próprio conceito de relógio biológico, além de permitir orientar a consolidação da "cronobiologia como área de pesquisa científica" (GARFIELD, 1988, ZIUCOVIC, 2005, s/p).

Discordâncias entre grupos de pesquisa na Cronobiologia

De acordo com Chandrashekar (1998, p. 545), apesar da palavra Cronobiologia ser considerada conveniente por abranger diversos ritmos, identifica-se com a escola de pensamento liderado por Halberg. Todavia, há outras escolas de pensamento na área e muito se tem questionado sobre as causas, a importância e as consequências de grupos que advogam perspectivas sobre a pesquisa na área (ARAÚJO; MARQUES, 2002). Halberg, pesquisador de origem romena, considerado o pai da cronobiologia americana, posicionou-se de forma diferente de Pittendrigh, quando da formalização da CB como disciplina científica na década de 1960, defendendo que o estudo dos ritmos circadianos e das bases biológicas dos osciladores e seus mecanismos deveria não somente abordar a questão dos ritmos circadianos e bases biológicas de seus mecanismos, mas também englobar os aspectos do crescimento, desenvolvimento e envelhecimento dos seres vivos, o que exigiria tomar diversas frequências dos ritmos como os ultradianos (ritmos com períodos menores que 20 horas) e infradianos (ritmos com períodos maiores que 28 horas) como objetos de estudo (idem, p.104-105). Um conflito se estabeleceu entre ambos, visto que Pittendrigh entendia que a abordagem proposta por Halberg "iria fracionar os conceitos e se afastaria, portanto, das bases da ritmicidade" (idem). Formaram-se dois grupos: o de Halberg, identificado como grupo dos cronobiologistas, que organizou a *International Society for Chronobiology* (ISC) e publicava em periódicos específicos, e o grupo de Pittendrigh, que focava a "procura dos relógios biológicos enquanto estruturas discretas" (ibidem), sendo responsável pela organização da *Society for Research on Biological Rhythms*, publicando seus trabalhos em periódicos distintos (ibidem, p.105). A visão do grupo de Pittendrigh era claramente reducionista. Em 1995 foi realizado um esforço para a aproximação dos dois grandes grupos da CB em um evento na Itália (ARAÚJO; MARQUES, 2002). Em 2007, o evento sobre relógios biológicos foi repetido com o título de *72nd Cold Spring Harbor Lab. Symposium. Clocks & Rhythms* (STILMAN; STEWART; GRODZICKEZ, 2008).

Aqui temos o grande exemplo da formação de coletivos de pensamento diferentes, dos cronobiologistas e dos que procuravam estruturas discretas. Durante os processos de sistematização da CB, os grupos preponderantes utilizaram diferentes os objetos de estudo, instrumentos de divulgação e metodologias, caracterizando diferentes estilos dos coletivos de pensamento. Os grupos de pesquisadores pouco dialogavam, porém, com o desenvolvimento da Biologia Molecular e os aportes em Genética, começam a surgir cada vez mais pontos em comum entre os dois grupos, favorecendo as possibilidades de comunicação. De acordo com Fleck (2010), o coletivo de pensamento refere-se "a comunidade das pessoas que trocam pensamentos ou se encontram numa situação de influência recíproca de pensamento" (idem, p.82) e cada pessoa dessa comunidade é portador do estilo específico de pensamento da mesma (ibidem). Dentro desse coletivo, como o indivíduo raramente está consciente do estilo de pensamento, ele sofre a coerção do mesmo e então a contradição é considerada impensável (ibidem, p.84). Para Fleck (2010) a possibilidade de comunicação é maior quando os estilos de pensamento não forem muito divergentes.

4 Considerações finais

O presente estudo identificou os episódios históricos relacionados ao conceito de relógios biológicos e os principais aspectos epistemológicos de construção de seu corpo conceitual, assim como fatores condicionantes de sua produção científica no século XX. O fazer coletivo e multidisciplinar caracteriza essa área de pesquisa, porém, na literatura predominam os destaques às produções de pesquisadores individuais. Apesar de a área ser considerada

multidisciplinar, estão muito presentes os problemas derivados dos estilos de pensamento entre pesquisadores de áreas diferentes, porém valoriza-se o fluxo de informações de um grupo para outro. A história da CB apresenta muitos exemplos de resistência a novos conhecimentos, adoção de atitudes de proteção ao pesquisador face às ameaças em relação ao próprio nome por lidar com conceitos novos, conflitos entre grupos de forma exacerbada e, durante muitas décadas, uso de estratégias para manter cada grupo coeso, dificuldades nas relações entre os cientistas entre si, uso da linguagem como forma de unir os cientistas com a proposição de glossário específico, formação de grupos de pesquisa com perspectivas antagônicas, pouca relevância atribuída a alguns trabalhos pioneiros, entre outros aspectos.

O trabalho apresentou aspectos importantes da produção científica da CB, os quais podem ser objetos de estudo no EM, proporcionando uma análise de situações atuais em conjunção com aspectos de seu contexto social e histórico, conferindo sentido ao debate social atual relacionado às questões temporais humanas, entre outras possibilidades. Uma análise dos principais momentos da pesquisa do tema "relógios biológicos" permite qualificá-lo como de grande potencial para tratamento didático com uma abordagem melhor descrita por uma perspectiva da História, Filosofia e Sociologia da Ciência, pois pode possibilitar ao aluno compreender que as modificações das ideias ao longo dos tempos não ocorreram de forma fácil, encontraram inúmeras resistências e foram coletivamente elaboradas, dependendo de múltiplos fatores, entre os quais os sociais e epistemológicos.

Referências

- ARAÚJO, J. F. de. Relógios biológicos existem? *Neurociências*, v.2, n.4, p.187-188, 2005.
- _____; MARQUES, N. Cronobiologia: uma multidisciplinaridade necessária. *Margem*, n.15, p.95-112, jun 2002.
- ASTOLFI, J-P. *La saveur des savoirs*. Disciplines et plaisir d'apprendre. Pedagogies [outils]. Paris: ESF Éditeur, 2008.
- CAMBROSIO, A.; KEATING, P. The disciplinary stake: the case of Chronobiology. *Social Studies of Science*, v.13, p.323-353, 1983.
- CANDAU, V. M. A revisão da Didática. In: CANDAU, V. M. (Org.) *Rumo a uma nova didática*. 15.ed., Petrópolis, 2003. p.13-19.
- 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.
- CHANDRASHEKARAN, M. K.; Biological rhythms research: a personal account. *Journal of Bioscience*, v.23, n.5, p.545-555, 1998.
- _____. Erwin Bünning (1906–1990): A centennial homage. *Journal of Bioscience*, v. 31, n1, p. 5-12, mar 2006.
- _____; SUBBARAJ, R. J C Bose's views on biological rhythms. *Indian Journal of History of Science*, v.3, p.375–382, 1996.
- CHOVINICK, A. Foreword. In: Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, v. XXV, 1960. *Biological Laboratory Cold Spring Harbor*, Cold Spring Harbor, New York, 1960.
- DAHL, R. E.; LEWIN, D. S. Pathways to adolescent health: Sleep regulation and behavior. *Journal of Adolescent Behavior*, v.31, n.6, supl., p. 175-184, dez 2002.
- DE MAIRAN, J. J. D. Observation Botanique. *Histoire de L'Academie Royale des Sciences*, p.35-36, 1729.

- FLECK, L. *Gênese e desenvolvimento de um fato científico*. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.
- _____. *Genèse et développement d'un fait scientifique*. Paris: Champs Sciences, 2008.
- GARFIELD, E. Chronobiology: an internal clock for all seasons. Part.1. The development of the Science of Biological Rhythms. *Essays of an Information Scientist: Science Literacy, policy, evaluation, and other essays*, v.11, p.1, jan 1988.
- _____. Chronobiology: an internal clock for all seasons. Part.2. Current research on seasonal affective disorder and phototherapy. *Essays of an Information Scientist: Science Literacy, policy, evaluation, and other essays*, v.11, p.7, 1988a.
- 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.
- KUHLMAN, S. J.; MACKAY, 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.
- MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. *Ensino de Biologia*. Histórias e práticas em diferentes espaços educativos. São Paulo: Cortez, 2009.
- MARQUES, N; MENNA-BARRETO, L. (Orgs.). *Cronobiologia: princípios e aplicações*. São Paulo: Edusp, 1999. p.23-44.
- 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.
- MAYR, E. *Isto é biologia*. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.
- MCCLUNG, C. R. Plant Circadian Rhythms. *The plant Cell*, v. 18, p. 792-803, 2006.
- MENNA-BARRETO, L.; MARQUES, N. Apresentação. *Ciência e Cultura*, v. 54, n. 2, p. 20, 2002.
- _____; WEY, D. Ontogênese do sistema de temporização – A construção e as reformas dos ritmos biológicos ao longo da vida humana. *Psicologia*, v.18, n.2, p. 133-153, 2007.
- PEREIRA, E. F.; TEIXEIRA, C. S.; LOUZADA, F. M. Sonolência diurna excessiva em adolescentes: prevalência e fatores associados. *Revista Paulista de Pediatria*, v.18, n.1, mar 2010.
- RAMJI, N. *Probing biology's fourth dimension: chronobiology in America, 1960-2007*, Undergraduate Thesis, 124s, Harvard University, 2008.
- REINBERG, A. E. Ai-Je découvert quoi que ce soit en Chronobiologie? *Rythmes*, v.36, n.3, set 2005.
- _____; GHATA, J. *Les rythmes biologiques*, 3.ed. Paris: PUF, 1978.
- 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.
- STILMAN, B.; STEWART, D.; GRODZICKEZ, T. *Clocks and Rhythms*. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology LXXII. Cold Spring Harbor: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2008.
- VARIZO, Z. C. M. Os caminhos da Didática e sua relação com a formação de professores de Matemática. In: NACARATO, A. M.; PAIVA, M. A. V. *A formação do professor que ensina Matemática*. Perspectivas e Pesquisas. Belo Horizonte: Autêntica, 2008. p.43-59.
- WHITROW, G. J. *O que é tempo? Uma visão clássica sobre a natureza do tempo*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2005.
- ZIUKOVIC, B. Forty-five years of Pittendrigh's empirical generalizations. *Circadiana.blogspot*. 2005. Disponível em <http://circadiana.blogspot.com/2005/01/forty-five-years-of-pittendrighs.html>.