

O QUE ENSINAMOS SOBRE AS PRIMEIRAS PLANTAS TERRESTRES: ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO

Nivea Dias dos Santos¹
Natália Ferreira da Silva²
Tiago Pinheiro de Oliveira²

Recebido em 31.03.2015, Aceito em 27.04.2015

Abstract

What are we teaching students about the first terrestrial plants: analysis of high school didactic texts. We are surrounded by technologies that facilitate our search for information, although textbooks continue to be unanimously sought by both professors and students within the process of teaching/learning. The National Program of High School Didactic Texts (PNLEM) was created in 2003 to closely and objectively evaluate and distribute textbooks to public school students in Brazil. The distribution of biology books began in 2007. We evaluate here the information concerning bryophytes available in these biology books, with the following expectations: (1) that books published in multivolume series (S) will present more detailed approaches than single volume books (U) and will include evolutionary and ecological considerations; 2) that there have been improvements in text quality after 2007 due to the PNLEM program. We analyzed 16 books (four in each treatment: S x U, before vs. after PNLEM) in qualitative and quantitative manners based on our criteria as well as the evaluation parameters of PNLEM described in the literature. Evaluations (on a scale of 1-4) were attributed to the parameters contained on the axes: Theoretical Content and Visual Resources. We used Principal Component Analysis (PCA) to evaluate how the parameters varied among the treatments. Many books focused on names and descriptions, with little attention to ecological/evolutionary considerations, even among more recent books and those edited in multivolume series. Axis 1 of the PCA (51.25%) indicated a gradient related to the year of publication and separated the U and S texts, giving the latter higher ratings. Axis 2 (16.34%) demonstrated the existence of two groups of books, those that invested more in Theoretical Content (e.g., coherence, clarity) and those that invested in Visual Resources (layout, illustrations). Some recurring content problems concerning bryophytes were noted, and a short discussion concerning what bryophytes are, and why it is important to study them, is included. The diagnosis presented here will hopefully serve as a starting point for proposing new didactic materials as instruments for reflecting on modern scientific aspects, for stimulating

¹ Professora Adjunta, Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Av. Moraes Rego, s/n, Cidade Universitária - Recife - PE - Brasil, 50670-901. Email: nivea.dias@gmail.com

² Aluno do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Recife, PE, Brasil.

investigative skills, and for the acquisition of scientific knowledge by students in light of the current challenges to High School education in Brazil and the importance of botany for the understanding of issues related to the environment.

Key words: bryophytes, cryptogam, teaching botany

Resumo

Atualmente estamos rodeados por tecnologias que facilitam a busca por informação. Porém, quando se trata do processo de ensino-aprendizagem, o livro didático continua sendo unanimidade entre professores e alunos. O Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) foi criado em 2003, objetivando a avaliação criteriosa e distribuição de obras didáticas aos estudantes da rede pública de ensino do Brasil. Em 2007 iniciou-se a distribuição de livros de Biologia. Neste trabalho, avaliamos o conteúdo de briófitas de livros de Biologia, com as seguintes expectativas: (1) Livros seriados (S) apresentam uma abordagem mais detalhada em relação aos de volume único (U), incluindo aspectos evolutivos e ecológicos; 2) Ocorre uma melhoria na qualidade dos livros após 2007, por causa do PNLEM. Analisamos de forma quali-quantitativa 16 livros (quatro em cada tratamento: S x U, antes x depois PNLEM), baseando-se nos critérios e parâmetros avaliativos do PNLEM e descritos na literatura. Notas (1-4) foram atribuídas para parâmetros contidos nos eixos: Conteúdo Teórico e Recursos Visuais. Realizamos uma Análise de Componentes Principais (PCA) para avaliar como os parâmetros variavam entre os tratamentos. Muitos livros apresentam enfoque em nomes e significados, sendo escassa uma abordagem ecológica/evolutiva, mesmo em livros recentes e seriados. O eixo 1 da PCA (51,25%) revelou gradiente relacionado ao ano de publicação e separação dos livros U e S, estes com as maiores notas. O eixo 2 (16,34%) demonstrou a existência de dois grupos de livros, aqueles que investem em Conteúdo Teórico (e.g. coerência, clareza) e os que investem em Recursos Visuais (diagramação, ilustrações). São apontados alguns problemas recorrentes no conteúdo de briófitas e é apresentada uma breve discussão sobre quem são as briófitas e porque é importante estudá-las. O diagnóstico realizado servirá de base para a proposição de novos materiais didáticos que sirvam de instrumento de reflexão dos aspectos da realidade e estimulem a capacidade investigativa e formação científica dos alunos, tendo em vista os desafios atuais do Ensino Médio no Brasil e a importância da botânica para a compreensão de assuntos relacionados ao meio ambiente.

Palavras-chave: briófitas, criptógamas, ensino de Botânica

Introdução

Atualmente estamos rodeados por tecnologias que facilitam a busca por informação. No contexto de sociedade, entretanto, os livros ainda representam um importante fundamento para a produção, circulação e apropriação de conhecimentos, sobretudo quando se trata do ambiente escolar, onde ele pode ser decisivo para a qualidade do aprendizado dos alunos (Lajolo, 1996). O livro didático (LD) é um instrumento impresso, intencionalmente estruturado com a

finalidade de melhorar a eficiência do processo de ensino-aprendizagem (Gérard & Roegiers, 1998). E, como tal, passa a ser um importante mecanismo na homogeneização de conceitos, determinação dos conteúdos e direcionamento das estratégias educacionais, delimitando "o que se ensina e como se ensina" (Lajolo, 1996).

Medig-Neto & Fracalanza (2003) reconhecem três formas de utilização do LD por parte dos professores da educação básica, que têm, a cada dia, se recusado em adotar fielmente os manuais didáticos disponíveis no mercado: (1) os que fazem um uso simultâneo de diferentes coleções didáticas na elaboração do planejamento anual e na preparação das aulas; (2) os que utilizam o LD como apoio às atividades de ensino-aprendizagem, através da leitura de textos, realização de exercícios e atividades propostas ou como fonte de recursos visuais; (3) aqueles que o adotam como fonte bibliográfica, para complementação de seus próprios conhecimentos ou para realização de pesquisas bibliográficas por parte dos alunos. Contudo, a utilização de LD como facilitadores do ensino dentro de sala de aula deve ser realizada de forma criteriosa e, nesse sentido, diferentes acadêmicos têm investigado a qualidade das temáticas abordadas nas coleções didáticas, apontando deficiências e soluções para sua melhoria (e.g. Fracalanza, 1993; Nunes & Cassavan, 2011; Lopes & Vasconcelos, 2012; Cardoso-Silva & Oliveira, 2013). No entanto, nem sempre suas vozes são ouvidas pelos autores, editoras ou órgãos gestores das políticas públicas educacionais (Medig-Neto & Fracalanza, 2003).

O Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) foi instituído em 2003 (Resolução CD FNDE nº 38, de 15/10/2003) e implantado a partir de 2004 pelo Ministério da Educação, objetivando a distribuição de obras didáticas aos estudantes da rede pública de ensino do Brasil. Em 2007, iniciou-se a distribuição de livros de Biologia. A escolha do livro a ser adotado em sala de aula é realizada pelos professores a cada três anos, a partir de um catálogo enviado às escolas. Entretanto, o que deveria ser um momento de análise criteriosa das obras nem sempre recebe a devida importância no ambiente escolar. Além disso, o professor da escola básica muitas vezes não dispõe de tempo e base teórica para realizar uma avaliação crítica do material recebido. Neste trabalho, avaliamos criticamente o conteúdo relacionado às plantas criptógamas, com ênfase nas briófitas, em 16 livros de Biologia do Ensino Médio, com o objetivo de conhecer o que ensinamos sobre as primeiras plantas terrestres aos alunos do ensino básico. Temos as seguintes expectativas: (1) Livros seriados (S) apresentam uma abordagem mais detalhada em relação aos de volume único (U), incluindo aspectos evolutivos e ecológicos; 2) Ocorre uma melhoria na qualidade dos livros após 2007, relacionada ao surgimento do PNLEM. Realizamos, ao final da análise, uma breve discussão sobre quem são as briófitas e porque é importante estudá-las.

Material e métodos

Analizamos de forma quali-quantitativa 16 livros (quatro em cada

tratamento: S x U, antes x depois PNLEM - Tab. 1), baseando-se nos critérios e parâmetros avaliativos presentes no Guia de Livros Didáticos PNLD, relacionados aos blocos "abordagem teórico-metodológica e proposta didático-pedagógica", "projeto gráfico-editorial" e "conceitos, linguagem e procedimentos" (Brasil, 2011) e naqueles recomendados por Vasconcelos & Souto (2003), relacionados aos eixos "conteúdo teórico" e "recursos visuais". Para a análise quantitativa, notas de 1 a 4 (1 = fraco, 2 = regular, 3 = bom, 4 = excelente) foram atribuídas para parâmetros contidos nos eixos: "conteúdo teórico" e "recursos visuais". Em "conteúdo teórico" foram analisadas a abordagem teórica do livro, sua clareza, concisão e objetividade da linguagem, além da ausência de contradições conceituais, características que aumentam a eficiência do processo de aprendizagem (Vasconcelos & Souto, 2003). Já em "recursos visuais" foram julgadas a qualidade e originalidade das figuras e diagramação do livro (Vasconcelos & Souto, 2003). Realizamos uma Análise de Componentes Principais (PCA) no programa Fitopac 2.1 (Shepherd, 2010) para avaliar como os parâmetros variavam entre os tratamentos. Demos ênfase aos assuntos relacionados à "transição das plantas para o ambiente terrestre" e "briófitas". É importante destacar que não foi incluído um tópico sobre o nível de atualização do texto por termos realizado uma amostragem que agrupa livros de diferentes anos e edições.

Resultados e discussão

Análise crítica do conteúdo dos Livros Didáticos

Verificamos que é comum um enfoque em nomes e significados (e.g. criptógamas x fanerógamas, plantas vasculares x avasculares), morfologia (de hepáticas e musgos) e ciclo de vida das briófitas nos livros didáticos analisados. Diferentemente do que prevíamos, é escassa uma abordagem ecológica e evolutiva das plantas terrestres, mesmo em livros recentes e seriados. Uma introdução à classificação/sistemática pode ser encontrada nos livros LD2, LD7, LD8, LD9, LD10, LD14, LD15, LD16 (Tab. 2). Entre os aspectos ecológicos geralmente enfatizados estão os substratos colonizados e a ecologia e importância do gênero *Sphagnum*, que apesar de ter uma grande diversidade no Brasil (Costa *et al.*, 2011), não apresenta em nosso país elevada abundância com formação de turfeiras, como em países temperados (Raven *et al.*, 2001). Um livro que merece destaque por trazer questões evolutivas e algo sobre ecologia é o LD10, livro que recebeu a maior pontuação na análise quantitativa (Tab. 2).

Abaixo, são listados alguns problemas recorrentes no conteúdo relacionado às briófitas nos livros analisados:

- (1) *Em geral não citam os antóceros.* O grupo que denominamos briófitas representa, na realidade, a reunião de três distintos filos de plantas, as hepáticas, os musgos e os antóceros. Apesar de esses organismos compartilharem diversas características, eles compõem um grupo parafilético, estando atualmente classificados em três Divisões: Marchantiophyta, Bryophyta e Anthocerotophyta (Renzaglia

et al., 2009; Crandall-Stotler *et al.*, 2009; Goffinet *et al.*, 2009). Filogenias recentes apontam as hepáticas como grupo mais antigo de briófitas, seguida de musgos e antóceros, o grupo irmão das plantas vasculares (ver revisão de Ligrone *et al.*, 2012).

- (2) *Enfocam apenas as hepáticas talosas.* Em geral citam o corpo achatado e fazem relação entre o termo "hepática" e sua associação com o formato do fígado humano. Contudo, raramente citam as hepáticas folhosas, que constituem o grupo mais diverso entre as Marchantiophyta e mais abundante nos trópicos (Gradstein & Costa, 2003). Destaque para LD10, que enfoca a diversidade das hepáticas folhosas nos ecossistemas tropicais.
- (3) *Exemplificam apenas o ciclo de vida dos musgos acrocárpicos.* Somente parte dos musgos produz o gametângio feminino e, conseqüentemente, o esporófito, no ápice do gametófito (acrocárpicos). Musgos acrocárpicos crescem eretos, não são ramificados e ocorrem geralmente sobre solo, rocha e, mais raramente, sobre árvores. Entretanto, em florestas tropicais, a maior parte dos musgos cresce sobre troncos e ramos de árvores ou arbustos e são pleurocárpicos, *i.e.* são ramificados e produzem o esporófito lateralmente, crescendo rastejantes ou pendentes (Gradstein *et al.*, 2001). Quando os livros tratam de hepáticas, destacam a fase esporofítica somente no gênero *Marchantia*, que apresenta arquegonióforo e anteridióforo, estruturas exclusivas do grupo e que representam uma exceção dentre as hepáticas (Gradstein & Costa, 2003).
- (4) *Ocorrência das briófitas exclusiva em ambientes úmidos.* A ocorrência de briófitas em ecossistemas áridos e semi-áridos, incluindo desertos (ver Glime, 2007; Gradstein *et al.*, 2001) não é relatada na maioria dos livros didáticos.
- (5) *Rizóides com função de absorção de água e nutrientes.* A maioria dos livros não cita que briófitas são poiquilohídricas e podem absorver água e nutrientes por todo o gametófito (Proctor & Tuba, 2002).
- (6) *Reprodução vegetativa.* Poucos abordam a reprodução vegetativa (assexuada) das briófitas e, quando citam, descrevem apenas os conceptáculos das hepáticas talosas. A reprodução vegetativa é comum em briófitas, sendo importante para a expansão e manutenção das populações locais (ver Glime, 2007).

Os seguintes erros conceituais presentes em alguns livros também merecem atenção:

- (1) LD9 - que chama ciclo de vida de "ciclo evolutivo" (pág. 291).
- (2) LD1 - afirma que os gametófitos das briófitas "são de sexos separados" (pág. 543), o que não é verdadeiro, embora 60% dos musgos sejam dióicos (Wyatt & Anderson, 1984).

- (3) LD6 e LD11 - definem plantas monoicas e dioicas como homotáticas e heterotáticas, respectivamente. Segundo Luiz-Ponzo *et al.*, (2006) heterotático significa auto-incompatível, que requer gametas de plantas diferentes para fertilização. Já homotático significa auto-compatível, gametas de uma mesma planta podem efetuar a fertilização.

Sugerimos aos autores de livros e professores a atualização de alguns termos:

- (1) O ciclo de vida com alternância de gerações, encontrado em todas as plantas terrestres deve ser denominado diplobionte e não, haplodiplobionte ou haplodiplobiôntico (Ferri *et al.*, 1981). Estes termos foram comumente encontrados nos livros didáticos analisados.
- (2) Substituição dos termos caulóide e filoide por caulídio e filídio (Luiz-Ponzo *et al.*, 2006).
- (3) Suprimir a expressão plantas superiores x inferiores. Briófitas constituem linhagens de plantas basais do ponto de vista evolutivo, de morfologia simples, contudo podem ser superiores às outras plantas terrestres em termos de dispersão a longa distância, período de origem, tolerância a ambientes extremos (como geleiras, desertos e vulcões).

Análise quantitativa

Não houve diferença significativa entre o número de páginas com conteúdo de “introdução às plantas terrestres” e “briófitas” nos tratamentos (volume único x seriado), mas uma tendência de aumento entre antes e depois do PNLEM (Tab. 1 e Fig. 1). A pontuação geral foi maior em livros seriados, contudo não houve diferença significativa, pois mesmo os livros de volume único distribuídos após o PNLEM receberam boas notas (Tab. 2 e Fig. 2). Conforme esperado, as menores notas foram atribuídas aos livros de volume único anteriores ao PNLEM, o que pode indicar uma melhoria na qualidade dos livros didáticos após a instituição do programa.

O primeiro eixo da PCA (51,25% da variância dos dados) revelou um gradiente relacionado ao ano de publicação e separação dos livros de volume único e seriados, estes com as maiores notas (Fig. 3). O segundo eixo (16,34%) demonstrou a existência de dois grupos de livros, aqueles que investem em conteúdo teórico (com boas notas em coerência e clareza), por exemplo o LD7 e LD16, e os que investem em recursos visuais (e.g. diagramação e ilustrações), LD5, LD9, LD10 e LD14. Os dois primeiros eixos representaram 67,59% da variação dos dados, estando acima do modelo da vara quebrada (45,81%), ou seja, o diagrama pode ser utilizado para interpretação dos resultados (Borcard *et al.*, 2011). As variáveis mais correlacionadas com o primeiro eixo foram adequação à série (0,39) e qualidade das ilustrações (0,38) e com o segundo eixo foram a relação da ilustração com o conteúdo contido no texto (0,56) e a clareza do conteúdo (-0,51). Coerência, clareza e objetividade da linguagem são atributos

imprescindíveis para a qualidade de um livro didático e aumentam a eficiência do processo de aprendizagem, especialmente quando o aluno utiliza o livro fora de sala de aula (Vasconcelos & Souto, 2003). Recursos visuais, como diagramas, desenhos e fotografias, facilitam a atividade docente e a compreensão do conteúdo por parte dos alunos, tendo como função estimular a interação entre os leitores e o texto científico (Vasconcelos & Souto, 2003).

Sugestões de temas que podem ser abordados no Ensino Básico

Quem são as briófitas?

As briófitas (antóceros, hepáticas e musgos) são plantas pequenas talosas ou folhosas que, da mesma forma que as licófitas, sambambaias, gimnospermas e angiospermas, possuem clorofilas A e B, carotenos, xantofilas, amido, gorduras, celulose e hemicelulose em sua constituição, têm um ciclo de vida com alternância de gerações (gametófito e esporófito), e apresentam uma camada de células estéreis protegendo o embrião. Diferentemente das angiospermas e gimnospermas, não possuem flores e nem sementes (criptógamas), sendo ainda desprovidas de xilema e floema (avasculares), o que as distingue das licófitas e samambaias. Como características únicas, apresentam ainda a fase gametofítica como dominante no ciclo de vida, sendo fotossintetizante e de vida livre; um esporófito que não faz fotossíntese na maturidade (exceto em antóceros) e que, por isso, depende nutricionalmente do gametófito, apresentando ainda um único esporângio (órgão produtor de esporos), denominado cápsula (Costa *et al.*, 2010; Goffinet & Shaw 2009).

Ciclo de vida

Como nas demais plantas, o ciclo de vida das briófitas é caracterizado pela alternância de duas gerações: gametófito (haplóide) e esporófito (diplóide). Estas gerações apresentam forma, função e número cromossômico distintos, sendo a geração livre, fotossintetizante e dominante, o gametófito. O esporófito cresce aderido ao gametófito e retira dele seu alimento, tendo como função produzir e dispersar os esporos. O esporo é a primeira célula da geração gametofítica, que ao germinar produz um protonema, de onde se origina o gametófito. O gametófito das briófitas pode ser taloso (antóceros e hepáticas) ou folhoso (hepáticas e musgos). Os gametófitos folhosos são compostos por filídios (que realizam a fotossíntese e absorção de água) e caulídios (que conferem a sustentação). Os rizóides são os responsáveis pela fixação das plantas talosas ou folhosas ao substrato.

Cabe destacar que, apesar de análogas às folhas, caules e raízes das plantas vasculares, as os filídios, caulídios e rizóides das briófitas apresentam origens distintas (geração gametofítica haplóide x geração esporofítica diplóide) e que nas briófitas, não existe um sistema vascular, visto que as células responsáveis pela condução são desprovidas de lignina (ainda há controvérsias sobre a presença de ligninas em briófitas – ver Glime, 2007). A

condução de solutos se dá de célula a célula, por difusão. O gametófito (haplóide) produz os órgãos sexuais masculinos (anterídios) e femininos (arquegônios), que são protegidos por uma camada de células estéreis. O anterídio produz, por mitose, os anterozóides (gametas masculinos haplóides), que são biflagelados; enquanto que o arquegônio produz, também por mitose, a oosfera (gameta feminino haplóide), que fica numa região do arquegônio denominada ventre. Por serem flagelados, os anterozóides precisam nadar para alcançar a oosfera, sendo indispensável a existência de água para que ocorra a fecundação. Quando ocorre a união dos núcleos do anterozóide e da oosfera, é formado o zigoto, que é diplóide e representa a primeira célula da geração esporofítica. O zigoto produz um pé, que penetra no tecido do gametófito, sendo responsável pela absorção dos nutrientes; uma seta, responsável pela elevação e sustentação da cápsula, que é o nome dado ao esporângio das briófitas. É na cápsula que são produzidos os esporos através de meiose (com redução do número cromossômico à metade). Sendo assim, os esporos haplóides, quando maduros e recobertos por esporopolenina, são liberados para o ambiente e dispersos principalmente pelo vento. Destaca-se, no ciclo de vida das briófitas, a ocorrência de reprodução assexuada em muitas espécies, através da produção de diásporos pelos gametófitos, e.g. gemas, propágulos, fragmentação dos filídios (Gradstein & Costa, 2003; Costa *et al.*, 2010).

Por que ensinar briófitas?

(1) *Evolução*. Um passo fundamental para o entendimento da transição da vida para o ambiente terrestre e colonização desse ambiente pelos organismos vivos é a compreensão do surgimento e evolução das primeiras linhagens de plantas, derivadas de uma alga verde ancestral (Goffinet & Shaw, 2009). Seu surgimento é estimado para cerca de 593 milhões de anos atrás (Magallón & Hilu, 2009). As três linhagens de briófitas surgiram bem antes das angiospermas (175 milhões de anos - Magallón, 2009) ou da espécie humana (o gênero *Homo* surgiu há 2,8 milhões de anos - Villmoare *et al.*, 2015).

(2) *Diversidade*. As briófitas representam o grupo mais diverso de plantas sem flores, apresentando 15.000 espécies no mundo, das quais 1.524 ocorrem no Brasil (Costa & Peralta, 2015; Gradstein *et al.*, 2001), o que corresponde a 10% da brioflora global e 41% daquela ocorrente na região Neotropical (Gradstein *et al.*, 2001).

(3) *Ecologia*. Essas pequenas plantas vivem sobre os mais variados tipos de substrato, como troncos e ramos de árvores, rochas, barrancos, folhas de arbustos e ervas, etc. Constituem um componente característico das florestas tropicais, onde crescem preferencialmente sobre árvores, ocupando diferentes microambientes desde a base até os ramos externos da copa (Pócs, 1982). As briófitas demonstram preferência por locais úmidos por dois motivos principais: ausência de tecido vascular e pelo fato de que o gameta masculino (anterozóide) é flagelado e precisa nadar até o gameta feminino (oosfera) para que ocorra a fecundação. Além disso, muitas são poiquilohídricas, ou seja, não possuem cutícula, apresentando pouco controle sobre a perda d'água, sendo o

turgor de suas células dependente da umidade do ambiente (Delgadillo & Cárdenas, 1990; Gradstein *et al.*, 2001). Algumas espécies são tolerantes à dessecação e podem suportar condições ambientais extremas, resistindo a longos períodos de seca e retornando ao metabolismo normal nas condições adequadas (Proctor, 2000; Proctor *et al.*, 2007).

4) *Fitogeografia*. Briófitas estão amplamente distribuídas no mundo, desde as regiões polares às áreas temperadas e tropicais, desde o deserto a ambientes submersos com água doce, embora não ocorram no ambiente marinho (Delgadillo & Cárdenas, 1990). Apresentam dispersão dos esporos a longas distâncias pelo vento, possuindo padrões fitogeográficos amplos, quando comparadas às angiospermas (van Zanten & Pócs, 1981; Heirinchs *et al.*, 2009).

Para que servem as briófitas?

Apesar do uso comercial das briófitas não impulsionar a economia mundial (ver Delgadillo & Cárdenas, 1990 e Glime, 2008), elas prestam diferentes serviços ambientais, essenciais para manutenção da estabilidade de muitos ecossistemas. Estão intimamente relacionadas com a dinâmica da maioria dos ecossistemas terrestres, sendo importantes na ciclagem de água e de nutrientes, como carbono e nitrogênio (Hallingbäck & Hodgetts, 2000; Turetsky, 2003; Glime, 2007). Desempenham um papel ecológico importante nas florestas tropicais úmidas, pois auxiliam no balanço hídrico do ecossistema, contribuindo na captação e manutenção da umidade atmosférica, e na prevenção da perda de água, pois possuem alta capacidade de retenção de água da chuva (Brito & Pôrto, 2000). Além de reguladoras do clima do interior das florestas, servem de hábitat para pequenos organismos e, como plantas pioneiras, atuam na estabilização do substrato, inclusive em ambientes áridos e semi-áridos, como a Caatinga, onde formam os "biological soils crusts" (Glime, 2007; Reis, 2015). Os "biological soils crusts" são associações de cianobactérias, líquens e briófitas, típicas de ambientes secos, que contribuem na manutenção da estrutura e umidade do solo e na ciclagem de nutrientes, como nitrogênio e carbono, e fornecem importantes serviços para o aumento da resiliência de ecossistemas (Eldridge, 2000). Contribuem para o seqüestro de carbono, pois armazenam uma grande quantidade desse elemento em diferentes ecossistemas do mundo, como Tundra, Florestas de Coníferas e Florestas Tropicais Montanas (Singh, 2006).

Por não apresentarem cutícula em seus filídios, as briófitas estão diretamente expostas às condições ambientais e reagem de maneira previsível e mensurável a mudanças no seu ambiente, sendo por isso, utilizadas como bioindicadoras (Hallingbäck & Hodgetts, 2000; Vanderpoorten & Goffinet, 2009). Briófitas são excelentes indicadoras climáticas, pois reagem a fatores como temperatura e umidade, possuem ciclo de vida curto e dispersão por esporos (Frahm & Gradstein, 1991). São utilizadas no biomonitoramento direto ou indireto de distúrbios ambientais. O biomonitoramento direto envolve a quantificação dos níveis do poluente, ou de enzimas derivadas da

decomposição desse poluente, nos tecidos da planta. Por exemplo, o monitoramento da poluição e a bioacumulação de substâncias contaminantes (Nimis et al., 2002; Carballeira et al., 2006). Já o indireto, relaciona-se à detecção de alterações em parâmetros da comunidade (e.g. composição de espécies, abundância ou diversidade) em resposta a mudanças no ambiente (Vanderpooten & Goffinet, 2009). São exemplos de biomonitoramento indireto, a utilização de briófitas como indicadoras de distúrbios florestais (Gradstein et al., 2001), na avaliação dos efeitos da fragmentação de habitat (Zartman, 2003), na estimativa dos impactos do aumento da temperatura global (Ginac et al., 1998) e na caracterização de tipos vegetacionais (Frahm & Gradstein, 1991; Costa & Lima, 2005; Santos & Costa, 2010; Santos *et al.*, 2014).

Considerações finais

Constatamos a existência de uma melhora na qualidade do conteúdo de briófitas presente em livros didáticos do Ensino Médio nos últimos anos, contudo boa parte desses livros ainda traz problemas teóricos, conceituais e poucos exemplos de táxons comuns em ambientes tropicais, além de escasso enfoque ecológico. É evidente o distanciamento do conhecimento gerado pela academia do conteúdo presente nos livros didáticos. O conhecimento sobre as briófitas do Brasil é hoje bem consolidado, embora ainda haja carência de taxonomistas em diferentes regiões do país. A formação de um cidadão consciente de seu papel ambiental requer que o conhecimento sobre diversidade, evolução e ecologia das primeiras plantas terrestres seja acessível para a sociedade brasileira. Ações nesse sentido vêm sendo tomadas ao longo dos anos, com a produção de manuais didáticos, como o “Manual para Estudo Prático de Bryophyta” (Bastos, 1996), o “Guia de Estudo de Briófitas: briófitas do Ceará” (Brito & Pôrto, 2000), o “Manual de Briologia” (Costa *et al.*, 2010) e o manual disponível na internet “Briófitas” (Bordin, 2009); todos, contudo, voltados para o nível de graduação.

Este trabalho é parte de um projeto guarda-chuva, intitulado, “Ensino de Botânica: fluências e influências”, cujo foco é a falta de interesse acerca dos conteúdos de botânica por parte de alunos e professores da escola básica. O diagnóstico realizado servirá de base para a proposição de novos materiais didáticos que sirvam de instrumento de reflexão dos aspectos da realidade e estimulem a capacidade investigativa e formação científica dos alunos, tendo em vista os desafios atuais da Educação Básica no Brasil e a importância da Botânica para a compreensão de assuntos relacionados ao meio ambiente e, conseqüente, formação de uma consciência ambiental.

Referências bibliográficas

- BASTOS, C.J.P. & NUNES, J.M.C. 1996. Guia para Identificação de material botânico: I – manual para estudo prático de Bryophyta. Salvador, Gráfica da UNEB.
- BORCARD, D.; GILLET, F. & LEGENDRE, P. 2011. *Numerical Ecology with R*. New York, Springer.
- BORDIN, J. 2009. *Briófitas*. Disponível em http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Briofitas_Jucara_Bordin.pdf. Acesso em 25 abr. 2015.

- BRASIL. 2011. Secretaria de Educação Básica. *Guia de livros didáticos: PNLD 2012: Biologia*. Brasília, Ministério da Educação.
- BRITO, A.E.R.M. & PÔRTO, K.C. 2000. *Guia de Estudos de Briófitas: briófitas do Ceará*. Fortaleza, EUFC.
- CARBALLEIRA, A.; FERNANDEZ, J.A.; ABOAL, J.R.; REAL, C. & COUTO, J.A. 2006. Moss: a powerful tool for dioxin monitoring. *Atmospheric Environment* 40: 5776-5786.
- CARDOSO-SILVA, C.B. & OLIVEIRA, A.C. 2013. Como os livros didáticos de biologia abordam as diferentes formas de estimar a biodiversidade? *Ciência & Educação* 19: 169-180.
- COSTA, D.P.; ALMEIDA, J.S.S.; SANTOS, N.D.; GRADSTEIN, S.R. & CHURCHILL, S.P. 2010. *Manual de Briologia*. Rio de Janeiro, Interciência.
- COSTA, D.P.; PORTO, K.C.; LUIZPONZO, A.; ILKIU-BORGES, A. L.; BASTOS, C.J. P.; CAMARA, P.; PERALTA, D.; BOASBASTOS, S.V.; IMBASSAHY, C.A.A.; HENRIQUES, D.; SANTOS, N.D.; VAZ-IMBASSAHY, T.F. & CHURCHILL, S.P. 2011. Synopsis of the Brazilian moss flora: checklist, synonyms, distribution and conservation. *Nova Hedwigia* 93: 277-334.
- COSTA, D.P. & LIMA, F.M. 2005. Moss diversity in the tropical rainforest of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 28: 671-685.
- COSTA, D.P. & PERALTA, D.F. 2015. Briófitas in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB128472>>. Acesso em: 30 Mar. 2015
- CRANDAL-STOTLER, B.; STOTLER, R.E. & LONG, D.G. 2009. Morphology and classification of the Marchantiophyta. In: B. GOFFINET & A.J. SHAW (eds.). *Bryophyte Biology*. Cambridge University Press, New York. Pp. 1-54.
- DELGADILLO, M.C. & CÁRDENAS, S.A. 1990. *Manual de Briofitas*. 2ª ed. México: Instituto de Biología da Universidad Nacional Autónoma de México.
- ELDRIDGE, D.J. 2000. Ecology and management of biological soil crusts: recent developments and future challenges. *Bryologist* 103: 742-747.
- FERRI, M.G.; MENEZES, N.L. & MONTEIRO-SCANAVACCA, W.R. 1981. *Glossário ilustrado de botânica*. São Paulo: Nobel.
- FRACALANZA, Hilário. 1993. O que sabemos sobre os livros didáticos para o ensino de Ciências no Brasil. 1993. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação, UNICAMP, Campinas.
- FRAHM, J-P. & GRADSTEIN, S.R. 1991. An altitudinal zonation of tropical rain forests using bryophytes. *Journal of Biogeography* 18: 669-678.
- GÉRARD, F. & ROEGIERS, X. 1998. *Conceber e avaliar manuais escolares*. Porto, Porto Editora.
- GINAC, L.D.; NICHOLSON, B.J. & BAVLEY, S.E. 1998. The utilization of bryophytes in bioclimatic modeling: Predicted northward migration of peatlands in the Mackenzie River Basin, Canada, as a result of global warming. *The Bryologist* 101: 572-587.
- GLIME, J.M. 2007. *Bryophyte Ecology*. Volume 1. Physiological Ecology. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Disponível em <http://www.bryoecol.mtu.edu/>. Acesso em 20 mar. 2015.
- GLIME, J.M. 2008. *Bryophyte Ecology*. Volume 5. Uses. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Disponível em <http://www.bryoecol.mtu.edu/>. Acesso em 22 mar. 2015.
- GOFFINET, B. & SHAW, A.J. 2009. *Bryophyte Biology*. New York: Cambridge University Press.

- GOFFINET, B.; BUCK, W.R. & SHAW, A.J. 2009. Morphology and classification of the Bryophyta. In: B. GOFFINET & A.J. SHAW (eds.). *Bryophyte Biology*. New York, Cambridge University Press. Pp. 55-138.
- GRADSTEIN, S.P. & COSTA, D.P. 2003. The Hepaticae and Anthocerotae of Brazil. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 87: 1-301.
- GRADSTEIN, S.P.; CHURCHILLI, S.P. & SALAZAR-ALLEN, N. 2001. Guide to the Bryophytes of Tropical America. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 86: 1-577.
- HALLINGBÂCK, T. & HODGETTS, N. 2000. *Mosses, liverworts & hornworts: a status survey and conservation action plan for bryophytes*. IUCN, Gland.
- LAJOLO, M. 1996. Livro didático: um (quase) manual de usuário. *Em Aberto* 16:3-9.
- LIGRONE, R.; DUCKETT, J.G. & RENZAGLIA, K.S. 2012. Major transitions in the evolution of early land plants: a bryological perspective. *Annals of Botany* 109: 851-871.
- LOPES, W.R. & VASCONCELOS, S.D. 2012. Representação e distorções conceituais do conteúdo filogenia em livros didáticos de biologia do ensino médio. *Revista Ensaio* 14: 14-16.
- LUIZI-PONZO, A.P., BASTOS, C.J.P.; COSTA, D.P.; PÔRTO, K.C.; CÂMARA, P.E.; LISBOA, R.C.L. & VILASBOAS-BASTOS, S. (Orgs.) 2006. Glossarium Polyglotum Bryologiae: Versão Brasileira do Glossário Briológico. Juiz de Fora, Editora da Universidade Federal de Juiz de Fora.
- MAGALLÓN, S. 2009. Flowering plants (Magnoliophyta). In: S.B. HEDGES & S. KUMAR (eds.). *The Timetree of Life*. Oxford University Press, New York. Pp. 161-165.
- MAGALLÓN, S. & HILU, K.W. 2009. Land plants (Embryophyta). In: S.B. HEDGES & S. KUMAR (eds.). *The Timetree of Life*. Oxford University Press, New York. P.p. 133-137.
- MEGID-NETO, J. & FRACALANZA, H. 2003. O livro didático de Ciências: Problemas e Soluções. *Ciência & Educação* 9: 147-157.
- NIMIS, P.L.; FUMAGALLI, F.; BIZZOTO, A.; CODOGNO, M. & SKERT, N. 2002. Bryophytes as indicators of trace metal pollution in the River Brenta (NE Italy). *The Science of the Total Environment* 286: 233-242.
- NUNES, P.S. & CASSAVAN, O. 2011. As concepções históricas de sucessão ecológica e os livros didáticos. *Filosofia e História da Biologia* 6: 87-104.
- PÓCS, T. 1982. Tropical Forest Bryophytes. In: A.J.E. SMITH (ed.). *Bryophyte Ecology*. Chapman and Hall, London, New York. Pp. 59-103.
- PROCTOR, M.C.F. 2000. The bryophyte paradox: tolerance of desiccation, evasion of drought. *Plant Ecology* 151: 41-49.
- PROCTOR, M.C.F.; OLIVER, M.J.; WOOD, A.J.; ALPERT, P.; STARK, L.R.; CLEAVITT, N.L. & MISHLER, B.D. 2007. Desiccation-tolerance in bryophytes: a review. *The Bryologist* 110: 595-621.
- PROCTOR, M.C.F. & TUBA, Z. 2002. Poikilohydry and homoiohydric: antithesis or spectrum of possibilities? *New Phytologist* 156: 327-349.
- RAVEN, P.H.; EVERT R.F. & EICHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*. 6ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan.
- REIS, T.R. 2015. *Diversidade, distribuição e conservação de Riccia L. (Ricciaceae, Marchantiophyta) no semiárido nordestino do Brasil*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Botânica. Universidade Federal de Pernambuco.
- RENZAGLIA, K.S.; VILLAREAL, J.C. & DUFF, R.J. 2009. New insights into morphology, anatomy, and systematic of hornworts In: B. GOFFINET & A.J. SHAW (eds.). *Bryophyte Biology*. Cambridge University Press, New York. Pp. 138-171.

- SANTOS, N.D. & COSTA, D.P. 2010. Altitudinal Zonation of Liverworts in the Atlantic Forest, Southeastern Brazil. *The Bryologist* 113: 631-645.
- SANTOS, N.D.; COSTA, D.P.; KINOSHITA, L.S. & SHERPHERD, G.J. 2014. Windborne: Can liverworts be used as indicators of altitudinal gradient in the Brazilian Atlantic Forest? *Ecological Indicators* 36: 431-440.
- SHEPHERD, G.J. 2010. *FITOPAC 2.1*. Departamento de Botânica/UNICAMP.
- SINGH, M.K. 2006. Some aspects of accumulated carbon in few bryophyte-dominated ecosystems: a brief mechanistic overview. *Cereal Research Communications* 34: 37-40.
- TURETSKY, M.R. 2003. The role of bryophytes in carbon and nitrogen cycling. *The Bryologist* 106: 395-409.
- VAN ZANTEN, B.O. & PÓCS, T. 1981. Distribution and dispersal of Bryophytes. In: SCHULTZEMOTEL, W. (Ed.) *Advances in Bryology* 1. Pp. 479-562.
- VANDERPOORTEN, A. & GOFFINET, B. 2009. *Introduction to Bryology*. New York, Cambridge University Press.
- VASCONCELOS, S.D. & SOUTO, E. 2003. O livro didático de Ciências no ensino fundamental: proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. *Ciência & Educação* 9: 93-104.
- VILLMOARE, B.; KIMBEL, W.H.; SEYOUM, C.; CAMPISANO, C.J.; DIMAGGIO, E.N.; ROWAN, J.; BRAUN, D.R.; ARROWSMITH, J.R. & REED, K.E. 2015. Early Homo at 2.8 Ma from Ledi-Geraru, Afar, Ethiopia. *Science* 347(6228):1352-1355.
- WYATT, R. & ANDERSON, L.E. 1984. Breeding systems in bryophytes. In: A.F. DYER & J.G. DUCKETT, eds. *The experimental biology of bryophytes*. London, Academic Press. Pp. 39-64.
- ZARTMAN, C.E. 2003. Habitat fragmentation impacts on epiphyllous bryophyte communities in Central Amazonia. *Ecology* 84: 948-954.

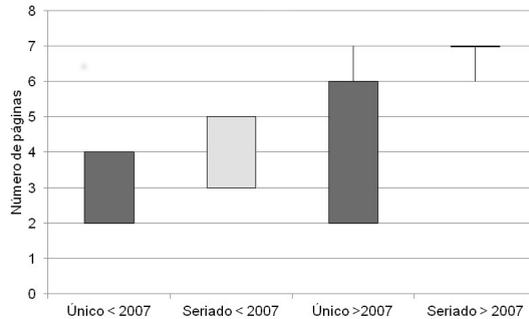


Figura 1. Número de páginas com conteúdo sobre introdução às plantas terrestres” e “briófitas” nos tratamentos analisados (volume único x seriado, antes x depois do PNLEM/2007).

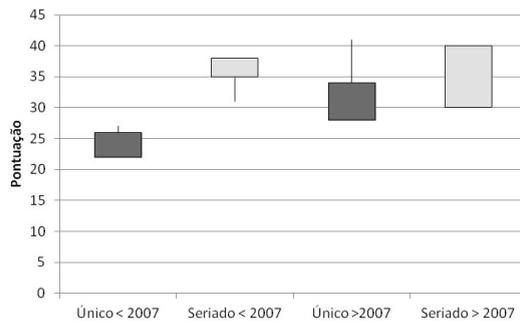


Figura 2. Pontuação geral obtida na avaliação dos eixos propostos por Vasconcelos & Souto (2003) nos tratamentos analisados (volume único x seriado, antes x depois do PNLEM/2007).

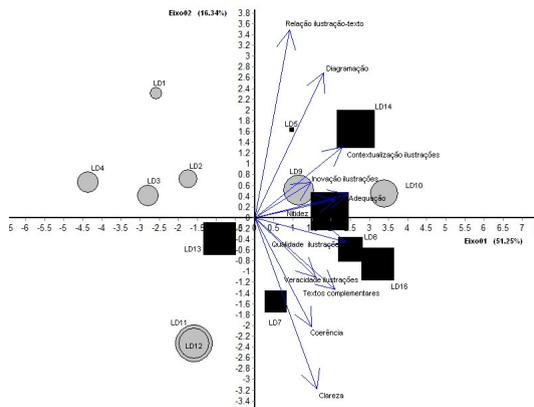


Figura 3. Diagrama de ordenação dos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais. Círculos cinzas representam os livros de volume único e os quadrados pretos os livros seriados. O tamanho dos símbolos denota o ano de publicação.

Tabela 1. Descrição dos livros analisados incluindo o número de páginas dedicada aos assuntos "introdução às plantas" e "briófitas".

Tratamento	Sigla	Autores	Ano	Editora	Título	Páginas
U<2007	LD1	A. Uzunian e E. Biner	2001	Abra	Biologia	4
U<2007	LD2	S. Lopes	2004	Saraiva	Bio	3
U<2007	LD3	S. Linhares e F. Gewandzswajder	2005	Ática	Biologia Série Brasil	2
U<2007	LD4	J. A. Favareto e C. Mercadante	2005	Moderna	Biologia	2
S<2007	LD5	W. R. Paulino	1997	Ática	Biologia Atual	3
S<2007	LD6	S. Linhares e F. Gewandzswajder	2002	Afiliada	Biologia Hoje dos Seres Vivos	5
S<2007	LD7	C. Silva Júnior e S. Sasson	2005	Saraiva	Biologia	5
S<2007	LD8	S. Lopes	2006	Saraiva	Bio	5
U>2007	LD9	J. Laurence	2009	Mono Geração	Biologia	6
U>2007	LD10	S. Lopes	2008	Saraiva	Bio	7
U>2007	LD11	S. Linhares e F. Gewandzswajder	2012	Ática	Biologia	2
U>2007	LD12	S. Linhares e F. Gewandzswajder	2009	Ática	Biologia	2
S>2007	LD13	V. Mendonça e J. Laurence	2010	Mono Geração	Biologia	7
S>2007	LD14	J. M. Amabis e G. R. Martho	2012	Moderna	Biologia	7
S>2007	LD15	S. Linhares e F. Gewandzswajder	2012	Ática	Biologia Hoje	6
S>2007	LD16	S. Lopes e S. Rosso	2010	Saraiva	Bio	7

Tabela 2. Notas atribuídas aos parâmetros contidos nos eixos "conteúdo teórico" e "recursos visuais" propostos por Vasconcelos & Souto (2003) e pontuação geral obtida por cada livro analisado.

Livros	Adequação	Clareza	Coerência	Textos complementares	Qualidade ilustrações	Nitidez ilustrações	Relação ilustração-texto	Diagramação	Veracidade ilustrações	Contextualização ilustrações	Inovação ilustrações	Pontuação
LD1	2	1	2	1	3	3	3	4	2	3	2	26
LD2	3	2	2	2	3	4	2	3	1	3	2	27
LD3	2	1	3	2	2	3	3	2	3	3	2	26
LD4	1	1	3	1	2	2	3	2	2	3	2	22
LD5	3	2	3	4	3	4	4	4	2	4	2	35
LD6	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	31
LD7	3	3	4	3	4	4	2	3	2	3	2	33
LD8	4	3	3	4	4	4	2	4	4	4	2	38
LD9	3	2	3	4	4	3	2	4	2	4	3	34
LD10	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	41
LD11	2	3	3	3	3	3	1	2	3	3	2	28
LD12	2	3	3	3	3	3	1	2	3	3	2	28
LD13	2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	30
LD14	4	2	3	3	4	4	4	4	4	4	3	39
LD15	3	3	3	4	4	4	3	4	3	4	2	37
LD16	4	3	4	4	4	4	3	3	4	4	3	40