

**TAGMA: UM JOGO EDUCATIVO DE EVOLUÇÃO DE ARTHROPODA  
BASEADO NO TREE THINKING E COGNITIVISMO VIGOTSKIANO**

**TAGMA: UN JUEGO EDUCATIVO DE EVOLUCIÓN DE ARTHROPODA  
BASEADO EN EL TREE THINKING E COGNITIVISMO VIGOTSKIANO**

**Marcus Vinicius Selarin de Almeida**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP - SPO  
marcus.selarin2@gmail.com

**Caroline Arantes Magalhães**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP - SPO  
carolinemagalhaes@ifsp.edu.br

**RESUMO**

Concebemos um jogo educativo sobre Evolução Zoológica em Artrópodes, utilizando a abordagem do *tree thinking*, objetivando a promoção e reconstrução do pensamento evolutivo entre estudantes do Ensino Médio. Nosso enfoque foi desconstruir ideias finalistas, de *scala naturae* e de Evolução biológica como “melhoria”. A concepção de Tagma fundamenta-se em amplo levantamento bibliográfico sobre Evolução e Filogenia de Arthropoda, Pensamento em Árvore, Paradigma Evolutivo no Ensino de Biologia e utilização de jogos didáticos. Uma particularidade deste produto educacional é a aplicação de princípios de design de jogos articulados às questões didático-pedagógicas do ensino de Biologia Evolutiva.

**Palavras-chave:** ensino de zoologia; tree thinking; jogo didático; evolução zoológica; obstáculos epistemológicos.

**Eixo temático:** 2. Estratégias, materiais e recursos didáticos para o Ensino de Ciências e Biologia

**Modalidade:** exposição de jogos e materiais didáticos

## RESUMEN

Diseñamos un juego educativo sobre Evolución Zoológica en Artrópodos, utilizando el tree thinking, a fin de promover y reconstruir el pensamiento evolutivo entre los estudiantes de secundaria. Centramos en la deconstrucción de ideas finalistas, scala naturae y de evolución como "mejoramiento". La concepción de Tagma se fundamenta en un amplio estudio bibliográfico sobre evolución y filogenia de Arthropoda, pensamiento en árbol, paradigma evolutivo en la enseñanza de biología y el uso de juegos didácticos. Una particularidad deste producto educativo es la aplicación de principios de *game-design* articulados con cuestiones didáctico-pedagógicas en la enseñanza de Biología Evolutiva.

**Palabras clave:** enseñanza de zoología; tree thinking; juego didáctico; evolución zoológica; obstáculos epistemológicos.

**Eje temático:** 2. Estrategias, materiales y recursos didácticos para la enseñanza de las ciencias y biología

**Modalidad:** exposición de juegos y materiales

## INTRODUÇÃO

Tagma é um jogo educativo sobre Evolução de Arthropoda, destinado ao Ensino Médio para o ensino de Evolução Biológica, e foi desenvolvido na monografia de Selarin (2024) para a conclusão do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. O jogo surge devido a um incômodo didático-pedagógico com os obstáculos no ensino de Evolução Biológica. Muitos alunos do Ensino Médio em sala de aula já possuem concepções prévias errôneas sobre Evolução, como interpretar que esta significa melhoria, como o modelo de *scala naturae*, ou ainda que é intencional e visa um fim. (Caires–Jr, Cezare, e Andrade, 2014; Liporini, 2014; Santos, 2017). Isso é um sintoma de um problema maior: o atual Paradigma Evolutivo, baseado na Teoria Sintética da Evolução, apesar de ser estudado na Academia, tem dificuldades em ser transposto para o Ensino, pois, mesmo estando previsto em documentos normativos como PCN e BNCC (Larroyd, 2020), há uma carência de instrumentos que potencializam esse processo de transposição, sem gerar ambiguidades sobre os processos intrínsecos da Evolução.

Nossa visão do jogo foi delineada objetivando a superação desses problemas, tomando um arcabouço pedagógico fundamentado no cognitivismo vigotskiano e num pensamento essencial para compreender a Evolução: o *tree thinking* de O'Hara (1997).

## OS SÍMBOLOS DE EVOLUÇÃO E O PENSAMENTO EM ÁRVORE

Nas aulas de Biologia focadas em Evolução e Sistemática Filogenética, é comum a organização dos seres vivos em grupos pontuais soltos no tempo como Chordata, Cnidaria, Echinodermata, Arthropoda etc., dividindo os seres vivos em tipos essenciais, categorizando um pensamento tipológico e catalográfico. Ao serem expostos a essas informações, seguidos de cladogramas lineares, é fácil os alunos entenderem que existem tipos delimitados de seres vivos, que deixaram de evoluir ao chegar no ápice, ou ainda, que evoluíram para chegar nesse ponto. Sob a perspectiva cognitivista, isso é explicável pois, ao entrar em contato com um objeto (Evolução), surgem símbolos e concepções espontâneas, baseadas nas conexões prévias com outros conceitos (Oliveira, 2019a), sejam eles advindos da cultura popular e/ou meio religioso. Portanto, o primeiro símbolo de Evolução a ser internalizado, pela experiência e uso de abstração pode ser a ideia de “a evolução é a melhora dos seres vivos, quando um se torna outro melhor”, ou ainda, caso o meio religioso influencie uma pré-concepção antagônica do conceito “a evolução é uma mentira, ou é apenas uma teoria sem provas”. Os sentimentos intensos, por sua vez, influenciam na motivação, aceitação ou rejeição do aprendizado de determinado conteúdo, pois são motores da cognição (Oliveira, 2019b).

Logo, acreditamos que o entendimento de Evolução pelos alunos deve ser reconstruído. Para isso, é preciso tornar o ensino de Evolução mais palpável, divertido e cativante, com o fim de facilitar a organização de novos símbolos mais fiéis e consoantes ao Paradigma Evolutivo atual. Selarin (2024) expõe o pensamento delineado por O’Hara, denominado “tree thinking”, ou pensamento em árvore. Este, constitui uma visão populacional dos seres vivos, que possuem diferenças individuais, e que são condicionados pelo ambiente em diferentes momentos de sua história evolutiva. Momentos cruciais como catástrofes, novas pressões seletivas, incompatibilidades reprodutivas, caracterizam eventos evolutivos onde se observam ramificações na árvore da vida, que é única. Como esses eventos não são facilmente observáveis nos cladogramas, os diagramas que deveriam ilustrar esse processo aos alunos, é crucial entender os processos da Evolução, ao invés de focar em seus “produtos”.

Em dois experimentos no Ensino Superior (Eddy *et al.* 2013; Gibson e Hoefnagels, 2015), o *tree thinking* foi testado como metodologia para avaliar entendimento evolutivo e

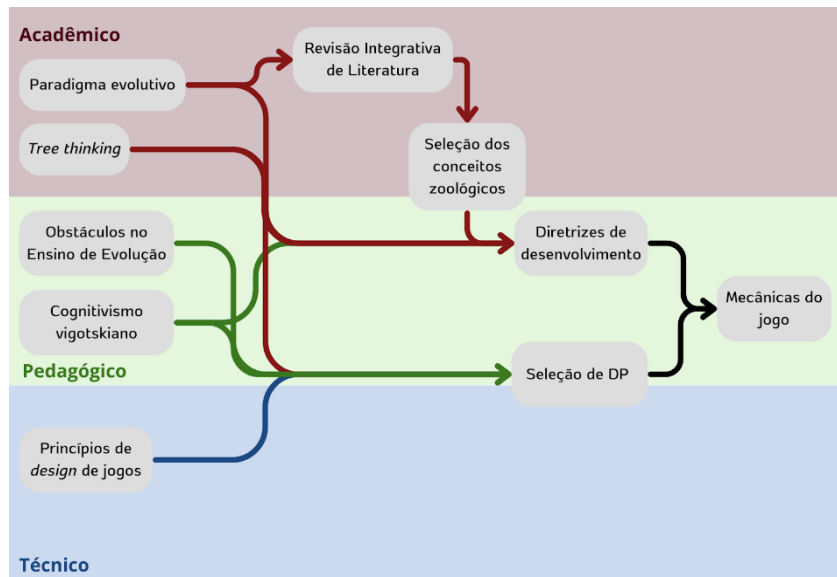
filogenético de alunos, e com sucesso, observar os processos de micro/macroevolução, hereditariedade, desenho gradual de cladogramas e as mudanças dos estados de caráter, possibilitou não só a maior aceitação da Evolução pelos alunos, bem como o entendimento de seus intrínsecos processos. Considerando a importância do pensamento em árvore, este foi tomado como principal norte no desenvolvimento do jogo.

## PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO

Jogos didáticos são baseados em ludicidade e, portanto, devem ser divertidos. Mas é de suma importância que cumpram sua proposta pedagógica e sejam propriamente fundamentados em teorias de aprendizagem (Ribeiro et al., 2015). Assim, Tagma primeiramente tomou o cognitivismo vigotskiano como arcabouço psicopedagógico, e o *tree thinking* como norte teórico. Em seguida, foi realizada uma Revisão Integrativa de Literatura, objetivando investigar o estado da arte do Paradigma Evolutivo e *tree thinking* na Academia, bem como fundamentar a escolha dos conceitos de evolução de Arthropoda a integrar o jogo. Após essa etapa, foram elaboradas diretrizes de desenvolvimento, sendo elas: (1) compreender a cladogênese através da observação das mudanças entre populações de seres vivos; (2) compreender a importância dos eventos evolutivos e as contingências relacionadas; e (3) compreender o valor adaptativo de diversas estruturas de artrópodes, relacionando as vantagens e desvantagens da existência dessas de acordo com o ambiente inserido (Selarin, 2024).

Não obstante, pelo aspecto técnico do desenvolvimento de jogos, Selarin (2024) avaliou e escolheu uma gama de princípios de *design* de jogos, a partir da taxonomia de Laine e Lindberg (2020), que agrupa diversos princípios de desenvolvimento pela sua atuação na motivação e engajamento dos usuários no jogo, a partir de diversos aspectos mecânicos como uso de mapas, desafios, narrativa, mecânicas com controles intuitivos etc. O percurso de desenvolvimento foi ilustrado na Figura 1, enquanto a seleção de princípios de design encontra-se na Figura 2.

Figura 1: Fluxograma do Percurso de Desenvolvimento de Tagma



Fonte: Selarin (2024).

Figura 2: Tabela com Princípios de Design (DP) Selecionados

Categoria	Princípio de Design	Descrição
Desafio	DP 4	aumentar a curiosidade através de desafios interessantes e/ou imprevisíveis
Controle	DP 9	usar controles familiares, seguros e confortáveis
Exploração	DP 17	prover múltiplos caminhos/escolhas e uma ordenação dinâmica de eventos
Justiça	DP 20	garantir oportunidades similares de sucesso independentemente da experiência
Retorno	DP 21	prover instruções e tutoriais
	DP 22	prover retorno imediato, positivo e útil
Objetivo	DP 26	prover um significado épico
Aprendizado	DP 28	prover conteúdos de aprendizagem e atividades relevantes pedagogicamente fundamentados
	DP 32	prover tempo para refletir dentro de momentos intensos de jogo
Perfil e Propriedade	DP 34	prover o status do processo do jogo e as próximas ações disponíveis
	DP 35	oferecer perspectivas de passado, presente e futuro
Relevância e Relações	DP 36	relacionar o jogar com contextos do mundo real
Sociabilidade	DP 44	prover oportunidades para competição
Narrativa e Fantasia	DP 50	prover um contexto fantasioso
	DP 52	criar possibilidades aos jogadores de interagir com a história
	DP 54	criar cenários intelectualmente provocativos

Fonte: Selarin (2024).

## O JOGO

Como produto, surge o Tagma. Trata-se de um jogo de sobrevivência baseado em cartas voltado ao Ensino Médio, de duração mínima de 2 aulas de 45min onde os jogadores manejam cartas representando populações de artrópodes, mutações randômicas que surgem a cada rodada, seguidas de eventos que condicionam três status nos artrópodes: Aptidão, Compatibilidade Reprodutiva e Extinção, e são capazes de segregar sua população, causando uma especiação que herda assimetricamente as Mutações para cartas novas. Enquanto isso, são orientados por um mestre (professor) que narra a história, os acontecimentos ao longo das rodadas, e auxilia os jogadores com as mudanças eventuais. O jogo é composto por três caixas para comportar as cartas, 8 cartas de Artrópodes Clássicos, um número variado de Artrópodes Genéricos (a depender da quantidade de jogadores), 50 Mutações e 39 Eventos. Também acompanha um Guia de Usuário, com instruções detalhadas de aplicação, bem como os recursos visuais imprimíveis (Fig 3). Ao todo, são utilizados por volta de 16 folhas frente e verso, além dos Artrópodes Genéricos, cujo número depende da quantidade de alunos/jogadores e de quantas Especiações ocorrerão.

**Figura 3:** Jogo Tagma. Renderização 3D via Boxshot dos recursos do jogo, feitos no Canva e Inkscape

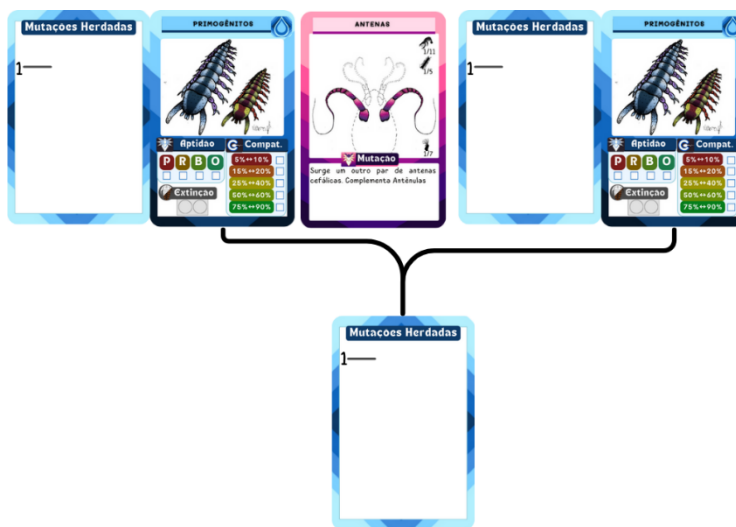


Fonte: Autores.

O ciclo de jogo consiste em, primeiramente, a narração de um Prelúdio contextualizador no Guia, seguido da distribuição de uma carta de Artrópodes Genéricos para cada jogador. Cada jogador, então, saca uma Mutação: uma mudana estrutural, comportamental ou fisiológica que mudar  as características de uma carta de Artrópodes, e decide se irá Descartar, Fixar a mutao completamente na Populao, a equipando, ou Fixar parcialmente na Populao, derivando na mecânica de Especiao.

A Especiao, mecânica essencial para entender o processo evolutivo no jogo, acontece quando se vira a face da carta de Artrópodes alvo, que se torna extinta e antecessora, e esta gera duas novas cartas. O jogador escolhe qual dessas duas cartas herdeiras terá a mutao nova, enquanto ambas herdarão na lista “Mutaoes Herdadas” as mutaoes antigas (caracteres plesiomórficos) da carta antecessora. Gera-se, portanto, uma linha de descendência, ou um cladograma (Fig. 4).

**Figura 4:** Exemplo da mecânica de Especiao



Fonte: Autores.

Também, com o intuito de aumentar o repertório sobre diversidade de Arthropoda e emular hipóteses de suas histórias evolutivas,   possível adquirir Cartas Clássicas, Artrópodes baseados em grupos reais como Araneae, Myriapoda, Decapoda, Insecta e outros. Isso ocorre quando o jogador cumpre uma lista de Mutaoes características de cada Clássico, no verso ou equipadas.

Após a fase de Mutação/Fixação/Especiação, são sacados dois Eventos: um Genérico, que pode se repetir, e um Específico de Período, que pode ser único, e é relativo a um momento na história evolutiva dos animais, como o surgimento dos peixes. Os Eventos, que abrangem catástrofes, mudanças ambientais e ecológicas, e até infortúnios, afetam tanto os status das cartas de Artrópodes, reduzindo/aumentando a Aptidão e Compatibilidade Reprodutiva, como podem afetar Mutações equipadas e potencializar esses efeitos. Dessa forma, o valor adaptativo de uma Mutação é dependente do Evento aleatório que a condicionará. Portanto não há antevisão das possibilidades caóticas. Por último, após os Eventos, há a fase de Extinção, quando as cartas com Aptidão Péssima (mínima) terão uma Marca de Extinção, que acumulada, leva a aniquilação da carta. As condições de fim de jogo são a critério do professor.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta primeira versão do jogo, esperamos que as mecânicas sejam capazes de emular, mesmo que parcialmente, os processos de especiação, cladogênese, e as contingências e pressões seletivas vividas por Arthropoda ao longo das eras. Com esse acompanhamento próximo dos processos concretizando-se, é possível que os jogadores infiram como a Evolução funciona: contingencial, não-intencional, e sem finalidade, produto do ambiente, e não da vontade dos seres vivos. E também, possam desenhar árvores evolutivas com maior facilidade, pensando em árvore e reconstruindo o significado de Evolução.

Como uma primeira versão, há possíveis dificuldades como o balanceamento das mecânicas e seus efeitos. E por se tratar de um jogo de cartas físico, são requeridos muitos materiais como papel e tinta de impressora, e uma constante atenção do professor a aplicar o jogo, o que poderia ser contornado caso fosse um *videogame*. Ainda assim, esperamos análises, aplicações e devolutivas desse produto para aprimorar cada vez mais essa potencial ferramenta auxiliadora do Ensino de Evolução.

## REFERÊNCIAS

CAIRES-JR, Francisco Paulo; CEZARE, Paola Sussai Luz; ANDRADE, Mariana A. B. S. **Divergências Conceituais sobre Evolução Biológica na Visão dos Estudantes**. In. III Conferencia Latinoamericana del International, History and Philosophy of Science Teaching Group - IHPST- LA. Santiago, Chile. 2014.

EDDY, Sarah L., CROWE, Alison J., WENDEROTH, Mary Pat, FREEMAN, Scott. **How should we teach tree-thinking? An experimental test of two hypotheses.** *Evolution: Education and Outreach.* v. 6. n. 13. 2013. DOI:10.1186/1936-6434-6-13

GIBSON, J. Phil, e HOEFNAGELS, Mariëlle H. **Correlations Between Tree Thinking and Acceptance of Evolution in Introductory Biology Students.** *Evolution: Education and Outreach.* v. 8. n. 15. 2015. DOI:10.1186/s12052-015-0042-7

LAINE, Teemu H. e LINDBERG, Renny S. N. Designing Engaging Games for Education: A Systematic Literature Review on Game Motivators and Design Principles. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, vol. 13, n. 4, pp. 804-821. 2020, DOI: 10.1109/TLT.2020.3018503.

LARROYD, Leticia Medeiros. **A Evolução Biológica nos Documentos Curriculares Nacionais.** Orientador: Prof. Leandro Duso, Dr. 2020. 58 p. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

LIPORINI, Thalita Quatrocchio. **Concepção dos alunos do Ensino Médio sobre a Evolução Biológica.** Orientador: Prof. Dr. Fernando Periotto. 2014. 49 p. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

O'HARA, Robert .J.. **Population thinking and tree thinking in systematics.** *Zoologica Scripta*, 26, 323-329. 1997.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. Vigotski e o processo de formação de conceitos. *In: TAILLE, Yves de La; OLIVEIRA, Marta Kohl de; DANTAS, Heloysa. Piaget, Vigotski, Wallon. Teorias psicogenéticas em discussão.* 29ª ed. São Paulo: Summus Editorial. p. 33 - 51. 2019a.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. O problema da afetividade em Vigotski. *In: TAILLE, Yves de La; OLIVEIRA, Marta Kohl de; DANTAS, Heloysa. Piaget, Vigotski, Wallon. Teorias psicogenéticas em discussão.* 29ª ed. São Paulo: Summus Editorial. p. 115 - 130. 2019b.

RIBEIRO, Rafael João; JUNIOR, Nelson Silva; FRASSON, Antonio Carlos; PILATTI, Luiz Alberto; SILVA, Sani de Carvalho Rutz da. Teorias de Aprendizagem em Jogos Digitais Educacionais: um Panorama Brasileiro. CINTED-UFRGS. **Novas Tecnologias na Educação.** v.13. n. 1, julho, 2015. DOI: 10.22456/1679-1916.57589.

SANTOS, Pâmela Mello dos. **Evolução Biológica na Perspectiva de Estudantes do Ensino Médio: das Concepções Espontâneas aos Saberes Escolares.** Orientadora: Profa. Dra. Marlise Ladvoat Bartholomei-Santos. 2017. 118 p. Dissertação (Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

SELARIN, Marcus Vinicius. **Tagma: Uma Abordagem Didático-Metodológica para o Ensino de Evolução Zoológica de Arthropoda a Partir do Pensamento em Árvore.** Orientadora: Profa. Dra. Caroline Arantes Magalhães. 97 p. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo. São Paulo, 2024.