

CONSTRUÇÃO DOS SABERES SOBRE VASOS CONDUTORES VEGETAIS, QUANDO O LÁTEX E O MAPLE SYRUP IMPACTAM O ENSINO E APRENDIZAGEM DE BOTÂNICA

AMANI EL ZAHAB

Mestranda do Curso de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PECMA) da Universidade Federal de São Paulo, a.zahab@unifesp.br

CAMILO LELLIS-SANTOS

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista e Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo, lellis.camilo@unifesp.br

RESUMO

No ensino de ciências, o uso de exemplos são recursos didáticos capazes de facilitar aprendizagem de conceitos científicos, sobretudo quando são extraídos do contexto e cultura dos aprendizes. Nessa perspectiva, o presente estudo investigou as concepções científicas sobre vasos condutores presentes nos livros didáticos, currículos educacionais e em estudantes de graduação ciências da natureza e exatas. Como a extração do látex é prontamente associada à temática, investigamos o impacto dessa atividade econômica na construção de conceitos de anatomia e fisiologia vegetal e, para fins comparativos, utilizamos a atividade histórico-cultural da produção do *maple syrup* (xarope de bordo) no Canadá. Os níveis cognitivos abordados nas atividades dos livros didáticos foram analisados de acordo com a Taxonomia de Bloom (1956). As ações mentais estimuladas pelas atividades e o conteúdo descritivo dos livros didáticos foram analisados conforme Guilford (1950) e Merrill (1981). Quando comparado com o livro didático canadense, a abordagem de vasos condutores vegetais nos livros didáticos brasileiros é feita no nível menos complexo (conhecimento), explora a cognição memorativa e raciocínio convergente, e envolve mais fatos do que conceitos científicos. Não foram identificadas diferenças significativas entre os currículos brasileiro e canadense. Contudo, a população investigada apresentou posse de concepções equivocadas envolvendo o látex como um produto vegetal transportado pelo floema, ao invés da correta citação de sua localização nos lactíferos. Com

base na teoria da representação social de Moscovici (1978), os termos xilema, floema, transporte e seiva contribuem fortemente para as concepções de vasos condutores vegetais da população investigada.

Palavras-chave: Ensino de Botânica; Floema; Xilema; Látex; *Maple Syrup*.

1. INTRODUÇÃO

A botânica é uma das grandes áreas da biologia e componente estruturante do currículo educacional de ciências brasileiro e canadense. No ensino fundamental, os conceitos são abordados de forma mais simples, porém fundamentais, abrangendo noções básicas de anatomia vegetal, fotossíntese e dinâmica de interações em ecossistemas. No ensino médio, os estudantes são expostos a conceitos mais específicos tal como evolução, taxonomia, reprodução e morfologia vegetal. Geralmente, utilizam-se de imagens ilustrativas em livros didáticos como estratégia didática (BRASIL, 2018; CANADA, 2018).

Os conceitos de fisiologia vegetal estão implicitamente aplicados à uma das atividades econômicas e histórico-culturais mais importantes do Brasil, cujo é a extração de látex e produção de borracha (IPEF, 2007; CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA IV– CRQ4, 2012). Para executar satisfatoriamente essa atividade econômica, é necessário saber que o látex uma seiva produzida pela planta como uma estratégia defensiva contra danos mecânicos e insetos herbívoros, e a mesma fica armazenada em células extremamente alongadas chamadas de laticíferos, localizadas próximo ao floema secundário da árvore nativa brasileira *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg. (KONNO, 2011), conhecida popularmente como seringueira. Essa espécie da família Euphorbiaceae é endêmica na amazônia brasileira e distribuída na região norte, porém seus clones foram cultivados e plantados nas regiões sudeste e sul do país (INSTITUTO AGRONÔMICO - IAC, 2013). Similarmente, algumas espécies de árvores do gênero *Acer* amplamente distribuídas na América do Norte oriental, produzem uma seiva conhecida como *maple syrup*, xarope de bordo em português (WHITNEY e UPMEYER, 2004), e a extração da mesma é uma atividade histórico-cultural e econômica do Canadá (PICKERT, 2009; WHITNEY e UPMEYER, 2004), uma vez que a província de Quebec é responsável por 80% do abastecimento mundial (GAD, RAMADAN, FARAG, 2021). Esta seiva é considerada um alimento funcional pois contém compostos antioxidantes, sendo uma alternativa mais saudável como adoçante de baixo índice glicêmico para bebidas e alimentos (BHATTA, RATTI, POUBELLE et. al. 2018). Para a extração e comercialização do xarope de bordo, é necessário saber que o mesmo transcorre no xilema da planta e o intervalo propício de obtenção dessa seiva açucarada é entre o início e o fim da primavera, apresentando diversidade de cores, aroma e sabores e

propriedades antioxidantes as quais estão correlacionadas com o período em que foi extraído (GAD, RAMADAN, FARAG, 2021).

Considerando o fato de ambos os produtos, extração e comercialização da borracha e xarope de bordo serem atividades culturalmente desenvolvidas e economicamente relevantes até o presente momento, o uso desses modelos como estratégia didática no ensino de estruturas e tecidos condutores vegetais pode enriquecer o repertório de exemplos e tornar a aprendizagem mais significativa e consolidada. De acordo com o pesquisador finlandês Engestrom (2012), responsável pelo aperfeiçoamento da teoria da atividade sociocultural que une as idéias de Vygostky e Leontiev, propõe que a condição histórica é mediadora do reflexo social intrínseca ao âmbito educacional. A teoria da atividade sociocultural postula que o indivíduo aprende a partir de sua interação com o meio ambiente e outros indivíduos representantes da própria realidade e condição sociocultural (ENGESTROM, MIETTINEN, PUNAMAKI, 1999).

Diante dessa perspectiva cultural e a partir da similaridade existente nas práticas de caráter histórico-cultural e econômica em ambas nações, brasileira e canadense, o presente estudo investigou por meio da análises de livros didáticos, currículos educacionais e *survey* de estudantes qual o estado de domínio e abordagem didática de conceitos científicos sobre vasos condutores vegetais, e de que forma produtos e práticas econômicas regionais podem contribuir no processo de ensino e aprendizagem em botânica.

2. METODOLOGIA

2.1 Análise dos Livros Didáticos

A análise de livros didáticos brasileiros e canadenses, disponíveis gratuitamente na internet, foi realizada conforme proposto por Ghaderi (2010), cuja metodologia prioriza a investigação dos objetivos educacionais, questões e tarefas e conteúdo. Os livros selecionados para a análise foram os três livros mais utilizados do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2018 no Estado de São Paulo, e o livro mais utilizado no Canadá na província de Ontário conforme a *The Trillium List* (2018). Os livros brasileiros são: livro 1 – Conexões com a Biologia. vol. 2, editora: Moderna (2013), livro 2 – Biologia Moderna. Amabis e Martho, vol. 2, editora: Moderna (2016), livro 3 – Biologia Hoje. Sérgio Linhares et. al. vol 2. editora: Ática e Scipione (2016) 3ª edição. O

livro Canadense é: McGraw-Hill Ryerson Biology 11. Alex Mills; Sandy Searle; Keith Gibbons; et al. Editora: McGraw-Hill Ryerson. (2010) revisado.

As três dimensões de análise foram categorizadas com base em três referenciais teóricos: para a análise dos objetivos educacionais foi utilizado a taxonomia de Bloom para o domínio cognitivo. A taxonomia foi vislumbrada por Krathwohl (2002) e Bloom (1956) como uma ferramenta que auxilia a padronizar objetivos hierárquicos de aprendizagem, servindo como sugestão de base para currículos e diretrizes educacionais. A taxonomia de Bloom é composta por uma tabela de domínio cognitivo que permite conceber qual verbo usar em função dos objetivos de competências (BLOOM, 1956; KRATHWOHL, 2002). A tabela 01 apresenta os verbos e os objetivos de aprendizagem em níveis de complexidade, e serve de suporte para o planejamento do processo cognitivo, onde constrói-se o conhecimento, qual comportamento esperado dos alunos e quais as habilidades desenvolvidas (GHADERI, 2010).

Tabela 01. Verbos de análise de competências científicas na dimensão cognitiva.

OBJETIVOS DE COMPETÊNCIAS	NÍVEIS
Definir, enumerar, listar, identificar, nomear, descrever...	CONHECIMENTO
Converter, alterar, definir, construir, explicar, resumir...	COMPREENSÃO
Programar, aplicar, alterar, demonstrar, organizar, desenvolver...	APLICAÇÃO
Analisar, reduzir, selecionar, apontar, comparar relacionar...	ANÁLISE
Categorizar, formular, compor, combinar, generalizar, propor...	SÍNTESE
Avaliar, concluir, comparar, decidir, justificar, criticar, interpretar...	AVALIAÇÃO

Fonte: adaptado de Bloom et. al. (1956).

Para a categorização das questões e tarefas foi utilizado a teoria de Guilford, cujo método é um modelo de avaliação da criatividade das atividades de cunho educativo. O modelo é composto por três dimensões: produção mental, conteúdo mental e ações mentais. Esta última foi o embasamento teórico para as análises e a mesma é composta por 4 categorias: *memorial cognitive* (cognição memorativa), *divergent thinking* (raciocínio divergente), *convergent thinking* (raciocínio convergente) e *evaluate thinking* (raciocínio avaliativo). Esses elementos de ações mentais atuam como intermediários na construção do produto mental (GUILFORD, 1950; GHADERI, 2010).

A primeira categoria de cognição memorativa é uma ação mental em que se busca explicar o que acontece e não o porquê acontece, coleta-se

e reproduz os fatos para compor a informação. No raciocínio convergente seleciona vários fatos para estimar e compor uma resposta possível e correta. Inclui explicar o porquê acontece. Por exemplo, a estudante parte das características mais gerais de uma planta para depois alcançar as similaridades e diferenças dos tecidos condutores. O pensamento divergente é caracterizado por ser um pensamento em que seja possível ocorrer diversas ações mentais que podem elaborar diversas soluções para um único problema (GUILFORD, 1950; GHADERI, 2010). O raciocínio avaliativo estabelece uma janela de valores para avaliarem princípios, regras, leis e teorias científicas. Os estudantes são preparados para avaliarem uma resposta ou afirmação de um professor/pesquisador mediante a um conjunto de valores estabelecido (GUILFORD, 1950; GHADERI, 2010).

Para a análise do conteúdo descritivo utilizamos a classificação de Merrill (1981), cuja metodologia examina a descrição científica intrínseca aos objetivos educacionais em função de 4 categorias: fatos, conceitos, procedimentos e leis (MERRIL, 1981). Quando um conteúdo é classificado como Fato, o mesmo é composto majoritariamente por assuntos que abordam: os nomes, padrões, fatos científicos, símbolos, definições e instrumentos de medição. Quando um conteúdo é classificado como Conceitos, o mesmo é composto por conceitos científico tal como: massa, energia, moléculas, elementos, osmose, genes e assim por diante. Similarmente, quando um conteúdo é classificado como Procedimentos, o mesmo aborda processos e/ou métodos científicos, procedimentos, processos de produção, metodologias e projetos experimentais. Quando um conteúdo é classificado como Leis, nele são abordadas leis, princípios científicos, fórmulas, relação de efeitos e assim por diante (MERRIL, 1981).

Os subtópicos selecionados para a análise do conteúdo descritivo limitou-se a capítulos que continham informações sobre estruturas e tecidos condutores vegetais (xilema e floema), látex e xarope de bordo.

2.2 Análise dos Currículos Educacionais

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) foi o currículo educacional brasileiro analisado para o ensino médio, pois é uma referência nacional e obrigatória para toda a educação brasileira na elaboração de currículos, em dimensão federal, estadual e municipal conforme a Lei de Diretrizes e Bases (LDB nº 9.394/1996) (BRASIL, 1996). O estudo delimitou-se na análise

de conceitos fundamentais, habilidades e competências específicas a serem desenvolvidas na área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, no componente curricular de Biologia especificamente em morfofisiologia vegetal.

O The Ontario Curriculum: Secondary foi o currículo canadense analisado similarmente por se tratar de um documento de referência central, disponível no site do ministério da educação da província de Ontário. Tendo em vista o enfoque da pesquisa, o estudo delimitou suas análises de habilidades e competências a serem desenvolvidas, expectativas específicas e conceitos fundamentais no curso de Biologia inserido na área de Ciências do currículo.

2.3 Survey e representação social sobre vasos condutores vegetais

A fim de identificar o nível de conhecimento de estudantes sobre os vasos condutores vegetais, foi realizado um *survey* por meio de uma entrevista estruturada com estudantes do primeiro e segundo ano da graduação de cursos das áreas de exatas e biológicas do Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). Todos os participantes não tinham sido expostos a aulas de anatomia e fisiologia vegetal. As questões norteadoras investigaram o conhecimento dos participantes sobre: estruturas e tecidos condutores vegetais, transporte de seivas, substâncias presentes nos tecidos, importância econômica dessas substâncias, grupos de plantas que apresentam tecidos especializados de condução e exemplos de importância das seivas. A população estudada (N = 56) foi constituída por 64,3% de estudantes de licenciatura em ciências, 16,1% cursavam engenharia química, 7,1% ciências biológicas, 3,6% química, 3,6% ciências ambientais, 1,8% cursavam farmácia e 3,6% não informaram o curso de graduação. A proporção de gênero foi de 14,2% masculino e 23,2% feminino e 62,6% não informaram o gênero. O estudo foi desenvolvido está em conformidade com os requerimentos do Comitê de Ética em Pesquisa da Unifesp, registrado e aprovado na Plataforma Brasil sob o registro CAAE 22534719.6.0000.5505.

A representação social (RS) dos participantes foi analisada para identificar elementos estruturantes da população acerca dos vasos condutores vegetais. Toda entrevista era iniciada com uma tarefa de associação livre, onde os participantes transcreviam as cinco primeiras palavras evocadas

após ouvir o termo: vasos condutores vegetais. A análise da RS baseou-se na Teoria da Representação Social (TRS) de Moscovici (1978) e Teoria do Núcleo Central (TNC) de Abric (2001). A TRS estabelece que as representações sociais são expressões de experiências e práticas do cotidiano, as quais buscam aproximar a realidade concreta com a forma pela qual é representada por um determinado grupo ou indivíduo. Trata-se de uma adaptação social dos conhecimentos sobre o real fenômeno, em outras palavras (MOSCOVICI, 1978, 2012), o conhecimento é construído a partir do que é familiar e próximo ao indivíduo independente da sua fidelidade com o conhecimento científico, isto se transforma no senso comum. A TNC atua como uma contribuição para a TRS, pois consiste numa análise da estrutura interna e do valor simbólico que articula a frequência e importância (saliência) com a conectividade (similitude) da RS da população específica (BORTOLAI et al., 2016; MOLINER 1994a apud SÁ, 2002, p. 112). Os cálculos de ordem média de evocações (OME) foram realizados de acordo com Bortolai et al. (2016). Os resultados foram expressos no quadro de Vergès (Vergès, 1992 apud SÁ, 2002) onde: no quadrante superior à esquerda localiza-se o sistema central da RS, se enquadram os termos citados frequentemente e de alta prontidão (velocidade), portanto, são os termos que contribuem fortemente para a RS deste grupo ou indivíduo; o sistema periférico é composto pelo quadrante superior a direita, onde se enquadram os termos de alta frequência e baixa prontidão, pelo quadrante inferior a esquerda que enquadra termos de baixa frequência e alta prontidão; e pelo quadrante inferior a direita que enquadra os elementos de baixa frequência e prontidão. A análise e cálculos foram realizadas por meio do software Iramuteq de Pierre Ratinaud (2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Livros didáticos

O livro 1 apresenta 18,2% dos exercícios correspondentes ao nível cognitivo “conhecimento”, isto é, os exercícios exigem que os estudantes lembrem do conceito previamente estudado (tabela 02). Por exemplo “quais plantas não apresentam vascularização? Como ocorre a condução de seiva nessas plantas?”. Esta questão requer que o estudante lembre de quais grupos vegetais não apresentam vasos condutores e como ocorre o transporte de seiva nessas plantas. O nível “compreensão” representa 27,3% dos

exercícios, como por exemplo, “explique como o surgimento do tecido condutor possibilitou o aumento do porte das plantas”. Esse exercício requer que o estudante entenda e explique a vantagem evolutiva do surgimento do tecido condutor vegetal. O nível “análise” corresponde a 36,6% das questões e tarefas, as mesmas exigem que o estudante divida o assunto e os conhecimentos empregados, para então analisar e comparar as questões que serão discutidas. Temos como exemplo “Quais são as características utilizadas para diferenciar os principais grupos de plantas? Monte em seu caderno um quadro comparando as características de cada grupo”. O nível “síntese” corresponde a 2,8% dos exercícios, isto é, as questões e tarefas exigem que o estudante construa algum método ou esquema de modo a combinar determinados conceitos e então formular sua resposta. Por exemplo, “faça um esquema em seu caderno de uma planta mostrando e relacionando os seguintes processos: trocas gasosas com o ambiente, transporte de seivas, absorção de nutrientes, fotossíntese, respiração e transpiração”. Por último, o nível cognitivo “avaliação” corresponde a 2,8%, em mesma proporção a habilidade anterior. Neste nível mais complexo, as questões e tarefas exigem que os estudantes discutam entre si e para chegar em um consenso ao avaliarem a relevância de um conhecimento. Por exemplo “discuta com seus colegas quais tecidos do corpo humano poderiam ser comparados funcionalmente com os tecidos vegetais aprendidos neste tema”.

Os exercícios do livro 2 se distinguem em dois níveis cognitivos apenas: Conhecimento e Análise. Em maior quantidade encontra-se o nível “conhecimento”, com 97,3% dos exercícios. Os restantes 6,3% exigem que os estudantes analisem informações de tabelas com características de diferentes espécies vegetais e a partir desses dados escolher qual alternativa descreve a possível história filogenética.

O livro 3 apresentou menor quantidade de exercícios em comparação aos outros livros. O nível “conhecimento” predominou em 55,5% dos exercícios do livro. Por exemplo “identifique no esquema as partes indicadas pelas letras a, b e c”. O nível “compreensão” corresponde a 33,3% dos exercícios, por exemplo, “a erva-de-passarinho é uma planta que possui clorofila e faz fotossíntese, mas vive sobre as árvores e, com suas raízes finas, retira delas parte da seiva. Já o cipó-chumbo é uma planta sem clorofila que também retira seiva das árvores sobre as quais se instala. Que tipo de seiva cada uma dessas plantas retira? Justifique suas respostas”. Tal exercício requer que os estudantes lembrem e compreendam a função dos diferentes tecidos

condutores e sua importância para os vegetais. O nível “análise” corresponde aos restantes 11,2% dos exercícios, isto é, exercícios que requerem que os estudantes analisem sistemas de transporte de seivas e justifiquem essas comparações. Por exemplo, “os vasos condutores de seiva de uma planta podem ser comparados funcionalmente a que sistema do corpo humano? Justifique sua resposta”.

Tabela 02. Análise dos exercícios, atividades e tarefas (em porcentagem) dos livros didáticos brasileiros e canadense com base na Taxonomia de Bloom (1956)

Livros didáticos	Conhecimento	Compreensão	Aplicação	Análise	Síntese	Avaliação
Brasileiro 1	18,2	27,3	-	36,3	9,1	9,1
Brasileiro 2	93,7	-	-	6,3	-	-
Brasileiro 3	55,5	33,3	-	11,2	-	-
Canadense	34,8	34,8	6,5	15,2	6,5	2,2

Fonte: Adaptado de *EL ZAHAB, LELLIS-SANTOS, 2019, p. 35*

No livro canadense, 34,8% dos exercícios estão distribuídos com a mesma proporção entre “Conhecimento” e “Compreensão”. Um exercício exemplar de habilidade de conhecimento “Veins are visible in the leaves of many plant species. Describe the function of veins and identify the two main types of tissues they contain”. A questão requer que o estudante relembra e descreva os tecidos principais, floema e xilema, e a função dos mesmos. Os exercícios de nível “compreensão” exigem que os estudantes saibam observar um corte transversal e compreendam a organização dos feixes vasculares em cada grupo, como por exemplo, “Is this plant a monocot or a dicot? Explain your reasoning”. O livro canadense foi o único a apresentar exercícios que desenvolvem o nível cognitivo “aplicação”. Por exemplo em: “Draw a labeled diagram that explains the pressure-flow model of nutrient movement inside phloem in plants”, onde o estudante desenha um diagrama com identificações que servirá de modelo para sustentar sua explicação sobre o fluxo de açúcar e pressão nos tecidos do floema. Os exercícios de nível “análise” correspondem 15,2%, e tem como exemplo “How do the organ systems and tissues of a vascular plant compare with the organ systems and tissues of animals? Explain your answer”. O exercício exige que o estudante compare os sistemas vasculares das plantas e animais similarmente ao exercício mencionado no livro 3 brasileiro. Na mesma proporção, o nível “síntese”

corresponde a 6,5% dos exercícios. Como exemplo, temos “A classmate is confused about whether phloem transports organic molecules upward or downward in a stem. How could you explain phloem transport to clear up this confusion?”. A questão requer que o estudante elabore uma explicação alternativa ou esquema para ajudar um colega com dificuldades em compreender o fluxo de seiva do floema na planta. Por fim, temos os restantes 2,2% dos exercícios correspondentes ao nível mais complexo, avaliação. Um exemplo de questão: “Your friend conducts an investigation with a short fern plant to show how water moves up plant stems by root pressure. Would you advise your friend to apply the results to all plants? Why or why not?”. O exercício desafia o estudante a avaliar o conhecimento em questão, e julgar qual conselho compartilharia com seu colega para ajudá-lo a interpretar os resultados do experimento. Ao encerrar o capítulo, o livro sugere uma atividade investigativa para identificar, analisar e comparar os diferentes tecidos de caules em monocotiledôneas e dicotiledôneas, além de propor a observação da região do câmbio vascular que dará origem a novos tecidos.

A criatividade das atividades e tarefas foi analisada conforme a teoria de ações mentais (*mind actions*) de Guilford (1950). Com base na tabela 03, observamos que o livro didático brasileiro 1 se concentrou no raciocínio convergente representando 63,6% das atividades e tarefas nessa modalidade. O raciocínio divergente e cognição memorativa concentram-se em mesma proporção (18,2%). O livro brasileiro 2 concentrou-se na cognição memorativa, resultando em 93,7% das atividades e tarefas. Os restantes 6,3% comportou o raciocínio convergente. O livro brasileiro 3 o raciocínio convergente e cognição memorativa se comportam em uma proporção próxima, todavia o segundo caracterizou a maioria das atividades. Não foram identificadas atividades categorizadas como raciocínio avaliativo.

Tabela 03. Análise de atividades e tarefas (em porcentagem) dos livros didáticos brasileiros e canadense com base na categorização de Guilford (1950)

Livros didáticos	Cognição memorativa	Raciocínio convergente	Raciocínio divergente	Raciocínio avaliativo
Brasileiro 1	18,2	63,6	18,2	-
Brasileiro 2	93,7	6,3	-	-
Brasileiro 3	56,0	44,0	-	-
Canadense	32,6	41,3	21,7	4,3

Fonte: Adaptado de EL ZAHAB, LELLIS-SANTOS, 2019, p. 38

Após a revisão das atividades do livro canadense, observamos que o livro se concentrou na ação mental de raciocínio convergente representando 41,3% das atividades e tarefas, seguido de cognição memorativa (32,6%) e raciocínio divergente (21,7%). O livro canadense foi o único a incluir atividades e tarefas com raciocínio avaliativo (4,3%).

A análise do conteúdo descritivo de acordo com Merrill (1981) está apresentada na tabela 04. O livro brasileiro 1 apresenta 75% do conteúdo descrevendo os vasos condutores como fato científico, isto é, nomes de estruturas vegetais com a definição de suas funções em processos ou em uma determinada ação. Os restantes 25% do conteúdo de forma proporcional, descrevem como conceito científico, procedimentos e leis. Assim, 8,3% dos subtópicos descrevem a condução de seivas orgânicas e inorgânicas por elementos especializados nomeados vasos condutores, atribuindo-se então à categoria de conceito científico. A categoria de procedimentos, também compondo 8,3% do conteúdo, exemplifica a extração do látex e produção de borracha, ainda descreve informações adicionais a respeito do ciclo da borracha e seu contexto histórico. Os 8,3% restantes especificam a teoria da coesão-tensão e relação de efeitos entre os efeitos da transpiração, coesão e tensão na passagem de sais minerais e água nos vasos xilemáticos.

No segundo livro, 58,3% dos subtópicos foram atribuídos à categoria de fatos e padrões científicos, pois descrevem o conteúdo de fisiologia e morfologia vegetal nomeando somente as estruturas especializadas. O conteúdo descrito como conceitos científicos corresponde a 33,3% do livro, apresentando as diferenças de estruturas especializadas entre as células floemáticas e xilemáticas. E 16,7% do conteúdo são leis, pois descrevem a teoria do fluxo de massa exemplificando com um experimento de física para explicar o deslocamento de seiva orgânica nos elementos do floema. O livro 2 não apresenta processos ou procedimentos relacionados com o tema.

O livro brasileiro 3 apresentou 46,7% do conteúdo atribuído a fatos científico, enquanto 23% corresponde a conceitos científicos como ligação química entre as moléculas de água no interior do xilema. Estão presentes subtópicos que descrevem as teorias sobre a pressão positiva no transporte de seiva inorgânica, logo 13,3% atribui-se a Leis e 6,7% tratam do processo de extração de látex presentes nos laticíferos fisicamente próximos ao floema, e sua contribuição na produção de borracha natural e sintética. Portanto, o terceiro livro apresentou a menor abordagem de subtópicos de morfofisiologia vegetal descritos como fatos científicos.

Tabela 04. Análise de conteúdo descritivo (em porcentagem) dos livros didáticos brasileiros e canadense conforme a classificação de Merrill (1981)

Livros didáticos	Fato	Conceito	Procedimento	Leis
Brasileiro 1	75	8,3	8,3	8,3
Brasileiro 2	58,3	25	0	16,7
Brasileiro 3	46,7	33,3	6,7	13,3
Canadense	44,4	44,4	5,6	5,6

Fonte: Adaptado de EL ZAHAB, LELLIS-SANTOS, 2019, p. 30.

O livro um canadense inicia seu capítulo de botânica em Plantas: anatomia, crescimento e função, sugerindo que o leitor seja familiarizado com a extração da seiva e produção de xarope de bordo, pois descreve as árvores do gênero *Acer* cuja folha é o símbolo da bandeira nacional do Canadá, e que a população ao longo dos anos vem extraíndo e produzindo esse alimento. Os conteúdos descritivos classificados como Fatos e Conceitos científicos foram ambos atribuídos em 44,4% dos respectivos subtópicos para cada categoria.

Para distinguir conceito de fato científico, o conceito consiste numa representação mental sistemática de um saber previamente comprovado, isto é, um modelo ou ideia de explicação de uma entidade ou acontecimento. Enquanto o fato consiste apenas em uma comprovação científica (KAMPOURAKIS, 2018). O conteúdo classificado como fato científico descrevem fatos e/ou nomes de estruturas e função, como a presença de tecidos condutores vegetais em determinadas regiões e a importância da extração de *maple syrup* (xarope de bordo) e agricultura para a população canadense. O conteúdo que centraliza conceitos científicos descreve os processos de osmose, transporte ativo e difusão, transporte de seivas nos interiores dos elementos especializados de condução.

Similarmente na mesma proporção, procedimento e leis constituem 5,6% do conteúdo descritivo. Um exemplo de procedimento é a representação do deslocamento de massa (açúcar) no floema do vegetal por meio de um modelo de experimento que engloba princípios físicos e químico. Para explicar a teoria da coesão-tensão o conteúdo representa esquematicamente a relação de efeitos entre a transpiração, a tensão entre moléculas de água e coesão nos vasos do xilema, configurando-se na categoria de leis.

3.2. Currículos educacionais

Os currículos educacionais de São Paulo e da província de Ontário apresentam habilidades e competências de biologia em comum apesar das diferenças culturais, como essas listadas: desenvolver habilidades em investigação científica; realizar conexões entre interações da vida em níveis de organizações e diversidade; compreender a natureza como uma rede de relações dinâmicas na qual o ser humano faz parte, nela interage e dela depende; compreender a relação entre Ciências Tecnologia e Sociedade; combinar diferentes campos do conhecimento; interpretar e analisar a dinâmica do planeta e da vida, para construir justificativas com fundamentação científica; analisar o contexto histórico para compreender o desenvolvimento da ciência e tecnologia; formar um indivíduo crítico, autônomo, consciente, capaz de realizar julgamentos; analisar as implicações sociais e éticas no uso da tecnologia e ciência; desenvolver habilidade de linguagem científica para a comunicação; aplicar os conhecimentos e procedimentos científicos em situações do cotidiano; avaliar os riscos existentes em contextos cotidianos utilizando os conhecimentos da ciência da natureza como base na escolha de recursos ou tomada de decisões aspirando a segurança individual, coletiva e socioambiental; estudar os impactos ambientais e nos valores sociais produtos da ciência e tecnologia; formular questões, diagnosticar e propor hipóteses de solução para possíveis problemas; estudar a biodiversidade e desenvolvimento sustentável; compreender a degradação ambiental e os agravos à saúde do ser humano (BRASIL, 2019; CANADA 2019).

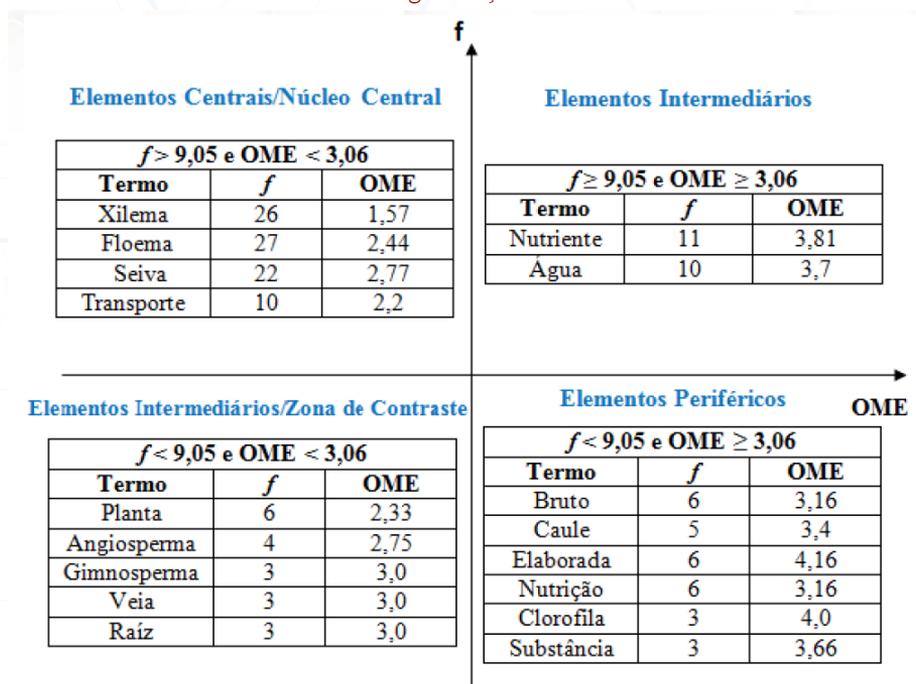
Verificou-se que o método e estratégia de ensino prioritário em ambos os currículos é o ensino por investigação e de caráter Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS). O primeiro trata-se de um método de ensino cujo conhecimento é construído a partir de uma problematização, ou seja, o professor ou professora propõe a questão problema e atuam como orientadores para proporcionar condições enquanto o estudante, conforme seus conhecimentos prévios, elabora sua teoria e por meio da linguagem científica constrói seu conhecimento (CARVALHO, 2013). As etapas desse processo cognitivo de notório investigativo estão inclusos a identificação do problema, a formulação de hipóteses para justificar o acontecimento observado, teste de hipóteses, coleta de dados, elaboração da conclusão e planejamento da solução deste problema (BRASIL, 2019). O segundo trata-se de

uma abordagem fundada em 1970 principalmente por Glen Aikenhead ao estudar, pesquisar e perceber que os estudantes apresentavam uma visão distante e distorcida da ciência e cientistas. Encorajando os educadores a incorporarem uma base humanista no currículo por meio da seleção de elementos que existam na vida do estudante, a fim de transformar a ciência escolar como uma referência para situações cotidianas (AIKENHEAD, 1973; BIZZO, 2014). Portanto, a perspectiva CTS de acordo com Aikenhead (2006) é trabalhar a dimensão humanista no currículo de ciências e apresentar os processos de construção, produção e a dinâmica científica e tecnológica intrínsecas a perspectiva social. Possibilita então que os estudantes construam uma visão de mundo como agentes integrantes dos processos de construção e evolução do conhecimento científico, capazes de criticarem aspectos positivos e negativos em relação a aplicação científica e tecnológica (AIKENHEAD, 1973).

3.3. Survey e representação social sobre vasos condutores vegetais

A segunda questão foi “Quais são as 5 primeiras palavras que vem à sua mente sobre vasos condutores vegetais?”. Utilizando a técnica de associação livre de palavras como metodologia proposta pela TRS, buscamos identificar os termos que contribuem fortemente na representação social dessa população em específico. De acordo com a figura 02, observamos que os termos floema, xilema, seiva e transporte estão concentrados na zona/quadrante central do quadro de Vergès. A evocação desses termos evidencia elevada saliência, ou seja, alta frequência e alto grau de importância ou prontidão. Em contrapartida, os elementos intermediários tal como planta, angiosperma e gimnosperma concentram-se na zona de contraste, apesar da baixa frequência dos mesmos, apresentam alta prontidão. Os termos concentrados também nos elementos intermediários, mas de alta frequência e baixa prontidão foram: nutrientes e água. Por fim, o quadrante da segunda periferia onde abriga os elementos periféricos como bruto, caule, clorofila e elaborada apresentam baixa frequência e prontidão.

Figura 02. Quadro de Vergès demonstrando graficamente a contribuição dos termos na representação social dos estudantes de primeiro e segundo ano de graduação



Fonte: EL ZAHAB, LELLIS-SANTOS, 2019, p. 54.

A terceira questão “Você já teve aulas sobre os vasos condutores vegetais? Em caso afirmativo, você teve aulas práticas ou apenas aulas teóricas? Explique” revelou que 62,5% dos estudantes tiveram aulas teóricas sobre vasos condutores vegetais em botânica no ensino médio, enquanto 1,8% tiveram aulas práticas e os restantes 35,7% dos estudantes participantes nunca tiveram aula sobre o assunto.

Na quarta questão “Que tipo de substâncias são transportadas pelos vasos condutores vegetais?” aproximadamente metade dos participantes responderam de modo satisfatório (48,2%), mencionando ambos compostos orgânicos e inorgânicos tais como seiva bruta e elaborada, água, glicose, nutrientes e sais minerais. Os estudantes que responderam de modo insatisfatório (28,6%) mencionaram apenas um dos compostos, por exemplo, glicose ou sais minerais e água, ou não souberam explicar quais eram os compostos transportados. Os restantes 23,2% dos estudantes não souberam responder. Após uma análise interna das respostas insatisfatórias, observou-se que 81,2% mencionaram o termo “seivas” genericamente.

A quinta questão “Você lembra quais grandes grupos de plantas apresentam tecidos de vasos condutores?” revelou que 34% dos participantes responderam de forma completa, isto é, mencionando os três grandes grupos das traqueófitas: pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. Os estudantes que responderam de forma incompleta deixaram de mencionar um ou dois dos grupos (24%). Surpreendentemente, 42% dos estudantes não souberam responder.

Na sexta questão “Você lembra os nomes dos vasos condutores das plantas? Se sim, como são denominados esses vasos e que tipo de substâncias eles transportam?” Os estudantes que responderam de modo satisfatório representam 40% dos participantes, identificando corretamente o nome dos vasos condutores e as substâncias transportadas. Os participantes que responderam de modo insatisfatório representam 8,9% e não souberam identificar os nomes dos vasos ou ainda identificaram corretamente os nomes, mas inverteram ao descrever as substâncias que cada um transporta. Pouco mais da metade dos participantes (51,1%) não souberam responder.

Na sétima questão “Qual a importância desses vasos condutores para as plantas?” As respostas que se aproximaram a: condução/transporte de água e nutrientes, e distribuição dos mesmos para atingir todas as regiões das plantas associa-se aos estudantes que responderam de modo satisfatório, representando 37,3% dos estudantes. As respostas classificadas como insatisfatórias (41,2%) não completaram suas explicações, por exemplo, mencionaram apenas a nutrição do vegetal sem citar condução e distribuição, ou ainda, enfatizaram apenas o transporte do açúcar sem citar os sais minerais e a água. Os restantes 21,5% dos participantes não souberam responder. Das respostas classificadas como satisfatórias, mencionaram três termos diferentes ao discorrer sobre o deslocamento das seivas: “transporte” correspondeu a 36,8% dos termos, “distribuição” correspondeu a 57,9% e “condução” correspondeu a 5,3% dos termos mencionados.

A oitava e última questão perguntou “Você conhece alguma importância econômica das seivas transportadas nesses vasos? Se sim, qual/quais? Dê um exemplo”. Um total de 61,2% não soube responder, e 26,5% dos estudantes responderam látex e a produção da borracha como uma importância econômica. Uma pequena porcentagem representando 12,2% dos participantes responderam néctar, chás, seiva de dragão, importância medicinal, cana de açúcar e creme para cabelo.

Cabe ressaltar que das respostas consideradas satisfatórias na sexta questão, 35% desses estudantes mencionaram o látex como um produto vegetal de importância econômica. Esta observação evidencia a presença de concepções equivocadas sobre anatomia e fisiologia vegetal, muito provavelmente geradas por exposição a situações de aprendizagem que induzem os aprendizes a assumir que tudo que escorrer dos troncos de árvores estejam inicialmente alocados nos vasos condutores. Tanto a pedagogia quanto os livros didáticos podem ser os contribuintes para a geração dessas concepções equivocadas. Parte considerável da população estudada considera o látex como sendo uma seiva circulando o floema de traqueófitas especificamente de angiospermas, apesar de esse produto vegetal ser encontrado em laticíferos fisicamente próximos ao floema secundário da *Hevea brasiliensis* e não no floema propriamente dito.

A abordagem do conteúdo sobre vasos condutores nos livros didáticos pode explicar o desalinhamento entre o conhecimento científico dos alunos e os conceitos fundamentais de anatomia e fisiologia vegetal. É possível que a prevalência de atividades no domínio cognitivo mais basal da Taxonomia de Bloom, conhecimento, contribua para situações de aprendizagem menos reflexivas dos alunos brasileiros. Além disso, nos livros brasileiros não foram abordadas atividades no nível aplicação, tal como presente no livro canadense. Ao estimular as competências de aplicar conceitos, os alunos poderiam ter sido capazes de se questionar quanto localização dos vasos condutores, espessura do látex, método de extração do látex, existência dos lactíferos e, então, estabelecer conexões cognitivas e evitar a geração de concepções equivocadas. Similarmente, as atividades e tarefas dos livros brasileiros se concentraram majoritariamente em ações mentais do tipo cognição memorativa de acordo com as categorias de Guilford (1950). Nessa categoria e na de raciocínio convergente, os alunos são poucos estimulados a explorar dimensões mais complexas e reflexivas sobre os conceitos científicos. A prevalência dessas categorias pode incluir os aprendizes em um estado de passividade que é oposto aos estímulos gerados por atividades da categoria de raciocínio avaliativo, mais frequente no livro canadense. Ainda, o conteúdo descritivo dos livros brasileiros é abordado majoritariamente como fato científico enquanto que o livro canadense é abordado como conceito científico, segundo a classificação de Merrill (1973). Ao se abordar apenas os fatos, perde-se a complexidade do confronto entre fato e a precisão dos conceitos científicos. Saber diferenciar a estrutura de um vaso condutor e de um

lactífero poderia contribuir para que o aprendiz associada produtos vegetais, como as seivas, aos locais corretos de produção e transporte.

A seleção, produção e descrição de conteúdos dos livros didáticos são norteados pelos currículos educacionais. Não foram observadas diferenças significativas entre os currículos brasileiro e canadense. Nos currículos e livros brasileiros apresentam o látex e a produção da borracha incorporados aos conceitos de morfofisiologia vegetal na tentativa de contextualizar com a cultura do estudante. Entretanto, limitam-se a discussões e análises da extração e comercialização dos recursos naturais pelas primeiras nações, além da importância econômica atual sem explorar estratégias didáticas a respeito (BRASIL, 2018). Enquanto no currículo e livro canadense, discutem a contribuição das primeiras nações na extração e produção do *maple syrup* (xarope de bordo), destacando a importância para a agricultura na sociedade e abordando algumas estratégias didáticas e saídas de campo escolares para observar e explorar os processos de produção, contextualizando o conhecimento de fisiologia vegetal com o contexto histórico-cultural e econômico (CANADA, 2005, 2009).

O domínio de conceitos científicos dos estudantes brasileiros é questionável quando se observa que apenas metade dos participantes soube responder de forma satisfatória o nome dos vasos condutores vegetais, as substâncias que cada vaso transporta, sua importância para as plantas e os grandes grupos que apresentam esse sistema vascular. Apesar da concepção equivocada do látex como uma seiva transportada pelo floema das árvores, o mesmo atuou como uma âncora no conhecimento de seivas importantes economicamente. O látex foi o produto vegetal mais citado por uma parcela considerável dos estudantes em comparação a outros produtos, além de terem citado a produção de borracha. A possível confusão de tecidos pode estar relacionada à estruturação e abordagem dos vasos condutores do floema que antecedem a apresentação dos vasos laticíferos nos livros didáticos. Outra possibilidade para a persistência dessa concepção equivocada é a desinformação sobre anatomia vegetal, no que se refere à abordagem e descrição limitada pelos professores ou explicação errônea do látex como produto do tecido floemático. Todavia, pesquisas e estudos futuros são necessários para um diagnóstico mais adequado para identificar a origem de concepções equivocadas sobre vasos condutores vegetais em estudantes brasileiros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo revelou pontos de tensão no ensino de botânica, ao permitir a identificação da presença de concepções equivocadas sobre vasos condutores vegetais em estudantes brasileiros e livros didáticos brasileiros. O látex e sua produção e extração das seringueiras deveriam ser mais bem explorados nas práticas didáticas a fim de esclarecer a diferença estrutural dos vasos condutores e lactíferos. Quando os participantes assumem o látex como uma seiva passível de percorrer os vasos floemáticos é possível supor que os conceitos das propriedades físicas e químicas que regem o transporte pelos vasos não foi adequadamente abordado nas salas de aula brasileiras. Embora seja mais recomendável usar exemplos do contexto dos alunos, a utilização da extração do xarope de bordo como recurso didático possa ampliar as situações de aprendizagem que contribuam para a aquisição de conceitos científicos corretos. No entanto, nosso estudo tem a limitação de não ter entrevistado estudantes canadenses para identificar se o conhecimento sobre o xarope de bordo facilita a aprendizagem de conceitos de vasos condutores vegetais. Apesar da presença de concepções equivocadas em estudantes brasileiros sobre o látex, a tarefa de livre associação revelou termos ideais (xilema, floema, transporte e seiva) que vigoram na representação social da população estudada e reforçam as competências de nossos estudantes de aprender conceitos científicos, mas a dificuldade em transferir o conhecimento em situações de aplicação de conceitos científicos.

REFERÊNCIAS

ABRIC, J.-C. Las Representaciones Sociales: Aspectos Teóricos. In: ABRIC, J.-C. (Ed.). Prácticas sociales y representaciones. México: Cultura Libre, 2001.

AIKENHEAD, G.S. The measurement of high school students' knowledge about science and scientists. *Science Education*. n. 51, p. 539-549, 1973.

AIKENHEAD, G.S. *Science Education for Everyday Life: evidence-based practice*. New York & London: Teachers College Press, 2006.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. *Biologia Moderna*. 1ª ed. São Paulo: Moderna. 2016. 542 p.

Associação Brasileira de Produtores e Beneficiadores de Borracha Natural. Estatísticas e Tendências da Borracha Natural. Brasília, 2017.

BHATTA, S.; RATTI, C.; POUBELLE, P.; STEVANOVIC, T. Nutrients, Antioxidant Capacity and Safety of Hot Water Extract from Sugar Maple (*Acer saccharum* M.) and Red Maple (*Acer rubrum* L.) Bark. *Plant Foods for Human Nutrition*, v. 73, jan. 2018.

BIZZO, N. REPENSANDO O CONTEXTO CULTURAL E RELEVÂNCIA CURRICULAR: A PERSPECTIVA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE.

BLOOM, B. S. et. al. (1956). *Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook 1: Cognitive Domain*. Edited by: Benjamin Bloom. David McKay Company, Inc.

BORTOLAI, M. M. S.; AGUILAR, M. B. R.; REZENDE, D. D. B. Núcleo central e periferia das Representações Sociais de alunos do Ensino Médio sobre Ciência. *Anais. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)*, 2016.

BRASIL. 2018. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC/SEB/CNE.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Ensino fundamental. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. 2018. Ministério da Educação. Programa Nacional do Livro Didático. Brasília: 2018.

Brasília: MEC, SEB, DICEI. BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da União*, Brasília, 23 de dezembro de 1996.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA - IV REGIÃO. *A descoberta da borracha*. São Paulo: 2012.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA - IV REGIÃO. Borrachas - química e tecnologia. São Paulo: 2012.

EL ZAHAB, A. A. LELLIS-SANTOS, C. A CONTRIBUIÇÃO DO LÁTEX E XAROPE DE BORDO PARA O LETRAMENTO CIENTÍFICO SOBRE VASOS CONDUTORES VEGETAIS: UM ESTUDO COMPARATIVO. 2019, 75 f. Monografia (Graduação em Licenciatura em Ciências) - UNIFESP/ ICAQ, Diadema, 2019.

GAD, H.; RAMADAN, M.; FARAG, M. Authentication and Quality Control Determination of Maple Syrup: A Comprehensive Review. Journal of Food Composition and Analysis, 2021.

Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF). Hevea brasiliensis (Seringueira). Piracicaba-SP: 2007.

KAMPOURAKIS, K. On the Meaning of Concepts in Science Education. Sci & Educ. Springer Netherlands. (2018) 27: 591. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-0004-x>

KONNO, K. Plant latex and other exudates as plant defense systems: Roles of various defense chemicals and proteins contained therein. Elsevier, v. 72, n; 13 p. 1510 – 1530, mar. 2011.

KRATHWOHL, D. R. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. Theory Into Practice, v. 41. n. 4, p. 212 - 218, 2002.

LEMOS, Monica; PEREIRA-QUEROL, Marco Antonio; ALMEIDA, Ildeberto Muniz de. A Teoria da Atividade Histórico-Cultural e suas contribuições à Educação, Saúde e Comunicação: entrevista com Yrjö Engeström. Interface (Botucatu), Botucatu , v. 17, n. 46, p. 715-727, Set. 2013.

LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando. Biologia Hoje: os seres vivos. 2 ed. São Paulo: ática, 2013. 320 p.

MILLS, Alex; SEARLE, Sandy; GIBBONS, Keith. et al. McGraw-Hill Ryerson Biology 11. Ontário: McGraw-Hill Ryerson. 2010. 858 p.

MODERNA (Org). Conexões com a Biologia. 1 ed. vol 2. São Paulo: 2013. 312 p.

MOSCOVICI, S. A psicanálise, sua imagem e seu público. Petrópolis: Vozes. 2012. 456p.

MOSCOVICI, S. A representação social da psicanálise. Rio de Janeiro: Zahar, 1978. 291p MOSTAFA GHADERI. The comparison analysis of the science textbooks and teacher's guide in Iran with America (science anytime). Procedia - Social and Behavioral Sciences, Elsevier, 2 (2010) 5427–5440.

Ontario Ministry of Education. Canadian and World Studies. Ontario: 2005.

Ontario Ministry of Education. Exchanges Between Communities. Ontario: 2009.

Ontario Ministry of Education. The Ontario Curriculum: Secondary. Queen's Printer for Ontario, 2018

RATINAUD, P.; DÉJEAN, S. IRaMuTeQ – Interface de R pour les analyses multidimensionnelles de textes et de questionnaires. [S.l.]: Laboratoire LERASS, 2008.

SÃO PAULO. Ministério da Agricultura. Instituto Agrônômico – IAC (2013)

VERGÈS, P.; JUNIQUE, C.; BARBRY, W.; SCANO, S.; ZELIGER, R. Ensembles de programmes permettant l'analyse des évocations. Aix en Provence: Université Aix en Provence, 2003.

WHITNEY, G. G., UPMEYER, M. Sweet trees, sour circumstances: the long search for sustainability in the North American maple products industry. Forest Ecology and Management, Elsevier, v. 200. p. 313-333, jul. 2004