

Anderson Machado Barbosa

**JARDINEIROS INTERGALÁCTICOS:
UM JOGO DE TABULEIRO PARA O ENSINO DE BIOLOGIA
DESENVOLVIDO NA PERSPECTIVA DA PESQUISA BASEADA EM
DESIGN**

Florianópolis

2017



Anderson Machado Barbosa

**JARDINEIROS INTERGALÁCTICOS:
UM JOGO DE TABULEIRO PARA O ENSINO DE BIOLOGIA DESENVOLVIDO
NA PERSPECTIVA DA PESQUISA BASEADA EM DESIGN**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Ciências Biológicas do Centro de Ciências
Biológicas da Universidade Federal de Santa
Catarina como requisito para a obtenção do Título
de Licenciado em Ciências Biológicas
Orientador: Prof. Dr. Marina Bazzo de Espíndola

Florianópolis

2017

Ficha de identificação da obra

A ficha de identificação é elaborada pelo próprio autor.

Orientações em:

<http://portalbu.ufsc.br/ficha>

Anderson Machado Barbosa

**JARDINEIROS INTERGALÁCTICOS:
UM JOGO DE TABULEIRO PARA O ENSINO DE BIOLOGIA DESENVOLVIDO
NA PERSPECTIVA DA PESQUISA BASEADA EM DESIGN**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Licenciado” e aprovado em sua forma final pelo Programa de Graduação em Ciências Biológicas

Florianópolis, 10 de Julho de 2017.

Prof. Carlos Roberto Zanetti, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Marina Bazzo de Espíndola, Dr.^a
Orientadora

Prof. Edmundo Carlos de Moraes
Co-orientador

Prof. Carlos Roberto Zanetti, Dr.

Prof.^a Gabriela Nóbrega Reses

Prof.^a Marinilde Tadeu Karat

Este trabalho é dedicado aos meus colegas e amigos “Irrelevantes”, à minha família, aos professores de toda a graduação, ao grupo GeaBio e a muitos amigos que tenham me ajudado nos últimos 4 anos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Edmundo Carlos de Moraes, que me inspirou com suas ideias e sabedoria e me acolheu inicialmente num projeto de TCC relacionado a jogos didáticos e Educação Global. E agradeço à minha orientadora atual, Marina Bazzo de Espíndola, que acolheu meu projeto posteriormente, assim como foi essencial para a realização da intervenção pedagógica da melhor maneira possível. Da mesma forma, agradeço minha colega do estágio em que criamos o jogo e grande amiga, Ariana Sarmento. A realização do jogo foi uma co-criação minha e dela, o jogo não seria o mesmo se fosse criado por apenas um de nós.

Agradeço ao meu pai e a minha mãe, por terem me proporcionado uma educação de qualidade, que fez ser possível o momento da apresentação deste trabalho. E a minha irmã por ter me acompanhado durante toda a vida.

Aos meus amigos da graduação, dentre eles o grupo “Irrelevantes”, pelos momentos de ternura, diversão e muito aprendizado sobre a vida.

Ao grupo GeaBio, por me trazer inspiração e a certeza de que sempre se pode fazer mudanças positivas na sociedade.

A todos amigos da graduação da Biologia, são todos muito especiais, demonstram um grande amor pela Vida, talvez porque afinal estudamos a vida. Também agradeço a muitos professores que me ensinaram, que mostraram seu amor pela Biologia, assim como trouxeram novas perspectivas sobre a natureza e a sociedade.

A diversas amizades com pessoas da UFSC, de vários cursos, certamente também me ampliaram horizontes.

Aos amigos do intercâmbio na Hungria, que me fizeram conhecer culturas diferentes, mas me mostraram que temos muitas semelhanças ao redor de todo o mundo.

Agradeço a Deus(a), ao Grande Espírito, por todas minhas vivências, pelos aprendizados conseguidos até aqui. Cada pessoa que tenha aparecido em meu caminho trouxe mudanças e fazem parte do que eu sou.

O Yang retorna ciclicamente a seu início, o Yin atinge seu auge e cede lugar
ao Yang.
(Kuei Ku Tzu, século IV A.C.)

RESUMO

O desenvolvimento, aplicação e avaliação de uma intervenção didática para o ensino de Genética no Ensino Médio foi realizado pela metodologia da Pesquisa Baseada em Design – PBD. Essa consistiu de um jogo didático de tabuleiro, chamado Jardineiros Intergalácticos, que se baseou em elementos de jogos de tabuleiros modernos. A teoria didática que norteou todo o trabalho é a Educação Global, que representa um paradigma sistêmico e ecológico sobre a educação, considerando essencial a percepção das inter-relações da realidade em quatro dimensões que também se conectam; entre comunidades, terras e povos (dimensão espacial), entre todos os fenômenos sociais, culturais e naturais (dimensão temática), entre passado, presente e futuro (dimensão temporal), e entre as esferas cognitivas, afetivas, físicas e espirituais do ser humano (dimensão interior). Para se adequar a esta visão, foi adotada uma abordagem ecológico-evolutiva para a temática do jogo, relacionando muitos conceitos da Biologia com os conceitos básicos de genética da Primeira Lei de Mendel, com a plasticidade fenotípica e a pleiotropia. Além disso, se buscou criar um jogo cooperativo. O jogo fez parte de um estágio de docência em que dois professores-estagiários planejaram e realizaram 4 encontros didáticos, em uma turma do ensino médio integrado do IFSC. A avaliação do jogo foi feita pela análise temática das respostas de questionários aos estudantes, assim como pela análise dos relatos dos estagiários. O jogo obteve alta aceitação por parte dos estudantes e parece ter enriquecido seu aprendizado. Pela análise feita, o jogo atingiu seus objetivos, mas sugestões de redesenho (redesign) do jogo e da intervenção pedagógica são apontadas, para posterior aperfeiçoamento da intervenção e aproveitamento para outros professores.

Palavras-chave: Genética. Ensino Médio. Pesquisa Baseada em Design. Educação Global. Paradigma Sistêmico. Dimensão Espacial. Dimensão Temática. Dimensão Temporal. Dimensão Interior. Abordagem Ecológico-evolutiva. Abordagem Ecológica. Abordagem Evolutiva. Primeira Lei de Mendel. Plasticidade Fenotípica. Pleiotropia. Estágio de Docência. Análise Qualitativa. Análise Temática. Redesenho. Redesign.

ABSTRACT

The development, application and evaluation of a didactic intervention for the teaching of Genetics in High School was accomplished by the methodology of the Design-Based Research - DBR. This consisted of a didactic board game, called Intergalactic Gardeners, which was based on elements of modern board games. The didactic theory that guided all work is Global Education, which represents a systemic and ecological paradigm about education, considering essential the perception of the interrelationships of reality in four dimensions that also connect each other; Between the communities, lands and peoples (spatial dimension), between all social, cultural and natural phenomena (thematic dimension), between past, present and future (temporal dimension), and between the cognitive, affective, physical and spiritual spheres of the human being (interior dimension). In order to fit this vision, an ecological-evolutionary approach was adopted for the theme of the game, relating many concepts of biology with the basic concepts of Mendel's First Law, with phenotypic plasticity and pleiotropy. In addition, we sought to create a cooperative game. The game was part of a teaching internship where two trainee teachers planned and held 4 didactic meetings in an integrated high school class of IFSC. The evaluation of the game was made through the thematic analysis of the answers of questionnaires to the students, as well as the analysis of the reports of the trainees. The game has received high acceptance from students and seems to have enriched their learning. Through the analysis, the game achieved its objectives, but suggestions for redesigning the game and pedagogical intervention are pointed out, for later improvement of the intervention and exploitation of other teachers.

Keywords: Genetics. High school. Design Based Research. Global Education. Systemic Paradigm. Space Dimension. Thematic Dimension. Temporal Dimension. Interior Dimension. Ecological-evolutionary approach. Ecological Approach. Evolutionary Approach. Mendel's First Law. Phenotypic Plasticity. Pleiotropy. Teaching Internship. Qualitative Analysis. Thematic Analysis. Redesign.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tabuleiro dos jogo The Settlers of Catan (BGG, 2007)	41
Figura 2 – Tabuleiro do jogo Carcassonne (BGG, 2014)	41
Figura 3 - Tabuleiro do jogo ainda sem os indivíduos.....	57
Figura 4 - Folha da representação das características fenotípicas nas cartas e nos modelos feitos de peças de montar.....	58
Figura 5 - Frente e verso de uma das cartas utilizadas no jogo.....	59
Figura 6 - Tabuleiro com plantas escolhidas para os cruzamentos.....	61
Figura 7 -Guia sobre a plasticidade fenotípica do gene “f”.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de probabilidade genética com base na primeira lei de Mendel	62
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PBD – Pesquisa Baseada em Design

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

P1 – Professor 1

E2 – Estudante 2

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo Geral.....	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
2	Identificação do Problema de Ensino: Determinismo Biológico e Fragmentação dos Conhecimentos.....	18
2.1	Visão mecanicista, reducionismo e fragmentação dos conhecimentos.....	18
2.2	A mudança de paradigma; a visão sistêmica.....	21
2.3	Ensino de Biologia e determinismo biológico	23
2.4	A falta de uma abordagem ecológico-evolutiva.....	27
3	Teoria Educacional Norteadora: Educação Global e estratégias complementares - abordagem ecológico-evolutiva e jogos de tabuleiro modernos.....	30
3.1	Educação Global.....	30
3.2	Abordagem ecológico-evolutiva.....	33
3.3	Jogos de tabuleiro modernos.....	37
4	Metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento da Intervenção Educativa.....	45
4.1	Metodologia de Pesquisa.....	45
4.2	Contextualização do estágio.....	48
4.3	Desenvolvimento da intervenção educativa.....	52
4.4	O jogo - Jardineiros Intergalácticos.....	55
5	Análise da Intervenção Educativa.....	65
5.1	Análise dos relatos dos professores estagiários.....	65
5.2	Análise das percepções dos estudantes.....	70
5.2.1	Aprendizagem promovida pelo jogo.....	70
5.2.2	Dinâmica do jogo.....	72
6	Discussão, Redesign e Sistematização das contribuições do trabalho para o contexto do Ensino de Biologia.....	75
6.1	Discussão.....	75
6.2	Possibilidades de Redesign.....	79
7	Considerações Finais.....	84
	REFERÊNCIAS.....	85
	ANEXO A – Questionário de avaliação do jogo	93

1 INTRODUÇÃO

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, “[...] o ensino da Biologia deve servir como meio para ampliar a compreensão sobre a realidade, recurso graças ao qual os fenômenos biológicos podem ser percebidos e interpretados, instrumento para orientar decisões e intervenções”. (PCN+ 1998, p. 36). No entanto, na maioria das vezes essa proposta se apresenta como um grande desafio aos docentes por diversos motivos como; o alto nível de fragmentação do conteúdo, a pressão social para preparar o estudante para o exame de vestibular, as condições de trabalho e o retorno salarial.

A fragmentação do conteúdo tem sido considerada como proveniente do paradigma ainda dominante de visão sobre a realidade (visão de mundo) atualmente, que é comumente denominada de “mecanicista”, “reducionista” ou ainda “atomista” (Capra, 1996). Esta visão de mundo mecanicista acaba por promover a alienação entre os seres humanos e a natureza e também entre os próprios seres humanos (Plumwood, 1993), uma vez que estes não percebem as conexões entre si e com a natureza e todas suas relações diretas e indiretas.

Em contrapartida, a Educação Global, em sua perspectiva original (Selby, 1999), representa um paradigma sistêmico e holístico sobre a educação, inspirado numa visão ecológica de mundo – na qual a realidade está radicalmente interconectada; numa rede de relações dinâmicas em transformação constante, o que implica afirmar que relações são tudo, nada existe a não ser em profunda relação com outras entidades. Os autores enfatizam a importância da percepção da interconexão e inter-relações da realidade em quatro dimensões: entre comunidades, terras e povos (espacial), entre todos os fenômenos sociais, culturais e naturais (temática), a natureza interpenetrante do passado, presente e futuro (temporal) e a complementaridade das esferas cognitivas, afetivas, físicas e espirituais do ser humano (interior), sendo que essas quatro dimensões também interagem entre si.

Vários trabalhos têm mostrado que a busca pela melhor aprendizagem dos alunos mediante a utilização do lúdico (jogos e dramatização) no processo de ensino parecem contribuir amplamente para melhorar a prática de ensino, para um maior envolvimento dos estudantes, os quais passam a relacionar os temas trabalhados em sala ao seu cotidiano. Jogos apoiam o desenvolvimento de pensamentos complexos (análises, aplicação de conhecimentos, síntese e relação entre as partes) (MCDONALD, 2004). O jogo ainda permite a ação intencional (afetividade), construção de representações mentais (cognição), realização de ações sensório-motoras e interações sociais, potencializando a aprendizagem e as condições para maximizar a

construção de conhecimentos (Hermann e Araújo 2013). Essas características, portanto, têm o potencial de explorar todas as dimensões da Educação Global citadas acima.

Em se tratando mais especificamente do ensino de genética e biologia molecular, assunto geralmente trabalhado no ensino médio, alguns estudos têm descrito essas dificuldades (Melo e Carmo 2009; Querubino e Mittman 2011; Scheid, Ferrari e Delizoicov 2005). Dentre elas destacam como desafio central em lidar com conceitos abstratos, com o intenso uso de vocabulário científico como “cromátide”, “alelos” e, ao mesmo tempo, promover uma conexão com o cotidiano dos estudantes. Estes estudos incentivam uma reflexão sobre as premissas socialmente reforçadas sobre genética, como o inatismo, a existência de raças e exemplos antropocêntricos (ligados apenas à saúde humana). Sugerem a necessária articulação do ensino destes conteúdos com a Bioética, e a discussão do potencial da genética no estudo e manutenção da Biodiversidade e suas relações históricas, numa perspectiva de apresentar a Ciência como processo coletivo sócio-histórico-cultural e não como detentora de verdades absolutas imutáveis.

No âmbito da pesquisa sobre o ensino de ciências e biologia, bem como na formação de professores nesta área, um dos principais problemas em evidência é a dissociação entre teoria e prática. A pesquisa baseada em design - PBD (Brown, 1992; Collins, 1992) é uma metodologia relativamente nova que integra a pesquisa com intervenções dentro do contexto real de ensino-aprendizagem, através da criação e aplicação de estratégias e ferramentas educacionais focando em problemas complexos, porém delimitados, analisados sob a perspectiva de teorias educacionais norteadoras, tanto para compreender os problemas iniciais do contexto educativo, como para desenvolver uma intervenção educativa efetiva, quanto para analisar este processo e produzir novos conhecimentos pedagógicos (WANG & HANNAFIN, 2005).

Na PBD os objetivos do desenvolvimento da intervenção educacional devem dialogar paralelamente com a descoberta de novas informações que podem vir a criar novas linhas de pensamento educacionais, ao longo de ciclos contínuos de análise, design, aplicação, avaliação e (re)design (Cobb, 2001; Collins, 1992).

Este trabalho aborda a pesquisa e desenvolvimento de um jogo de tabuleiro didático e seu uso como intervenção educativa, durante a disciplina de estágio supervisionado de biologia do curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a partir da perspectiva da PBD. O jogo foi utilizado no contexto de aulas de genética, mas procurou integrar noções de ecologia e evolução relacionadas ao conteúdo estudado.

Optamos em abordar a PBD nesse estudo de caso com o uso de 5 etapas: 1- Identificação do problema de ensino (ensino de Biologia, determinismo biológico e Fragmentação dos Conhecimentos), 2- Escolha da teoria educacional norteadora (Educação Global), 3- Desenvolvimento da Intervenção educativa (planejamento de ensino com inspiração nos jogos de tabuleiro modernos, game design, pensamento complexo aliando genética e ecologia), 4- Aplicação da Intervenção (registros do processo e avaliação), 5- Análise, Discussão e Redesign (sistematização das contribuições para o Ensino de Biologia). Cada uma destas etapas constitui um capítulo deste TCC.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo principal:

Desenvolver e avaliar uma intervenção educativa para o ensino de genética a partir da abordagem pedagógica da Educação Global.

1.1.2 Objetivos específicos:

- Pesquisar elementos teóricos para o desenvolvimento de um jogo educacional analógico, que estimule pensamentos, habilidades e atitudes almejados pela Educação Global para o ensino de genética e interfaces com matérias de Biologia do ensino médio.
- Desenvolver, implementar e avaliar o jogo em uma turma de ensino médio.
- Discutir os resultados, traçar contribuições para o ensino de genética baseado na Educação Global e realizar possíveis ajustes ao jogo.

2 Identificação do Problema de Ensino: Determinismo Biológico e Fragmentação dos Conhecimentos

2.1 Visão mecanicista, reducionismo e fragmentação dos conhecimentos

A crise atual global é considerada por muitos pensadores como manifestações de uma crise cultural profunda de percepção sobre a realidade, cuja nossa visão distorcida ou incompleta não pode resolver problemas que ela própria criou. Sugere Jean Houston:

Nossos problemas atuais não são fundamentalmente de ordem política ou econômica, mas possuem suas raízes no uso inadequado de nossa humanidade ou, mais exatamente, em nossa persistência em utilizar algumas de nossas capacidades que não são mais apropriadas aos tempos atuais (HOUSTON, 1982, p. 15).

Esta visão da realidade predominante atualmente costuma ser denominada “mecanicista”, “reducionista” ou “atomista” (Capra, 1996). Causada em grande parte pela revolução científica do século XVII, sua emergência ocorreu de uma transformação da visão anterior, baseada na filosofia aristotélica e no dogma teológico cristão. A visão de um universo orgânico, vivo e espiritual foi substituída pela de um universo que opera como uma máquina. Embora formas anteriores de organização social, como o patriarcalismo e o autoritarismo, tenham sido mantidas (CAPRA, STEINDL-RAST e MATUS, 1991).

Esta visão, que se tornou o paradigma da modernidade, sua estrutura de pensamento se deve a diversos cientistas e filósofos, como Galileu, Copérnico, Bacon e Newton. Porém a pessoa de maior influência foi René Descartes, que em sua famosa obra “O discurso do Método”, criou o que hoje denominamos método cartesiano, formando as bases da ciência clássica. Como um relógio ou qualquer outra máquina, o objeto de estudo deveria ser analisado, ou seja, dividido ao máximo possível, e estudadas as peças separadas, para então posteriormente reuni-las novamente e então enumerar as descobertas feitas. Por causa do ceticismo metodológico, Descartes considerou que só existe aquilo que pode ser provado, sendo seu método capaz de distinguir a verdade do erro, tudo deveria ser submetido à razão. Assim, com perfeita precisão, se poderia compreender os fenômenos através da análise, numa perspectiva de observador neutro, sem que emoções e valores tivessem influência sobre o resultado. (CAPRA, 2005)

A razão seria o que distinguia os seres humanos de outros seres vivos e da natureza em geral. A única coisa de que Descartes não duvidava era de sua existência como pensador, tanto que sua máxima foi “Ego cogito, ergo sum”; “Eu que penso, logo existo”. Os seres humanos,

possuindo sua capacidade de raciocinar e analisar, estavam separados da natureza e poderiam investigar o mundo objetivamente, de forma neutra, sem influência dos próprios pensamentos, valores e emoções. Descartes também defendia a separação entre mente e matéria, que culminou no divórcio entre mente e o corpo humano, que passou a ser considerado como uma máquina-animal, composta por mecanismos funcionais e totalmente sujeita ao comando da mente (SELBY, 1999)

O pensamento cartesiano favoreceu uma estrutura conceitual para o desenvolvimento da ciência clássica, principalmente da Física. Foi essencial para o trabalho de Isaac Newton, que postulou que pequenas partículas indestrutíveis seriam os “blocos constituintes” básicos de toda a matéria e adicionou substância matemática ‘a descrição de Descartes do universo como um grande mecanismo. Esse pensamento também influenciou profundamente a visão ocidental atual de mundo, de forma que existem poucas áreas da atividade humana que permaneceram intocadas por seus pressupostos e metodologia.

Essa visão da realidade mecanicista se tornou ela mesma fragmentada em “blocos constituintes”, na qual os fenômenos e acontecimentos são percebidos como isolados. Ela dividiu o conhecimento em assuntos ou disciplinas e em diferentes modos de perceber e interpretar a realidade, que passaram a criar dificuldades de interpretação da realidade de fato, pela falta de comunicação entre estas disciplinas. Fritjof Capra coloca que:

O paradigma que está agora retrocedendo dominou a nossa cultura por várias centenas de anos, durante os quais modelou nossa moderna sociedade ocidental e influenciou significativamente o restante do mundo. Esse paradigma consiste em várias ideias e valores entrincheirados, entre os quais a visão do universo como um sistema mecânico composto de blocos de construção elementares, a visão do corpo humano como uma máquina, a visão da vida em sociedade como luta competitiva pela existência, a crença no progresso material ilimitado, a ser obtido por intermédio do crescimento econômico e tecnológico, e – por fim, mas não menos importante – a crença em uma sociedade na qual a mulher é, por toda a parte, colocada em posição inferior à do homem.” (CAPRA, 2001, p. 25)

Pares de qualidades “opostas” ilustram a criação dessa fragmentação na nossa percepção da realidade, para além do aspecto disciplinar: cultura/natureza, masculino/feminino, mente/corpo, mestre/escravo, racionalidade/animalidade, razão/emoção, espírito/natureza, civilizado/primitivo, produção/reprodução, público/privado, competição/cooperação, sujeito/objeto, eu/o outro (PLUMWOOD, 1993, p.43).

Alguns intelectuais, como Miller e Plumwood (1993), argumentam que o principal problema é a manutenção de relações hierárquicas entre os conceitos, formando uma rede de opressão em que um lado subjuga o outro. Essa rede de opressão está também fortemente

relacionada à natureza patriarcal da sociedade, herdada da visão anterior relacionada ao dogma teológico cristão romano.

Elizabeth Dodson Gray (1979) lembra que dois relatos da criação da Gênesis têm sido utilizados pelo cristianismo para legitimar tanto a hierarquia humano/não humano (a dominação humana sobre a natureza, tal como descrito na Gênesis 1) como o antropocentrismo (o homem como centro da criação, como descrito na Gênesis 2). Gray coloca, além disso, que a hierarquia em si mesma significaria a santa ordem. Essa hierarquização, tanto cultural quanto religiosa, também parece sempre ter colocado o homem como superior ou mais importante que a mulher. A forte divisão entre homem e natureza levou a sociedade a mesmo esquecer que o ser humano é um animal e conseqüentemente parte da natureza. A industrialização e as novas tecnologias trouxeram relativo sucesso em evitar os perigos da natureza e isso aumentou essa separação. Uma certa associação preferencial da natureza ao feminino e do feminino a emoções e outras características subjetivas correlaciona essa rede de opressões atuais, percepções essas contribuídas por autoras do ecofeminismo. (GAARD, 2011; PLUMWOOD, 1993)

A crítica à visão mecanicista não deve ser levada ao extremo, a orientação da ciência para a análise, redução e objetividade trouxe avanços tecnológicos imensos. Porém essa visão é incompleta, com um campo de atuação e aplicabilidade específico, limitado, produzindo resultados adversos e até mesmo desequilíbrios com conseqüências desastrosas quando utilizado além de seus próprios limites. Ela se torna uma orientação cultural perigosa ao ser aplicada a todo tipo de experiência e atividades humanas. Escreve Fritjof Capra (1983, p. 26),

A crença de que todos esses fragmentos – em nós mesmos, em nosso meio ambiente e em nossa sociedade – estão de fato separados, pode ser considerada a causa essencial da série atual de crises na cultura, na ecologia e na sociedade. Ela nos alienou da natureza e de nossos semelhantes. Ela produziu uma distribuição desigual de recursos naturais, criando uma desordem econômica e política, uma onda crescente de violência, tanto espontânea como institucional, e um meio ambiente feio, poluído, no qual a vida se torna física e mentalmente insalubre.

O paradigma mecanicista tem permeado os objetivos e decisões das sociedades ocidentais. A medicina ocidental, por exemplo, geralmente tem considerado uma doença como o mal funcionamento de um mecanismo biológico e tenta tornar a pessoa “funcional” novamente através da cura daquela parte do corpo. A relação entre todos os órgãos, inclusive entre mente-corpo e a relação indivíduo/ambiente pessoal são geralmente desconsideradas. Os economistas, por sua vez, fazem análises de custo-benefício em termos estritamente econômicos e falham em perceber os custos ambientais, sociais e psicológicos desta atividade. (PIKE, SELBY, 1999)

2.2 A mudança de paradigma; a visão sistêmica

A obra do físico-historiador Thomas Kuhn, *A Estrutura das Revoluções Científicas* (1962), trouxe a percepção da mutabilidade da ciência, com novas reflexões na História e Filosofia da Ciência, trazendo o conceito de “mudança de paradigma”. Na mesma época, se percebeu uso do desenvolvimento científico para tecnologias de guerra e a degradação ambiental consequente do modelo tecnológico e econômico demonstrou que a ciência e tecnologia não conduziam linearmente ao bem-estar social. Um dos objetivos principais seria, portanto, trazer a tomada de decisões para um plano mais democrático (com mais atores sociais participando) e menos tecnocrático (apenas por parte de especialistas contratados). A crítica ao mecanicismo, assim como as proposições de uma nova visão sobre a ciência, a sociedade e a realidade em geral, baseadas em novas descobertas científicas, são frutos desses acontecimentos. (AULER, 2003)

Para o físico italiano Marcello Cini, citado por Pretto (1997, p. 3), o que vemos hoje, olhando a evolução da ciência, é uma grande mudança de concepção:

[...] passou-se, em vez disso, a uma concepção de mundo em que, em vez de se tentar reduzir tudo à ordem, regularidade e continuidade, emergem categorias e perspectivas completamente opostas. Estudam-se a desordem, a irregularidade, os fenômenos que não se repetem, em vez de tentar unificar fenômenos muito diferentes pela explicação resultante de uma única lei fundamental. A individualidade começa a ser reconhecida, por exemplo, no fato de que sistemas estruturalmente idênticos podem revelar comportamentos radicalmente diferentes, ocasionados apenas por pequeníssimas diferenças que, até então, todos consideravam como sendo não essenciais.

Diversas descobertas em vários campos da ciência levaram a essas mudanças de percepção. Dentre elas, se destacam as do físico-químico Prigogine, que introduziu o conceito de “estruturas dissipativas” como sistemas organizacionais abertos, sistemas complexos cuja evolução ocorre mediante trocas de energia com o meio ambiente, através de mecanismos não-lineares que pressionam o sistema além dos limites de estabilidade, conduzindo-o a um novo estado macroscópico. Em decorrência, todos os sistemas vivos são complexos organizacionais abertos em interação com o meio ambiente, com o qual mantêm um fluxo de energia infindável. Uma semente, um óvulo, o ser humano, as sociedades, os ecossistemas, enfim, são todos sistemas vivos em permanente estado de interação e de interdependência com o meio ambiente (MORAES, 2004)

O trabalho de Prigogine tem elementos importantes para a teoria da complexidade atual, mas sua origem está no trabalho da teoria geral dos sistemas feita por Ludwig Von Bertalanffy durante final dos anos 1940 e anos 1950, assim como o trabalho em cibernética praticamente

no mesmo período. A teoria geral dos sistemas diz que enquanto as leis gerais da termodinâmica se aplicam a sistemas tradicionais fechados, sistemas abertos como seres vivos ou sistemas de atores com motivações e comportamentos individuais não necessariamente se sujeitam a essas mesmas propriedades. O campo da cibernética contribuiu com o conceito de feedbacks positivos e negativos como mecanismos importantes para sistemas abertos, que leva os grupos de atores a se auto-organizar e proporciona que novos comportamentos possam emergir. Esses conceitos – auto-organização, emergência e feedback – são centrais para a teoria da complexidade. Pelos anos 1980, pesquisadores do Instituto Santa Fé buscaram unir esses conceitos centrais em um modelo chamado Sistemas Adaptativos Complexos (SACs), enquanto esse modelo combina elementos das teorias anteriores, a natureza dos SACs é específica (ALHADEFF-JONES, 2008 apud SNYDER, 2013).

Morin (2003) explica o pensamento complexo através de três princípios interligados: a) dialogicidade: que permite manter a dualidade no seio da unidade; associa ao mesmo tempo termos complementares e antagônicos, tais como a ordem e a desordem; b) recursividade: que representa a ruptura com a idéia linear de causa e efeito, de produto/produzidor, de estrutura/superestrutura, uma vez que tudo o que é produzido retorna sobre aquilo que o produziu, formando um ciclo autoconstitutivo, auto-organizador e autoproduzidor; c) princípio hologramático: representado pela idéia de que não apenas a parte está no todo, mas o todo está na parte; pois o movimento produtor do conhecimento se enriquece através do conhecimento das partes pelo todo e do todo pelas partes.

De acordo com Pike e Selby (1999):

Bohm e outros destacados físicos atômicos descobriram que algumas das descrições mais satisfatórias da nova visão emergente de mundo estavam presentes também na filosofia e religiões do Oriente. Eles também encontraram inspiração da visão holística de mundo nos povos indígenas. A esta convergência entre culturas tradicionais e ciência física contemporânea ocidental podemos adicionar uma terceira influência ao paradigma sistêmico emergente: os sistemas modernos de biologia, que consideram os organismos como totalidades integradas, com propriedades que não podem ser reduzidas a partes separadas e que maximizam sua chance de sobrevivência por meio de uma interação dinâmica ou complementaridade entre a tendência à auto-afirmação e a tendência à integração no sistema ecológico mais amplo.

A fenomenologia biológica (Maturana & Varela, 2001 apud Araújo, 2007) descobriu que o ambiente e o indivíduo se influenciam mutuamente, as mudanças que o meio provoca na estrutura de um determinado organismo geram em seguida mudanças no meio, provenientes das respostas do organismo mudado, numa relação circular, portanto se considera que há um acoplamento estrutural. Assim, um organismo é sempre fonte de resposta para o meio onde se encontra. Em contrapartida, eles revelam também que os sistemas vivos, em função de sua

autopoiese, apresentam tendência ao aumento da diferenciação e não da homogeneização, a partir de suas relações com um ambiente mutável. Um exemplo disso é que um ecossistema com uma comunidade de seres vivos bastante diversa será mais resiliente a mudanças ambientais drásticas, tendo assim melhores chances de se recuperar e se adaptar a essas mudanças (BATABYAL, 1998).

A causalidade linear fundamenta a racionalidade cartesiana e indica a existência de um único caminho, de uma única metodologia, de uma única maneira de realizar algo, relacionada às práticas pedagógicas tão criticadas da escola instrucionista e autoritária, reprodutora do conhecimento processado de maneira linear, próprias da “educação bancária” (Freire, 1987). A causalidade recursiva traduz a existência de uma dinâmica não linear, em que causas e efeitos se confundem, de uma dinâmica complexa, implicando um pensamento aberto ao inesperado, ao desconhecido, ao acaso. A dinâmica não linear demonstra que naturalmente a aprendizagem pode ser colaborativa, interativa, com cooperações mútuas, considerando as subjetividades, aspectos fundantes da abordagem complexa. (ARAÚJO, 2007)

Edgar Morin (2005) diz que “complexo é aquilo que é tecido em conjunto”, portanto são associados indivíduo e meio, sujeito e objeto, professor e aluno e os demais tecidos que fazem parte da realidade. Através das diversas interações que ocorrem, o conhecimento não é construído de maneira linear, mas de forma relacional, indeterminada, espontânea e criativa (ARAÚJO, 2007).

2.3 Ensino de Biologia e determinismo biológico

Da mesma forma, a educação predominante atual está fortemente ligada ao paradigma mecanicista, pois, como discute Moraes (1996)

Acreditamos na existência de um diálogo interativo entre o modelo da ciência, as teorias da aprendizagem utilizadas e as atividades pedagógicas desenvolvidas. Na prática do professor, encontram-se subjacentes modelos de educação e de escola fundamentados em determinadas teorias do conhecimento. Ao mesmo tempo em que a educação é influenciada pelo paradigma da ciência, aquela também o determina. O modelo de ciência que explica a nossa relação com a natureza, com a própria vida, esclarece, também, a maneira como aprendemos e compreendemos o mundo, mostrando que o indivíduo ensina e constrói o conhecimento, a partir de como compreende a realização desses processos. (p. 59)

Assim, nos últimos séculos, a escola elaborou sua educação enfocando nos aspectos lógicos, de memorização, com uma noção de realidade de causa-efeito linear e proveniente disso a ideia de “transmissão de conhecimento” do professor ao aluno, como se os estudantes

fossem depósitos, a ideia de “educação bancária” (Freire, 1987). Essa tem sido a base para a formulação das práticas curriculares, tornando quase absolutas a utilização da razão, objetividade e conhecimentos provenientes da metodologia cartesiana (prática científica protocolar) e omitindo processos característicos da humanidade, como a criatividade, a emoção, as suas subjetividades (relacionadas à vivência real) (ARAÚJO, 2007).

A fragmentação traz como consequência a ideia de neutralidade e objetividade do conhecimento. Com esse viés, o conhecimento referido em sala de aula perde sentido existencial ao não trabalhar a relação com o todo e com o sujeito do processo cognitivo.

Como decorrência do descolamento entre sujeitos e objetos de estudo, vivemos uma realidade de pouco envolvimento no processo ensino-aprendizagem. Dificuldades comumente encontradas no ensino de biologia são relacionadas à aplicabilidade e abstração dos conceitos que são abordados. Este aspecto se sobressalta em decorrência de déficit ou, até mesmo, inexistência, em certos momentos, da contextualização e ressignificação de conteúdos junto com os alunos e suas subjetividades (RODRIGUES e MELLO, 2005) remetendo a uma simples situação de aquisição de conhecimento prévio, superficial ou preparatório para algum evento/prova/concurso, sem propiciar uma possível releitura ou problematização do conteúdo que possibilitasse o desenvolvimento do potencial do indivíduo como um todo.

De acordo com os PCNEM (BRASIL, 2000. pg. 9), é essencial ao professor de Biologia uma visão sistêmica, capaz de estimular a percepção da inter-relação entre os fenômenos, favorecendo abordagens interdisciplinares e temas transversais, partindo de uma compreensão global dos assuntos. Esta percepção seria essencial para uma alfabetização tecnológica, para a compreensão da problemática ambiental e para uma visão articulada do ser humano em seu meio natural, como transformador deste meio. Essa proposta se difere bastante do que tradicionalmente ocorre no Ensino Médio, em que as disciplinas (as diferentes áreas da Biologia e também todas as outras disciplinas) são geralmente tratadas de forma isolada, com pouca ou nenhuma exploração das relações com outros conhecimentos. Segundo os PCNEM;

É objeto de estudo da Biologia o fenômeno vida em toda sua diversidade de manifestações. Esse fenômeno se caracteriza por um conjunto de processos organizados e integrados, no nível de uma célula, de um indivíduo, ou ainda de organismos no seu meio. Um sistema vivo é sempre fruto da interação entre seus elementos constituintes e da interação entre esse mesmo sistema e demais componentes de seu meio. As diferentes formas de vida estão sujeitas a transformações, que ocorrem no tempo e no espaço, sendo, ao mesmo tempo, propiciadoras de transformações no ambiente.

Um tema central para a construção de visão de mundo é a compreensão de que as teorias em Biologia, como nas demais ciências, são modelos explicativos, construídos em determinados contextos sociais e culturais. A partir disso os PCNEM criticam a maneira cartesiana de visão sobre os organismos vivos “como uma articulação mecânica de partes, e como se para compreendê-la, bastasse memorizar a designação e a função dessas peças, num jogo de montar biológico”. Sugerem então que ao longo do Ensino Médio, para garantir a compreensão do todo, é mais adequado partir-se do geral e depois tratar dos elementos particulares que fazem parte do todo, se tornando mais significativo saber então sobre os elementos cada vez mais particulares, pois passam assim a se relacionar a um contexto maior, para os estudantes. (BRASIL, 2000. pg. 9).

Todas essas recomendações demonstram talvez o início do desenvolvimento de uma nova compreensão de educação no país, embora talvez ainda mais na teoria que na prática. Muitos professores, acostumados com a visão mecanicista desde estudantes, apenas repetem por conveniência o que já tiveram por exemplos. Outros podem tentar inovações, mas bastante parciais, uma vez que sua cultura de ensino e aprendizagem ainda é muito influenciada pela visão mecanicista. A nova abordagem, baseada em uma visão de mundo sistêmica ainda é um processo em construção tanto individual quanto coletivo. A pressão estrutural relacionada às hierarquias na escola e a preparação dos estudantes para o vestibular, que é em grande parte herança do paradigma mecanicista, assim como o posterior universo do trabalho em geral atual, traz dificuldades na implementação de novas práticas.

Para Bozanini (2005); Rodrigues (2009), Carabetta (2010), o ensino de biologia possui caráter pouco motivador e desafiador para os educandos em função de uma prática docente desvinculada da realidade; na falta de estimulação do pensamento crítico; de currículos divergentes entre o fazer e o pensar a ciência; da desconsideração dos conhecimentos prévios que os alunos trazem para a escola, provenientes de sua própria vivência, da restrição do conteúdo, reduzindo-o apenas ao livro didático e, ocasionando, dessa forma, um ensino passivo e desprovido de contextualização.

Em se tratando mais especificamente do ensino de genética e biologia molecular, assunto geralmente trabalhado no ensino médio, alguns estudos têm descrito essas dificuldades - Melo e Carmo 2009; Querubino e Mittman 2011; Scheid, Ferrari e Delizoicov 2005. Dentre elas destacam como desafio central em lidar com conceitos abstratos, com o intenso uso de vocabulário científico, ao mesmo tempo, promover uma conexão com o cotidiano dos estudantes. Estes estudos incentivam uma reflexão sobre as premissas socialmente reforçadas

sobre genética, como o inatismo, a existência de raças e uso unicamente de exemplos antropocêntricos (ligados apenas a saúde humana). Sugerem a necessária articulação do ensino destes conteúdos com a Bioética, e a discussão do potencial da genética no estudo e manutenção da Biodiversidade e suas relações históricas, numa perspectiva de apresentar a Ciência como processo coletivo sócio-histórico-cultural e não como detentora de verdades absolutas imutáveis.

Giacóia (2006, p. 25) ressalta que:

O avanço do conhecimento genético não se limita apenas a responder questões relativas à identificação dos genes, mas a entender melhor e mais rapidamente como funciona a vida no planeta. Nessa perspectiva, o papel da escola básica é fornecer aos estudantes os aportes necessários para compreender essas informações de maneira mais efetiva, à medida que elas colocam cotidianamente em cheque nossos conhecimentos, convicções e princípios éticos.

Segundo Borges, Lima (2007) e Durbano et al. (2008), boa parte dos estudantes brasileiros conclui o ensino médio considerando que as leis de Mendel são apenas “letras” que se combinam em um cruzamento, sem fazer a associação de que tais “letras” como AA ou Aa apenas representam simbolicamente sequências nucleotídicas, que fazem parte dos genes, e estão localizadas nos cromossomos, segregando-se durante a meiose para a formação dos gametas. Mais do que isso, as leis de Mendel são a base para a compreensão das características passadas de geração a geração, que são essenciais ao entendimento da evolução e para utilizações práticas como as relacionadas ao surgimento de doenças hereditárias ou mesmo de fenótipos vantajosos numa população de indivíduos de determinada espécie em um ecossistema.

Uma das possíveis justificativas para a falta dessa associação é a apresentação dos conceitos em aulas separadas, muitas vezes sem um reforço sobre a relação entre eles por meio de imagens, vídeos ou fluxogramas que possam explicitar o todo, nem o uso de experiências práticas, simuladas ou realistas, que promovam uma aprendizagem mais significativa dos estudantes sobre estes conceitos.

Além disso, o ensino de genética muitas vezes reforça o determinismo genético de maneira acrítica. Provavelmente em grande parte porque só agora no século XXI estão se desenvolvendo estudos (como exemplo os estudos epigenéticos) que demonstram que a genética muitas vezes traz um leque de possibilidades de desenvolvimento para o ser vivo. O que será ativado ou não nos genes depende de ambiente externo e de condições fisiológicas

tanto do indivíduo em questão, quanto de seus pais (já desde a concepção dos gametas), principalmente da mãe (ao menos principalmente em mamíferos), e de todos os outros indivíduos que interagirem com este ser vivo durante sua fase de crescimento até a idade adulta. Portanto toda uma complexidade de interações influencia no desenvolvimento de um ser vivo e por mais que os genes possam limitar a variedade de caminhos pelo qual este poderá se desenvolver, a variação possível ainda é gigantesca, portanto os genes não são determinantes, mas são grandes campos de potencialidades (GOULD, 1977; MAZZOCHI, 2008).

2.4 A falta de uma abordagem ecológico-evolutiva

Outra possível razão é a falta de uma contextualização maior da genética sob um enfoque ecológico-evolutivo. A Evolução é um tema essencial para a contextualização dos mais diversos fenômenos biológicos, incluindo diretamente os que são ensinados em Genética, mas este assunto acaba sendo pouco tratado pelos professores de Ensino Fundamental e Médio. Cicillini (1997a, p.18) coloca que:

Os conteúdos referentes à Teoria da Evolução, embora presentes tanto nas propostas curriculares quanto nos livros didáticos, praticamente não são trabalhados nas escolas de Ensino Médio. Quando o são, aparecem apenas como um conteúdo a mais na programação, sem evidenciar suas peculiaridades tão importantes para a Biologia – seja enquanto ciência, seja enquanto ensino dessa área do conhecimento. O tratamento dado ao tema Evolução, por exemplo, está na dependência do tempo da disciplina Biologia no ano letivo, bem como dos acontecimentos decorrentes do funcionamento da escola. Geralmente programado para o final do 3o ano do Ensino Médio, este assunto pode ser eliminado ou, quando abordado, serem dadas apenas “noções de darwinismo e lamarckismo”.

A abordagem isolada dos conhecimentos relacionados à Evolução, sem articulá-la com todas as áreas da Biologia, se por um lado pode estar relacionada ao contexto escolar, conforme aponta a autora citada, também pode estar relacionada à falta de conhecimento conceitual dos professores em relação ao tema e seu ensino. Pesquisas recentes indicam que muitos professores têm problemas quanto à compreensão de alguns conceitos associados ao tema, relacionando muitas vezes Evolução com melhoria e progresso ou mesmo adotando ideias ligadas à herança dos caracteres adquiridos, por exemplo. Também, estas pesquisas têm evidenciado a dificuldade dos professores em trabalhar com esse assunto em sala de aula, muitas vezes deixando o

conteúdo como último tópico do ano no plano de ensino ou excluindo aqueles assuntos mais complexos, tais como a evolução humana e a genética de populações (CARNEIRO & ROSA, 2004; CHAVES, 1993; CICILLINI, 1997a, 1997b, 1999; DANIEL, 2003; DANIEL & BASTOS, 2004; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 1994; TIDON & LEWONTIN, 2004). Além disso, é um tema que muitas vezes esbarra em concepções religiosas dos alunos e dos próprios professores, tornando esse quadro ainda mais complexo.

O ensino insatisfatório de evolução pode ainda manter nos estudantes a concepção de evolução como desenvolvimento linear, em que certos seres vivos são “mais evoluídos” que outros. Essa noção ainda é predominante na sociedade em sua visão sobre a evolução dentro do paradigma mecanicista, de pensamento linear. Mas a história evolutiva se assemelha mais a uma gigantesca árvore cheia de ramificações do que uma linha reta (MORIN, 2005; BIZOTTO; GHILARDI-LOPES; SANTOS, 2016).

Outros autores ressaltam também que o ensino da Genética costuma estar muito relacionado a exemplos de saúde humana, como teste de paternidade e genética forense, por serem temas bastante presentes nas mídias e em razão de um interesse direto para a sociedade, dentro de uma perspectiva antropocêntrica (o homem como centro do universo, e/ou como mais importante dentre os seres vivos). Os exemplos com animais, plantas e outros seres vivos costumam ser voltados para a utilização econômica direta, mas podem trazer uma perspectiva ecocêntrica (ecossistemas como um todo são o mais importante e o homem e outros seres vivos igualmente fazem parte deles). O Brasil possui alta biodiversidade e, portanto, se torna ainda mais importante que a Biologia seja ensinada sob um enfoque ecológico, não puramente utilitarista (CARDOSO-SILVA e OLIVEIRA, 2013; MOTOKANE e TRIVELATO, 1999)

Além disso, esse enfoque ecológico se torna complementar ao evolutivo:

A falta de uma ênfase maior no ensino de Evolução, mostra que o entendimento da Teoria Evolutiva é de extrema importância para a compreensão da estrutura e função dos ecossistemas e para que os estudantes não tenham uma visão antropocêntrica das relações entre organismos de um ambiente. (MOTOKANE e TRIVELATO, 1999)

Em relação ao ensino de Ecologia, Garcia & Rivero (1996) detectaram que a maior parte dos alunos possuem uma visão simplista do meio ambiente e devem ao longo do tempo construir uma mais complexa. Essa visão é construída na medida que o aluno aprende os conceitos ecológicos e todas as suas relações. Essas passagens de conceitos mais simples para mais complexos não são lineares e pré-estabelecidas, mas sim ocorrem de forma gradual caracterizada por avanços e retrocessos lentos ou rápidos, alternando-se com momentos de reorganização mais fraca ou forte (Garcia e Rivero, 1996).

Sobre este aspecto, os autores sugerem que se deve pensar em itinerários didáticos de forma aberta e reformulável em função do ajuste à evolução das ideias dos alunos. Garcia e Rivero (1996) identificaram diversas dificuldades para a substituição de conceitos simples em ecologia para conceitos mais complexos: obstáculos como a falta de uma visão relativista de fenômenos naturais, o desconhecimento de interdependências, pensamentos baseados na “Lei do Tudo ou Nada” e o reconhecimento da permanência da organização ecológica ao longo do tempo, devem ser tratados quando se organiza o processo de ensino-aprendizagem de temas do ensino de biologia com abordagem ecológica.

Diante de todo o exposto, consideramos que o entendimento da Teoria Evolutiva é de extrema importância para a compreensão da estrutura e função dos ecossistemas e para que os estudantes não tenham uma visão antropocêntrica das relações entre organismos de um ambiente.

Diversos autores apontam sementes epistemológicas estruturantes de um paradigma educacional emergente (complexo ou sistêmico) capaz de fundamentar os processos interativos, reflexivos e colaborativos que emergem nos ambientes de aprendizagem, pela óptica da construção do conhecimento (MORAES, 2004; MORIN, 1998, 2003, 2005; MATURANA e VARELA, 2001). Pressupostos como complexidade, causalidade recursiva, incerteza, intersubjetividade, indeterminância, auto-organização, dialogicidade, interatividade, autonomia, entre outros, combatem fortemente o modelo de transmissão de conhecimento tradicional, reducionista, linear. Concordando com esta discussão, salientamos a perspectiva da Educação Global, que será abordada no próximo capítulo.

3 Teoria Educacional Norteadora: Educação Global e estratégias complementares – abordagem evolutiva e jogos de tabuleiro modernos

Diante da problemática tecida na seção anterior, este capítulo se dedica a apresentar a teoria educacional norteadora deste trabalho, a Educação Global - que tem como premissa a superação da excessiva fragmentação dos conhecimentos e o desenvolvimento do pensamento complexo dos estudantes - e duas estratégias complementares para implementar a Educação Global nos contextos de ensino: a abordagem evolutiva e os jogos de tabuleiro modernos.

3.1 Educação Global

Existem muitas interpretações diferentes sobre o termo “educação global”. Há grande divergência, desde abordagens mais conservadoras e tradicionais até mais radicais ou transformadoras, relacionadas em grande parte ao contexto sociocultural dentro dos quais essas abordagens vêm sendo elaboradas. Educação global, na abordagem transformadora aqui adotada, busca promover a reflexão crítica de questões e temas globais como futuros sustentáveis, qualidade de vida, paz e conflitos, justiça social e ambiental dentro de uma concepção integrada, interdisciplinar ou transdisciplinar (Selby, 1999 apud SANTOS, 2006, p. 55).

De fato, dentro da escola de pensamento denominada educação global podemos identificar pelo menos dois grandes movimentos com abordagens bem distintas. De um lado, um movimento hegemônico comumente caracterizado como liberal-tecnocrático e, de outro lado, um movimento marginal ou periférico influenciado pelas abordagens transformadoras. Na primeira abordagem - a qual é congruente com o paradigma racional dominante, os jovens precisam ser preparados para satisfazer exclusivamente as necessidades do mercado global. Na segunda visão, denominada transformadora, enfatiza-se uma educação voltada para a humanidade, capaz de enfrentar criticamente a cultura hegemônica ocidental, ancorada na visão do mercado. Esta perspectiva da educação se coloca sob o guarda-chuva do paradigma holístico, sistêmico ou ecológico. (PIKE, 2000; SELBY, 1999 apud SANTOS, 2006)

A Educação Global propõe um modelo baseado no pensamento complexo, composto por quatro dimensões (temática, espacial, temporal e interior) que reúnem elementos multifacetados e interconectados de transformação da teoria e prática educacionais (SELBY, PIKE, 2000). Para Pike e Selby (2000), essas dimensões implicam reflexões e mudanças tanto

no currículo quanto na organização e na prática educacional, baseadas no pensamento sistêmico e relacional, buscando o entendimento e aplicação deste pensamento à realidade dos estudantes.

A dimensão temática envolve as mais variadas questões pertinentes às vidas dos estudantes que devem ser abordadas buscando explicitar suas interligações. Pela complexidade envolvida e considerando as subjetividades de cada um, os estudantes precisam compreender que a sua perspectiva sobre as temáticas abordadas envolve a influência de pontos de vistas culturais, sociais e ideológicos, sendo assim sempre limitada. Considerar diversas perspectivas no trabalho pedagógico fornece uma plataforma de ideias que pode proporcionar juízos justos e de longo alcance (PIKE; SELBY, 2000).

A dimensão espacial refere-se ao desenvolvimento da compreensão das interdependências que, em muitos níveis, pessoais e coletivos, do local ao global, influenciam as pessoas ao longo do tempo. “Local” e “global” não são apenas extremidades opostas de um espectro espacial, mas são esferas entrelaçadas de atividade, em constante interação (SELBY, PIKE, 2000; SANTOS, 2006).

A dimensão temporal considera que passado, presente e futuro são interativos. Além disso, defendem um foco maior no futuro: proporcionar aos alunos oportunidades ao longo do currículo para se especular sobre uma gama de futuros alternativos, incluindo o futuro provável (o que é provável que aconteça caso as presentes tendências continuem), o futuro possível (os futuros que poderiam se materializar se certas condições mudassem), e o futuro preferível (o futuro pessoal, embora de alcance global, que se gostaria que ocorresse). Através da previsão de tais alternativas, os alunos poderiam estar mais preparados para fazer escolhas realistas e informadas com relação à sua vida pessoal e para o futuro do planeta, podendo assim determinar quais ações seriam necessárias, dos níveis pessoais aos coletivos, para criar as condições em que seus futuros preferíveis tornem-se mais prováveis (PIKE, SELBY, 1999). Isso sublinha um caráter imprevisível do futuro e o papel importante dos estudantes como agentes de mudança, o que se diferencia de forma significativa do caráter determinista de futuro sugerido no paradigma mecanicista, o qual promove o sentido de inevitabilidade, de desamparo e apatia (SANTOS, 2006).

A dimensão interior promove a auto-consciência do indivíduo. A auto-reflexão crítica exige que examinemos nossas crenças e atitudes, buscando novas formas de interação com outros seres, o planeta e o universo. A construção da consciência sobre o mundo externo está profundamente ligada ao desenvolvimento da consciência de si próprio. São dois processos simultâneos e interligados, uma ‘viagem’ rumo a dois mundos distintos, mas inseparáveis:

interior e exterior. A viagem ao mundo interior se relaciona com o desenvolvimento da auto-estima e habilidades conexas - como, por exemplo, a capacidade de se afirmar em diferentes momentos da vida com competências primordiais para que os seres humanos possam manifestar de forma completa o seu potencial e, dessa forma, colocarem-se como agentes de mudança e como defensores da natureza e das gerações futuras, incluindo-se aí todas as formas de vida. Essa dimensão trata da ecologia interior das múltiplas dimensões da pessoa na sua totalidade - física, afetiva, espiritual, intelectual e moral (SELBY, 1994 apud SANTOS, 2006).

Para que todos estudantes possam tirar proveito das dimensões da Educação Global, diversas abordagens e estratégias de aprendizagem são necessárias para acomodar a diversidade de preferências dos estudantes, como atividades vivenciais, trabalhos em grupos, dramatizações, técnicas sensoriais e de visualização, assim como métodos mais tradicionais (PIKE & SELBY, 2000).

Na Educação Global, as quatro dimensões - Espacial, Temporal, Temática e Interior - possuem um conjunto habilidades a serem visadas ao aprendizado com cada dimensão, que seriam (Pike & Selby, 2000):

- Dimensão Espacial: Pensamento relacional (ver padrões e conexões), pensamento sistêmico (entender os impactos de mudanças em sistemas), relacionamentos interpessoais e cooperação.

- Dimensão Temática: Curiosidade e pesquisa, saber valorar, organizar e compartilhar informações, analisar “impasses”, ter decisões e julgamentos pessoais, respeitar as opiniões dos outros e entender o processo de formação de opinião, compreender as limitações de julgamento humanas.

- Dimensão Temporal: Lidar com a mudança e a incerteza, extrapolação e predição, pensamento lateral e criativo, resolução de problemas e tomada de ações pessoais.

- Dimensão Interna: Reflexão e análise pessoal (reconhecer suas forças, fraquezas e potenciais), crescimento pessoal (emocional, físico, intelectual e espiritual), flexibilidade de aprendizado (aprender em uma variedade de contextos e de formas variadas).

As habilidades referidas à dimensão espacial podem ser aplicadas às outras três dimensões. De certa forma todas essas habilidades indiretamente se aplicam a cada dimensão, uma vez que elas são interativas, ocorrem em conjunto e se complementam. Uma constatação possível que exemplifique essa interação seria: As influências e interações entre diversos locais e sistemas no espaço, ao longo do tempo, depende das respostas de cada um, que refletem de suas condições/ecologias interiores em resposta a diferentes temas que perpassam a todos,

direta e indiretamente, de forma consciente ou inconsciente. Ao longo desta seção analisaremos se os jogos são um recurso didático que possa atingir o desenvolvimento dessas habilidades.

3.2 Abordagem ecológico-evolutiva

Uma estratégia recomendada pelo campo do ensino de ciências e biologia para ensinar Genética sob uma visão sistêmica é relacioná-la à Evolução. As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) e os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (BRASIL, 1999), propõem que os conteúdos de Biologia sejam abordados sob o enfoque ecológico-evolutivo. As Orientações Curriculares salientam ainda que o tema origem e evolução da vida seja tratado ao longo de todos os conteúdos de Biologia, não representando sua diluição, mas sim uma articulação com outras áreas (BRASIL, 2006). O enfoque ecológico-evolutivo tem alto potencial para explorar abordagens sistêmicas.

Para grande parte da comunidade científica, a Evolução Biológica é o eixo central das Ciências Biológicas, pois o pensamento evolutivo é indispensável para a compreensão e entendimento da variedade dos seres vivos e a origem de suas características e fenômenos biológicos relacionados às mais diferentes áreas de estudo (MEYER e EL-HANI, 2005; OLEQUES, BOER, TEMP e SANTOS, 2011).

Conforme Meyer & El-Hani (2005, p.10);

[...] não é apropriado tratar a evolução como somente mais um conteúdo a ser ensinado, lado a lado com quaisquer outros conteúdos abordados nas salas de aula de Biologia, na medida em que as ideias evolutivas têm um papel central, organizador do pensamento biológico.

Corroborando com esse pensamento, ecoa até hoje a famosa frase do geneticista Theodosius Dobzhansky (1900-1975), “Nada faz sentido em Biologia se não for à luz da evolução”, em 1973.

A questão da evolução dos seres vivos confrontava-se com a visão fixista do idealismo platônico (essencialismo) e com a visão criacionista cristã. Anteriormente os seres vivos eram estudados em grupos separados: plantas pela Botânica, animais pela Zoologia, humanos pela Anatomia e Fisiologia, etc., com nenhuma relação de parentesco entre eles suposta, sendo todas as espécies formas fixas. (CASTRO e LEYSER, 2007; AMORIM, 2008). O fenômeno ‘vida’ só passou a ser estudado como tal a partir do final do século XVIII. As observações de padrões regulares entre formas existentes, identificadas em estudos comparados, mostraram possíveis relações de parentesco entre os organismos, a partir disso surgiu a utilização do nome Biologia,

como discurso sobre a vida e os seres vivos, que foi inicialmente concebida por Jean-Baptiste Lamarck e Gottfried Treviranus de forma independente, embora quase simultânea (CASTRO e LEYSER, 2007; MEYER e EL-HANI, 2005; AMORIM, 2008; MENEZES, 1986).

O termo “História Natural” passou por várias transformações ao longo do tempo. Na Antiguidade era relacionado a todo tipo de conhecimento que envolvia a Natureza, desde conhecimentos astronômicos, geológicos e sobre seres orgânicos (principalmente animais e plantas), até o ser humano e seus conhecimentos em tecnologia, medicina, arte e superstições (BARNES; SHAPIN, 1979; LISBET, 1999). Na época da Renascença (séc. XIV a XVII), a História Natural foi dividida da Filosofia Natural, sendo a primeira relacionada a ciências biológicas e geológicas, enquanto a segunda relacionada a ciências físicas e químicas. Já no séc. XVIII, influenciada pelo mecanicismo, passou da “percepção do espetáculo da natureza” para a “busca da compreensão da engrenagem que colocava essa natureza em funcionamento”. Conectando as diversas formas a causas e funções que lhes conferiam tais características (CASTAÑEDA, 1995, p. 34). Essa influência foi importante para o desenvolvimento inicial do pensamento evolutivo e para as posteriores descobertas da genética e a própria afirmação da Biologia como ciência unificada, como detalhado nos próximos parágrafos.

No século XIX, Charles Darwin aliou a observação detalhada e comparativa, própria dos naturalistas tradicionais, com a investigação de funções e relações de parentesco entre os seres vivos, realizando seu marcante trabalho *A Origem das espécies*. Porém suas teorias só puderam ser comprovadas e confirmadas de fato posteriormente. As duas teses fundamentais de Darwin, apresentadas no livro *A Origem das Espécies*, eram que “...os organismos são produtos de uma história de descendência com modificações a partir de ancestrais comuns, e que o principal mecanismo da evolução é o da seleção natural das variações hereditárias” (FUTUYMA, 1992, p.8-9).

Ianuzzi & Soares (2000) afirmam que a teoria darwinista compreende dois princípios fundamentais: a luta pela sobrevivência entre os indivíduos, decorrente da tendência do crescimento populacional superar a demanda de alimento e de espaço para os indivíduos de uma população; e como resultado desta luta, apenas os mais aptos sobreviveriam, transmitindo suas características para os descendentes (seleção natural). Como decorrência desses dois princípios, o principal mecanismo de evolução passa a ser o da seleção natural das características hereditárias dos organismos e os organismos são concebidos como produtos de uma história de descendência com modificação lenta e gradual, a partir de ancestrais comuns.

Segundo Licatti (2005) e Futuyma (1992), *A Evolução Biológica* é considerada como as mudanças nas propriedades das populações de organismos, que ultrapassam o período de

vida de um único indivíduo, herdáveis via material genético de uma geração para outra. Três aspectos são essenciais nessa definição: as populações de organismos como unidade evolutiva, a mudança ou transformação dessas populações, e a hereditariedade dessas mudanças via material genético.

Entre as décadas de 30 e 40 do século XX, surge a Teoria Sintética da Evolução, unindo os fundamentos da teoria de Darwin com as descobertas da genética, que estavam em pleno desenvolvimento. Segundo Mayr (1978, p.44), “a nova ‘Teoria Sintética’ da Evolução ampliou a teoria de Darwin à luz da Teoria Cromossômica da Herança, Genética de População, o conceito biológico de espécie e muitos outros conceitos de Biologia e Paleontologia”. Para ele,

[...] a nova síntese é caracterizada pela completa rejeição da herança dos caracteres adquiridos, uma ênfase na progressão gradual da evolução, a constatação de que os fenômenos evolutivos são fenômenos de população e a reafirmação da irrefutável importância da seleção natural (MAYR, 1978, p.44).

A constituição da disciplina escolar Biologia remonta ao processo de unificação das Ciências Biológicas, que historicamente ocorreu do esforço de vários cientistas também nas décadas de 30 e 40 em tornar a Biologia uma área de conhecimento integrada. A Teoria Sintética da Evolução trouxe justificativas teóricas para se unir oficialmente as áreas de estudo dentro de uma área maior e unificada, através da denominação Biologia, algo importante para elevar esse conjunto de conhecimentos ao reconhecimento social que a Física possuía desde o século XVIII. Essa mesma ‘retórica da unificação’ foi importante para mudança análoga na educação, com um esforço de desenvolvimento de livros didáticos reunindo os conteúdos do currículo de Biologia, por parte de um comitê de educadores e pesquisadores nos Estados Unidos a partir dos anos 60, a Biological Studies Curriculum Study (BSCS), que se tornou a principal fonte didática para o Brasil na mesma época. Na versão azul, relacionada a biologia celular, está colocado: “Entre todas as teorias que você possa estudar em Biologia, a da evolução ocupa um lugar ímpar. (...) sem ela, a Biologia não poderia ser compreendida” (BSCS versão azul, vol. I, 1973, p. 52). Independente das discussões em torno da adoção destes materiais didáticos estrangeiros, seus exemplares repercutem o entendimento da constituição da Biologia como disciplina escolar unificada (SELLES e FERREIRA, 2005).

Mas ao longo dos séculos XIX e XX, a própria influência do mecanicismo e reducionismo na sociedade marginalizou os conhecimentos descritivos e comparativos, em prol dos conhecimentos baseados na experimentação, que aproximavam a Biologia ainda mais da Física, a ciência ainda considerada a mais importante. O reducionismo considerava que tudo poderia ser reduzido a princípios físicos e matemáticos, nesse sentido que os seres vivos podiam

ser considerados (e por muitos ainda são) apenas como máquinas (CASTAÑEDA, 2002; MAYR, 1988). Foi assim sendo criada uma divisão da Biologia entre as áreas que utilizam experimentação e análise funcional e áreas que fazem maior uso da descrição e comparação. De acordo com Mayr (1988), as primeiras estudam as causas próximas (“como” ocorre certo fenômeno?), relacionada à tradição de pesquisa anatômica, fisiológica e mesmo genética, enquanto as segundas envolvem o estudo das causas remotas (“por que” ocorre este fenômeno neste tipo de organismo?), relacionada à tradição de pesquisa filogenética, etológica, ecológica e histórica-evolutiva. Embora ambas possam se complementar, a pesquisa funcional, das causas próximas, passou a ter maior status sobre a pesquisa mais relacionada à antiga “História Natural”, por estar mais próxima das ciências exatas, enquanto os métodos descritivos estariam mais próximos das ciências humanas, que não eram também consideradas ciências puras. A visão sistêmica, porém, enfatiza a importância das pesquisas de causas remotas, buscando integração dessas tradições para o entendimento mais profundo da realidade biológica (CAPRA, 1996; SELBY, 2000; MAYR, 1988).

Alguns trabalhos têm sido pioneiros em explorar a perspectiva evolutiva como estratégia pedagógica para o ensino de Biologia. Um deles realizou e analisou uma ação educativa desta abordagem no ensino de Zoologia para o ensino fundamental (OLIVEIRA et al, 2011). Outro, da mesma forma, analisou uma ação com o ensino médio para a aprendizagem de Botânica e Zoologia (FERREIRA et al, 2008, p. 66), utilizando da sistemática filogenética e assim relacionando os diferentes grupos entre si:

A vantagem do ensino de Zoologia e Botânica através da Sistemática Filogenética, é que à medida que cada grupo monofilético for abordado uma margem grande de características dos grupos está sendo estudada, sem ser necessário o conhecimento de todas as características morfológicas (como características estruturais, reprodutivas etc.) conseqüentemente o estudo se torna estimulante, dinâmico e mais ágil.

Um terceiro estudo demonstrou o uso da abordagem evolutiva no ensino de Genética (SANTOS; SILVA SANTOS, 2014), se utilizando de um assunto muito interessante, mas também polêmico e complexo: a Evolução Humana. Através de um vídeo-documentário de fácil acesso, chamado “The Real Eve (A Origem do Homem, tradução feita para o português), explora os novos estudos sobre DNA mitocondrial, do qual todos os humanos teriam se originado de um mesmo ancestral evolutivo, uma mulher que teria vivido há 150 mil anos atrás no leste da África, considerada a Eva genética. Demonstra as propostas da dispersão de seus descendentes para todos os continentes, a partir de estudos de rastreamento genético e de estudos antropológicos/arqueológicos relacionados.

A iniciativa de Santos e Silva Santos (2014), além de despertar a curiosidade dos estudantes, facilitando a assimilação de diversos conceitos da Genética, pode trazer novas perspectivas, influenciando suas visões de mundo de forma a compreender a diversidade étnica e cultural humana, em prol da tolerância e sentimento de pertencimento da humanidade como um todo. Da mesma forma, o entendimento da Evolução pode chegar a ampliar este sentimento de pertencimento para todos os seres vivos, enquanto a percepção ecológico-evolutiva, da história de interações dos seres vivos com todos os processos inorgânicos, pode vir a demonstrar um intrincado envolvimento de cada indivíduo com toda a realidade, no passado, presente e futuro.

Neste sentido, a abordagem ecológico-evolutiva pode promover uma aproximação da compreensão científica com as filosofias antigas orientais e outras crenças espirituais provenientes de diversas culturas; estamos todos integrados, em uma teia de relações dinâmica e extremamente complexa e interativa. As propostas mais profundas de visão sistêmica, como a Educação Global em sua abordagem transformadora, buscam estimular este tipo de compreensão.

Esta visão pode trazer pontes entre Ciência e Espiritualidade, não necessariamente integrando-as em algo único, mas trazendo um diálogo possivelmente mais harmonioso entre essas esferas da experiência humana. Nessa visão sistêmica, que se torna ecocêntrica, relacional e biocêntrica, a criação de pontes também pode ocorrer mais facilmente entre diversos campos diferentes da Ciência e, da mesma forma, entre diversos campos da Espiritualidade. No nosso entender, essas novas relações podem trazer criativas soluções para as crises atuais, dentre elas a crise ecológica, dos direitos humanos, das guerras e dos conflitos humanos de ordem política, religiosa e intelectual, além das doenças físicas e psicológicas. Com isso os sistemas humanos podem se tornar mais orgânicos, flexíveis e adaptáveis, semelhantes a ecossistemas ricos e diversos, portanto provavelmente mais estáveis, com maior capacidade de sobreviver a mudanças.

3.3 Jogos de Tabuleiro Modernos

Para um bom ensino de biologia, inclusive de genética, se faz necessário que o professor tenha a sua disposição recursos didáticos que propiciem a relação teoria - prática. Para Libâneo (2001):

Os professores precisam dominar, com segurança, esses meios auxiliares de ensino, conhecendo-os e aprendendo a utilizá-los. O momento adequado de utilizá-los vai

depende do trabalho docente prático, no qual se adquirirá o efeito traquejo na manipulação do material didático.

Assim como Souza, (2007) entendemos recursos didáticos desde quadro de giz, data show e computadores até o uso de jogos analógicos, passeios para pesquisa de campo, entre outros. Dessa forma, é todo material utilizado para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. Segundo Bravim (2007), os recursos didáticos são essencialmente mediadores entre professor, aluno e conhecimento.

Dentre os recursos utilizados para o ensino de genética, Melo e Medeiros (2009) ressaltam que o jogo pode significar um caminho para melhorar a aprendizagem dos estudantes por envolver elementos de ludicidade.

De acordo com os PCN+ (BRASIL, 2002), os jogos e brincadeiras são elementos muito valiosos para a aprendizagem, permitindo desenvolver a comunicação, as relações interpessoais, a liderança e o trabalho em equipe, utilizando a relação entre cooperação e competição em um contexto formativo. O jogo permite ao professor ampliar seu conhecimento de técnicas ativas de ensino, mostrando aos estudantes uma nova maneira, lúdica, prazerosa e participativa de relacionar-se com o conteúdo escolar, levando a maior apropriação dos conhecimentos envolvidos.

Um jogo é um tipo de atividade conduzida em contexto imaginário, em que os participantes tentam alcançar ao menos uma meta, atuando de acordo com regras pré-estabelecidas. Muitas outras definições são encontradas na literatura, Salen e Zimmerman (2003) examinaram várias delas e identificaram que a maioria faz alguma referência a regras, metas, diversão e fantasia (THOMPSON; BERBANK-GREEN; CUSWORTH, 2007). A existência de diversos tipos de jogos torna difícil a adoção de uma definição única. Os jogos fazem parte da história humana, desde as primeiras civilizações, encontram-se vestígios da utilização de jogos, que serviam como fonte de entretenimento e educação nas culturas antigas (HINEBAUGH, 2009; THOMPSON; BERBANK-GREEN; CUSWORTH, 2007).

Jogos educacionais são encontrados tanto em formatos analógicos (não digitais; p.ex. tabuleiro, cartas, RPG) como em formatos digitais (p.ex. computadores, consoles). Costumam possuir objetivos educacionais definidos, sendo geralmente projetados especificamente para ensinar determinados temas ou reforçar e apoiar a aprendizagem de habilidades (DEMPSEY; LUCASSEN; RASMUSSEN, 2001; apud SAVI, 2011). São utilizados em diferentes níveis de ensino, desde a pré-escola até cursos de graduação, especializações e cursos corporativos (SAVI; ULBRICHT, 2008). É um tipo de mídia que pode ser usado para o ensino e

aprendizagem de uma gama de objetivos educacionais em diversas disciplinas (MCDONALD, 2004).

Um estudo neurológico sobre aprendizagem relatou que o aluno consegue aprender cerca de 10% do que lê, 20% do que escuta, 30% do que vê, 70% do que discute e mais de 90% do que associa, interagindo com os conhecimentos seja na relação com colegas, professores ou objetos de aprendizagem (BRUNO NETO, 2008). Isso mostra como a utilização de recursos didáticos interativos diversos, como os jogos, é de grande potencial educativo. Os jogos possibilitam a aprendizagem baseada na experiência (*experience-based learning*), portanto são de alta interatividade (MCDONALD, 2004). Da mesma forma, Dryden e Vos (1996) também consideram que os alunos conseguem aprender mais quando vivenciam uma experiência do que quando lêem ou ouvem.

Segundo McDonald (2004), jogos podem apoiar o desenvolvimento de pensamentos complexos (análises, aplicação de conhecimentos, síntese e relação entre as partes) e embora essa constatação não esteja necessariamente relacionada à noção de pensamento complexo como da Educação Global, nem do pensamento complexo de Morin, esse potencial dos jogos é um dos mais interessantes para a aplicação dentro de uma estratégia pedagógica da visão sistêmica. Atualmente a maioria dos jogos é ainda influenciada pelas perspectivas reducionistas, tornando necessária uma reforma dos jogos, principalmente dos jogos educativos.

Miranda (2001) salienta que a utilização do jogo didático pode alcançar diversos objetivos relacionados à cognição (desenvolvimento da inteligência e da personalidade, essenciais para a construção do conhecimento), à afeição (desenvolvimento da sensibilidade, da estima, e atuação no sentido de estreitar laços de amizade e afetividade), à socialização (simulação de vida em grupo), à motivação (envolvimento da ação, do desafio e mobilização da curiosidade) e à criatividade. Podemos perceber que esses objetivos fazem parte de todas as habilidades visadas nas dimensões da Educação Global.

Zanon, Guerreiro e Oliveira (2008) consideram o jogo como sendo educativo se este desenvolver habilidades cognitivas relacionadas com o processo de aprendizagem, como a resolução de problemas, percepção, raciocínio, criatividade, entre outras. Se não possuir objetivos pedagógicos explícitos é apenas um jogo de entretenimento. O jogo educativo possui duas funções essenciais que precisam estar em equilíbrio para que seus objetivos sejam atingidos por completo: a função lúdica, relacionada ao prazer e diversão, e a função educativa, relacionada ao desenvolvimento de habilidades e associação de conhecimentos. Muitos jogos

educativos têm o predomínio de uma só função, apenas educativa ou apenas lúdica (KISHIMOTO, 2008).

Jogos educacionais analógicos costumam ser baratos e adaptáveis, favorecendo a criatividade na criação inicial e nas alterações (*design* e *redesign*) de um jogo. Também promovem uma interação ampla entre os participantes, que por meio de discussões podem aprender uns com os outros (VAN DER STEGE et al., 2010). Podemos acrescentar que essa interação ampla estimula aspectos de comunicação e expressão das emoções de forma muito rica, pelo contato entre os participantes pelo olhar e pela expressão facial e corporal. (SOUSA, 2015)

Jogos de tabuleiro acontecem em um tabuleiro composto por diversos locais/posições e elementos/peças, os movimentos ocorrem de acordo com um conjunto fixo de regras, que também determinam o número e qualidade de peças sobre o tabuleiro, as posições para essas e seus movimentos possíveis. Todas essas configurações influenciam a situação do jogo (GOBET; RETSCHITZKI; VOOGT, 2004, apud SAVI, 2011).

Jogos mais próximos dos contemporâneos começaram a surgir a partir do século XVII, principalmente classificados como jogos de guerra. Seriam de estratégia, com combates resolvidos com o uso de dados e/ou pela análise de propriedades de tropas e terrenos (THOMPSON; BERBANK-GREEN; CUSWORTH, 2007). Em torno de 1950, a evolução e adaptação de alguns jogos de guerra originaram os jogos de empresas, atualmente conhecidos como *serious games* (jogos sérios). Estes jogos criam um ambiente empresarial artificial, onde se pode exercitar a tomada de decisões em situações de trabalho (KEYS; WOLFE, 1990; SOUZA, 2009).

No século passado foram criados os atualmente chamados “jogos modernos de tabuleiro”, mais voltados para o entretenimento. Inicialmente em sua maioria jogos que foram desenvolvidos na Europa, como *The Settlers of Catan*, *Carcassonne* (Figuras 1 e 2) e *Citadels*. Através de regras simples combinadas com mecânicas engenhosas, esses jogos são simples de aprender, mas possibilitam uma grande gama de estratégias aos jogadores. Assim, podem promover forte interação social entre os jogadores e alto nível de diversão (THOMPSON; BERBANK-GREEN; CUSWORTH, 2007).

Figura 1 - Tabuleiro dos jogo The Settlers of Catan (BGG, 2007)



Figura 2 – Tabuleiro do jogo Carcassonne (BGG, 2014)
Fonte: Board Game Geek - BGG



As mecânicas dos jogos são os conceitos e dinâmicas por trás das interações do jogo, de tal forma que ocorram através da aplicação adequada das regras pelos jogadores, portanto,

dependem de todos os elementos do jogo e de suas interações. O dinamismo do jogador e suas sensações ao jogar fazem parte do que se denomina jogabilidade. Essas interações, combinadas ao ambiente e recursos do jogo, são o que determinam se o jogo é balanceado ou não; ou seja, se o jogo é de certa forma justo, proporcionando estratégias variadas, mas sem que nenhuma se sobressaia a outras em específico. (SICART, 2008; ADAMS, ROLLINGS, 2003)

Esses novos jogos, aqui denominados “modernos”, encorajam a interação, envolvimento, estratégia, comunicação e proporcionam aos jogadores que façam decisões interessantes mais frequentemente que nos jogos antigos. O dado, quando usado, costuma trazer aos jogadores formas de decisão baseadas na probabilidade das diferentes combinações que aparecem. A sorte costuma ser aplicada através de cartas, que provém uma seleção aleatória mais controlada do que o dado. A mecânica clássica de jogar o dado e mover é raramente vista nos jogos de tabuleiro modernos (NICHOLSON, 2008). As características desses jogos podem trazer a estudantes uma experiência que desenvolve habilidades muito importantes relacionadas à dimensão temporal da Educação Global; lidar com a mudança e a incerteza, extrapolação e predição, pensamento lateral e criativo, resolução de problemas e tomada de ações pessoais. A existência da mudança e incerteza, mas ainda assim com possibilidade de tomada de ações pessoais é uma simulação acurada de um quase paradoxal equilíbrio da realidade; em que condições exteriores podem ter fortes influências sobre cada um, mas mesmo assim todos têm em maior ou menor grau capacidade de mudar sua realidade, fazer escolhas e planejar e alcançar sonhos próprios. Esse elemento não é só apenas importante como estratégia pedagógica, como também é um dos principais aspectos que torna esses jogos modernos muito mais divertidos.

Scott Nicholson, um game designer, em uma entrevista para o The Guardian (DUFFY, 2014), considera que o boom dos jogos de tabuleiros modernos é resultante de uma colisão entre duas distintas tradições do game design:

No passado havia grandes diferenças entre as formas americanas e europeias de fazer jogos. Jogos americanos iriam tipicamente fazer os jogadores interagirem através de agressões. Jogos europeus tendiam a usar mais conflito indireto - então em vez de lutar um contra o outro, poderíamos estar competindo pelos mesmos tipos de recursos, ou tentando atingir a mesma meta de maneira mais eficiente. (DUFFY, 2014, tradução nossa)

O jogo The Settlers of Catan, publicado em 1995, teria sido o primeiro a trazer essa colisão, com inovações importantes. Neste jogo os jogadores competem para colonizar uma ilha, construindo ruas e assentamentos (aldeias e cidades) e trocando recursos, buscando se tornar a maior colonização. De acordo com Nicholson, o elemento das trocas faz os jogadores

se envolverem no jogo de forma ininterrupta, sem o tempo frustrante de espera, comum em jogos anteriores, se tornando um grande diferencial. Segundo ele:

Isso influenciou um monte de jogos que vieram depois, e por cerca de 10 anos os dois modos de design se colidiram. Os jogos americanos priorizavam a história sobre as mecânicas e jogos europeus tinham mecânicas interessantes e dinâmicas, mas temáticas muito rasas; hoje, com muitos jogos, é difícil dizer se eles são uma coisa ou outra (GUARDIAN, 2014, tradução nossa).

Uma das grandes diferenças nos jogos de tabuleiro modernos, além da questão acima, é que todos os jogadores jogam até o final, sem haver eliminação dos jogadores em momento algum. Junto disso, esses jogos costumam buscar equilíbrio nas mecânicas de forma que o jogador que está vencendo não tenha uma vantagem tão grande em relação aos outros, muitas vezes incluindo algum tipo de feedback negativo em relação a quem está vencendo, até mesmo dificultando a jogabilidade de quem está vencendo e/ou facilitando para quem está perdendo, assim o jogo se mantém de certa forma imprevisível quanto a sua conclusão. Isso é muito diferente de jogos antigos em que geralmente um jogador em vantagem na metade do jogo provavelmente será o vencedor, chegando a ocorrer feedback positivo, de tal forma que o jogador em vantagem cada vez mais aumenta sua vantagem. (DRMEEPLE, 2016)

Mesmo ocorrendo essa competição “mais justa” em muitos jogos de tabuleiro modernos, vários jogos atualmente exploram a cooperação em vez da competição. Nos anos 1980 começaram a ocorrer jogos de tabuleiro comerciais cooperativos, inspirados nos jogos de RPG, dentre eles Scotland Yard e Arkham Horror. Nesses jogos cada jogador possui um personagem diferente e todos eles devem cooperar para atingir um objetivo final, tendo que muitas vezes realizar várias missões para isso. Se um jogador perder, seja pela morte do seu personagem ou alguma outra condição, todos perdem. Da mesma forma todos ganham no final se atingirem o objetivo (REDERPG, 2015).

Nessa época, até mesmo antes, desde os anos 60, também foi refletida a importância da cooperação na educação. Para Orlick (1989), as crianças são ensinadas a competir pelos professores, treinadores, pais e até mesmo pelos meios de comunicação. Refletindo sobre o excesso de incentivo à competição, que pode ter levado ao crescimento da violência e atos desumanos, da dificuldade de interação harmoniosa, e considerando a existência desse contexto também na educação; o autor vê nos Jogos Cooperativos uma possibilidade de mudança a favor de um aprendizado cooperativo e solidário. Para ele, “[...] a simples reunião de pessoas socializadas competitivamente, em pequenos grupos, não é suficiente para melhorar a cooperação ou a amizade”. Nesse sentido, os jogos representam uma articulação-chave em qualquer sociedade, e para orientá-la no sentido de uma mudança pacífica e humana, segundo

o autor, seria essencial uma reforma dos jogos. Atualmente, apesar da existência cada vez maior de jogos cooperativos, a grande maioria ainda é de jogos competitivos, alguns até mesmo exploram ambas as relações, mas ainda há muito a se desenvolver pois a cultura da competição ainda é predominante na sociedade.

Essa tendência de competir em tudo acaba interferindo na capacidade de uma criança em desenvolver técnicas adaptativas e cooperativas para a solução de problemas. Em muitas situações a competição pode ser irracional e auto-derrotadora. Problemas complexos e coletivos necessitam da cooperação de grupos da sociedade, senão da maioria, para serem resolvidos. “O fato de que as crianças urbanas raramente apresentam cooperação espontânea indicaria que o ambiente que proporcionamos a elas é vazio de experiências que as sensibilizem para a cooperação”. Experiências cooperativas podem proporcionar uma ampliação das opções possíveis de relacionamentos com os outros. (ORLICK, 1989, p. 29-30 apud MUNIZ).

Entre as características apontadas por Brotto (1999), direcionadas a uma transformação e “repedagogização” dos jogos pelo princípio dos Jogos Cooperativos, estão; responsabilizar-se por si mesmo e pelo bem-estar dos outros; respeitar e recriar coletivamente as regras; descobrir e valorizar as diferentes formas de vencer; aprender com o perder e o ganhar, ao invés de aprender a perder e a ganhar; harmonizar conflitos e superar crises; saber equilibrar a ansiedade.

Portanto, ao explorar mecânicas dos jogos modernos junto com possibilidades de relações de cooperação, jogos educacionais podem ter alto potencial didático e transformador, proporcionando uma atividade vivencial em grupo que pode ser realizada explorando as quatro dimensões da Educação Global: Espacial, Temporal, Temática e Interior.

4 Metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento da Intervenção Educativa

Esse capítulo se dedica a descrever a Pesquisa Baseada em Design (PBD) como metodologia de pesquisa, explicando sua aplicação no presente trabalho, e então passa a detalhar o desenvolvimento da intervenção; como foi a criação do jogo, assim como sua execução na regência do estágio de docência no IFSC e sua avaliação.

4.1 Metodologia de Pesquisa

Khoeler e Mishra (2008) descrevem a pesquisa sobre o ensino como um problema pouco estruturado (*ill-structured* ou *wicked problem*). Esse tipo de problema lida com a interdependência complexa de variáveis contextuais e sua solução será sempre feita sobre medida para determinado contexto e momento (KHOELER & MISHRA, 2008). Dessa forma, esse tipo de pesquisa não permite considerações de soluções certas ou erradas, não sendo possível entender este objeto de estudo de forma linear porque envolve a compreensão de como novas propostas educativas são percebidas ou implementadas. Além disso, Struchiner; Ramos e Serpa Junior (2016) discutem que a pesquisa em educação, quando isolada da prática, carece dos contextos e da complexidade envolvida nos cenários de ensino e aprendizagem. Da mesma forma, uma prática dissociada da pesquisa e da reflexão teórica gera pouca inovação efetiva na educação.

Diante deste problema, pensar em abordagens tradicionais de pesquisa nos parece de pouca contribuição. Além de uma abordagem claramente qualitativa, é necessário estruturar a aproximação investigativa da prática pedagógica por meio de uma metodologia que contemple os movimentos de ação-reflexão e produção de conhecimentos à luz de teorias educativas.

A PBD é uma abordagem interdisciplinar, ancorada na natureza aplicada da pesquisa educacional. Considera que fenômenos complexos, tais como aprendizagem, conhecimento e contexto, não são processos isolados (DBRC, 2003). Suas investigações podem incluir o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas, de estratégias de aprendizagem e de currículos (BARAB, 2004), através de parcerias entre pesquisadores e sujeitos do processo educacional.

A PBD é entendida como uma forma de pesquisa qualitativa útil para a criação de novas teorias, pela busca de significado (KELLY 2004) ou usada no contexto da descoberta (KELLY

2006, p.177) em vez da verificação de uma teoria existente. É qualitativa e distinta não só de experimentos laboratoriais como também de etnografia e ensaios de grande escala (COLLINS, JOSEPH, BIELACZYC, 2004).

A PBD pode ser entrelaçada com métodos quantitativos, por exemplo, como métodos mistos que cruzam o campo e o laboratório (BROWN 1992, p. 152-154; KELLY 2006, p. 169-171), como parte de um continuum (HOADLEY 2004), ou como posição agnóstica sobre perspectivas quantitativas e qualitativas (BANNAN-RITLAND 2003, p. 24). Outros trabalhos descrevem a PBD como uma forma de integrar outros métodos de pesquisa (COLLINS, JOSEPH, BIELACZYC, 2004, p. 39) ou disciplinas (BUCHANAN 2001).

Em linhas gerais, a PBD se caracteriza pelo foco em problemas educativos complexos situados nos contextos de ensino-aprendizagem; pelo desenvolvimento de experiências/intervenções educativas, pela integração de teorias educacionais (teorias norteadoras), tanto para compreender os problemas, quanto para desenvolver a experiência pedagógica; pelo desenvolvimento de intervenções a partir de um processo cíclico de análise (iterativo), desenvolvimento, avaliação e (re)design e pela construção de conhecimentos a respeito dos processos de desenvolvimento e de ensino-aprendizagem proporcionado pela intervenção (WANG e HANNAFIN, 2005).

Ao caracterizar o uso da pesquisa baseada em design no campo da educação, Kelly (2004) aponta que a atividade de design está necessariamente relacionada ao desenvolvimento de um produto/artefato pedagógico. É importante ressaltar que os artefatos pedagógicos não são necessariamente produtos materiais, como livros didáticos, jogos, software, mas incluem também processos, como atividades, currículos e teorias. Visando estabelecer um “denominador” comum aos processos e produtos desenvolvidos por meio da PBD, Van den Akker (1999, p. 4), sugere o uso do termo “intervenção”. Em síntese, a PBD se caracteriza não apenas pela intervenção, mas por sua característica peculiar de que estas intervenções incorporam reivindicações teóricas específicas sobre ensinar e aprender. Além disso, elas refletem um compromisso de estabelecer as relações entre teoria, artefatos projetados e a prática educativa.

De acordo com Easterday, Lewis & Gerber (2014), o processo de PBD consiste de 6 fases iterativas em que os designers: focam o problema, entendem o problema, definem metas, pensam em uma solução, constroem a solução, e testam esta solução. Designer nesse sentido pode ser o próprio professor.

Outros autores (Struchiner, Ramos, Serpa Junior; 2016) preferem adotar o ciclo PBD de quatro fases, dentre eles o proposto por Seeto e Herrington (): Fase 1 – análise de problemas práticos (inclui contexto, motivações e necessidades); Fase 2 – desenvolvimento de solução com base em modelo teórico; Fase 3 – análise da intervenção em situações práticas reais; Fase 4 – documentação e reflexão para produzir princípios de design.

Optamos em abordar a PBD nesse estudo de caso com o uso de 5 etapas:

1 - Identificação do problema de ensino (ensino de Biologia, determinismo biológico e fragmentação dos Conhecimentos);

2 - Escolha da teoria educacional norteadora (Educação Global e estratégias complementares da abordagem evolutiva e dos jogos de tabuleiro modernos);

3 - Descrição metodológica, contexto do estágio e desenvolvimento da Intervenção educativa (planejamento de ensino com base nos jogos de tabuleiro modernos e no pensamento complexo, aliando genética e ecologia);

4 - Aplicação da Intervenção (registros do processo e avaliação);

5 - Análise, discussão e *re-design* (sistematização das contribuições para o ensino de Biologia e apontamento de alterações na intervenção).

Essas etapas são correspondentes, em ordem, aos capítulos deste trabalho, que são o primeiro ciclo dessa forma de pesquisa.

A definição da Teoria Educacional é aqui considerada como etapa específica porque durante a formação de professores das áreas de conteúdo é frequente a desvalorização das teorias educativas como orientadoras de soluções práticas, aprofundando o hiato entre a pesquisa acadêmica e as ações docentes. Wang e Hannafin (2005) caracterizam como natureza ancorada da pesquisa quando essa se baseia em referenciais bem estabelecidos, como é o caso do uso das teorias educacionais norteadoras. (Wang e Hannafin; 2005)

Além disso, sugerimos que a teoria educacional norteadora pode mudar ou seu uso se transformar a partir do segundo ciclo da PBD, isso significa que a busca por significado e novos conhecimentos, embora ancorada em teorias, não precisa ser fixa, pois outra perspectiva pode vir a ser uma forma de encontrar novas soluções para o problema educacional estabelecido. No caso em questão, a Educação Global como teoria norteadora pode ser muito ampla, o que pode trazer uma visão interessante para a criação inicial da intervenção, mas dificulta o aprimoramento específico de diversas questões, o que significa que podem ser necessários conhecimentos educacionais de outras fontes para próximos ciclos da pesquisa.

A ideia da imutabilidade do uso de uma teoria educacional (refletindo principalmente a partir de outras experiências fora do contexto da PBD) pode ser também um dos porquês da desvalorização dessas nas ações docentes, uma vez que a prática é tão complexa que se misturam referenciais subjetivos de diversas teorias e mesmo de fatos ainda não bem assimilados por qualquer teoria educacional. Portanto, a PBD tem o potencial de diminuir o hiato entre pesquisa e ação docente, mas pode correr o risco de fazê-lo de forma ineficiente ao se prender a um só referencial ao longo de muitos ciclos de pesquisa, se este referencial não for o mais adequado ou suficiente para a situação em foco. Raramente, porém, seria proveitoso simplesmente substituir o referencial teórico, senão complementá-lo.

Geralmente a prática pedagógica é orientada por uma preocupação excessiva com o domínio dos conhecimentos biológicos enfatizados ao longo do curso de formação inicial. Para a identificação do problema educativo foi necessário que, além dos conteúdos de ensino, se articule o conhecimento aprofundado do contexto educativo e seus condicionantes, e as pesquisas do campo de ensino específico.

A seguir se segue a contextualização do estágio e posteriormente o detalhamento do desenvolvimento da intervenção educativa, como descrito na etapa 3 do ciclo da PBD utilizado.

4.2 Contextualização do estágio

No caso em foco, o ciclo de pesquisa foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), uma instituição pública federal vinculada ao Ministério da Educação (MEC) por meio da Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC). Sua reitoria está sediada no campus do centro de Florianópolis, na Avenida Mauro Ramos, onde foi realizado este trabalho. O IFSC oferece cursos em diferentes níveis e modalidades, neste caso a experiência foi desenvolvida com uma turma da quarta fase (similar ao segundo semestre do segundo ano do ensino médio) do Curso Técnico Integrado em Eletrotécnica durante o semestre de 2016.2. A turma era constituída por 17 estudantes, sendo 5 mulheres e 12 homens.

Esta pesquisa foi desenvolvida a partir da intervenção no IFSC realizada através da disciplina de estágio de biologia do curso de graduação em Ciências Biológicas da UFSC – Licenciatura, que está locada como última disciplina a ser cursada. A mesma tem duração de um semestre e ocorreu sob a orientação da professora Marina Bazzo de Espíndola, vinculada ao Departamento de Metodologia de Ensino, localizado no CED (Centro de Ciências da

Educação) da UFSC, e sob a supervisão de um professor da Unidade de Ensino no qual o estágio seria desenvolvido, neste caso o IFSC. Para realizar o estágio, os licenciandos se uniram em duplas e escolheram uma turma para acompanhar. Eu, Anderson Machado Barbosa, autor deste trabalho, me juntei à licencianda Ariana Sarmiento, que foi co-autora de toda a intervenção no estágio, incluindo a criação do jogo didático aqui referido.

Durante essa disciplina há dois momentos principais: Primeiramente, um período de observação e acompanhamento das aulas, quando nós, estagiários, assumimos um papel de observador em sala de aula – conhecendo a turma, refletindo sobre as abordagens e metodologias usadas pelo professor supervisor em sala de aula e planejando o próximo momento nas aulas presenciais da disciplina, com algumas reuniões com todos os professores supervisores participantes dos estágios de cada dupla. Em um segundo momento, há uma inversão de papéis, assumimos a regência da turma e, tanto o(a) professor(a) da UFSC, quanto o(a) supervisor(a) do IFSC acompanham as aulas. Durante o primeiro período realizamos também uma série de atividades na UFSC que orientam o planejamento de uma proposta de ensino para o período de regência.

Assim, o planejamento pedagógico dessa nossa proposta teve início em sala de aula com o estudo do currículo do curso, leitura dos PCNs e a partir de um encontro com os professores de Biologia dessa instituição, quando houve melhor esclarecimento sobre o funcionamento da escola. A turma pela qual nós dois, Anderson e Ariana, ficamos responsáveis durante esse período foi escolhida conforme disponibilidade e compatibilidade de horários entre nós, estudantes da UFSC e carga horária da unidade curricular de biologia dos cursos do ensino médio técnico integrado.

A definição do tema trabalhado em sala de aula respeitou o currículo do ensino médio do IFSC para esta fase e o desenvolvimento das aulas do professor dessa disciplina naquele semestre. De acordo com o currículo vigente nesse período, para a 4ª fase está previsto o estudo da variabilidade genética e hereditariedade. Após algumas conversas com o professor do IFSC, vimos que o período em que iríamos entrar na regência se assemelhou ao período que o mesmo estaria concluindo o ensino da primeira Lei de Mendel.

A partir disso, decidimos conjuntamente, nós dois com o professor supervisor, que seria interessante trabalharmos em sala com variações da primeira Lei de Mendel, abordando co-dominância, sistema ABO e RH e outras variações.

Durante o período de observação vimos que se tratava de uma turma bem curiosa e participativa, que fazia perguntas tão interessantes que nos faziam refletir sobre o conteúdo de

uma forma mais complexa, buscando novas informações e entendimento mais profundo da Biologia.

Com base em investigações entre os alunos e professores e na literatura no campo de ensino de ciências, identificamos que um dos principais desafios do ensino desses conteúdos está relacionado com o determinismo biológico e a fragmentação dos conteúdos, questões que têm sido consideradas como provenientes do paradigma ainda dominante de visão sobre a realidade (visão de mundo) atualmente, que é comumente denominada de “mecanicista”, “reducionista” ou ainda “atomista” (CAPRA, 1996,.) como abordado no capítulo 1.

Pensando nessas questões que foi sugerida uma teoria educacional que pudesse guiar o processo criativo, pelo autor deste trabalho que já tinha conhecimento prévio dessa. Como considerado na Educação Global, em sua perspectiva original (Selby, 1999), de abordagem transformadora, representa um paradigma sistêmico e holístico sobre a educação na qual a realidade está radicalmente interconectada; numa rede de relações dinâmicas em transformação constante, o que implica afirmar que tudo envolve relações. Os autores enfatizam a importância da percepção da interconexão e inter-relações da realidade em quatro dimensões: entre comunidades, terras e povos (espacial), entre todos os fenômenos sociais, culturais e naturais (temática), a natureza interpenetrante do passado, presente e futuro (temporal) e a complementaridade das esferas cognitivas, afetivas, físicas e espirituais do ser humano (interior), sendo que essas quatro dimensões também interagem entre si. Nesse sentido, os insights da Teoria dos Sistemas e da Ecologia podem ser extrapolados para diversas esferas da realidade.

Com este norteamento, nós estagiários decidimos incluir nas aulas formas de estimular a reflexão acerca da complexidade da expressão gênica nos organismos, desconstruindo a ideia mecanicista de que os seres vivos são apenas uma máquina de genes. Além disso, também foi percebido que, de acordo com a organização do currículo do IFSC, as temáticas de ecologia e conservação não eram trabalhadas no ensino de biologia. Isso nos provocou certa indignação, ainda mais pela 4ª fase ser o último semestre do curso em que os estudantes têm a disciplina de Biologia. Assim, decidimos abordar a genética sob uma perspectiva ecológica e não apenas antropocêntrica, como geralmente ocorre. Acreditamos que o ensino de genética, quando aliado ao de ecologia, pode também ser de grande auxílio para o entendimento da evolução, que é um dos temas com maior potencial de conexão entre todos os conhecimentos biológicos e se torna importante para desenvolver uma visão da realidade como processo em constante mudança.

Levamos em consideração os desafios geralmente envolvidos no ensino de genética e resolvemos propor atividades que promovessem a participação ativa dos estudantes, usando

diferentes métodos de prática de ensino que permitissem conhecer e explorar diferentes habilidades de cada estudante e recursos/artefatos culturais para aproximar o conteúdo da realidade dos estudantes (vídeos, notícias, etc.). Em decorrência de todas essas reflexões nossa proposta foi sendo construída.

Assim, dividimos os quatro encontros que tínhamos no período de regência em dois momentos. As duas primeiras aulas abordaram a temática de co-dominância, alelos múltiplos, sistema ABO e RH e doação sanguínea. Enquanto as duas últimas aulas focaram na epigenética, plasticidade fenotípica e pleiotropia. O jogo foi realizado na última aula, como forma de avaliação, reforço das temáticas trabalhadas anteriormente (principalmente da aula 3) e expansão das relações dessas temáticas com outras como a seleção natural e a conservação das espécies e ecossistemas.

Neste trabalho, será analisado apenas a intervenção do jogo e suas repercussões. Porém, é importante descrever um pouco sobre as aulas anteriores onde foram abordados os conceitos básicos para o entendimento do jogo. Os estudantes precisavam ter como conhecimentos prévios os conceitos de genótipo, fenótipo, plasticidade fenotípica e saber realizar cruzamentos de acordo com a primeira lei de Mendel. Esta parte da regência foi desafiadora em seu planejamento e desenvolvimento, pois tivemos que pensar em como abordar conceitos ainda pouco debatidos até mesmo na graduação de Ciências Biológicas e transpô-los para o nível de ensino médio.

A aula em que trabalhamos os conceitos básicos foi dividida em três momentos principais. Primeiramente, usamos um varal didático. Levamos cinco textos encontrados em revistas de divulgação científica que abordam exemplos de epigenética: 1. Abelhas – abelha rainha e operárias, 2. Polifenismo em Borboletas, 3. Epigenética e cuidado parental, 4. Plasticidade fenotípica na formação de girinos e 5. Determinação do sexo em tartarugas. Cada trio ou dupla pegou um exemplo para ler.

No segundo momento, houve a socialização dos textos e identificação de explicações comuns em todos. No terceiro momento, houve uma explicação com slides de cada conceito (plasticidade fenotípica, epigenética, polifenismo, expressão gênica). História e origem desses estudos, assim como dos termos através do uso de vídeos e, sempre relacionando com os exemplos dos textos previamente apresentados.

A aula seguinte, em que realizamos o jogo, foi dividida em três momentos também. Sendo que o primeiro foi a explicação e elucidação do jogo. Posteriormente, o jogo

propriamente dito e o terceiro para socialização das experiências e reflexões suscitadas pela experiência.

4.3 Desenvolvimento da intervenção educativa

A escolha do jogo veio em grande parte pela intenção já anterior do autor deste TCC em desenvolver jogos didáticos relacionados a conteúdos de Biologia, cuja disciplina de projeto de TCC foi realizado sobre criação de um jogo didático dentro da visão da Educação Global, cerca de dois anos antes, com o professor da UFSC Edmundo Carlos de Moraes, que foi essencial na introdução da teoria educacional norteadora da Educação Global e no estímulo pela busca do entendimento do pensamento complexo, sistêmico.

Já nessa época houve bastante interesse por investigar e explorar as novas mecânicas dos jogos de tabuleiro modernos e em aprender noções básicas de *game design*. Isso começou com a experiência de jogar o jogo “Colonizadores de Catan” e posteriormente ao encontrar um grupo em Florianópolis que se reúne para jogar diferentes jogos de tabuleiro modernos, chamado Floripa on Play (FOP, sd), cujos organizadores são colecionadores desses diversos jogos, em grande parte importados da Europa e Estados Unidos, mas com muitas versões recentemente sendo comercializadas no Brasil por empresas brasileiras de jogos e brinquedos.

Também foram feitas pesquisas de artigos variados relacionados a jogos utilizados para a educação, principalmente jogos cooperativos, jogos relacionados a educação ambiental e jogos sobre conteúdos específicos da Biologia. Considera-se que a reflexão a respeito da Educação Global, do ensino de Biologia sob o pensamento complexo, da cooperação, e o conhecimento de uma grande variedade de jogos modernos, possibilitam uma ampla variedade de elementos para a criação de um jogo, trazendo um resultado original.

Além disso, a licencianda companheira de estágio e co-autora do jogo, Ariana, compartilha da visão da importância do pensamento complexo e também do uso de experiências práticas e lúdicas na educação, com considerável experiência em práticas educativas inovadoras e possuindo muita habilidade e criatividade com trabalhos manuais e artísticos, trazendo grande complementaridade na realização do jogo.

Em toda nossa regência, nós dois unimos nossas vontades de propor atividades com participação ativa dos estudantes, usando diferentes métodos de prática de ensino que permitissem conhecer e explorar diferentes habilidades de cada estudante e recursos/artefatos culturais para aproximar o conteúdo da realidade dos estudantes (vídeos, notícias, etc.).

Decidimos criar um jogo através do qual os estudantes pudessem simular cruzamentos, pensar na dinâmica de populações no sentido genético mas também no ecológico, dando um contexto maior da dinâmica que ocorre, baseada nas leis de Mendel, mas trazendo ainda percepções básicas de seleção natural, que podem ser exploradas para entender a Evolução, que consideramos essencial para integrar os conhecimentos biológicos.

Imaginamos um ambiente em um planeta diferente, mas que se relacionasse com o mundo em que vivemos. No início de nossas observações das aulas, pedimos aos estudantes que realizassem uma carta de apresentação, respondendo uma pergunta que criamos:

“Imagine que um dia você chegue em casa e recebe uma carta em seu nome enviada diretamente pela NASA, dizendo que você foi premiado com uma viagem para outro planeta. Chegando nesse planeta distante, você descobre que não somos o único planeta com vida inteligente no universo! Extasiado com esta situação, você tenta do melhor modo contar aos extraterrestres como é sua vida na Terra. Escreva um texto descrevendo como você contaria. Desde os pequenos detalhes do seu dia-a-dia, que às vezes parecem banais para nós, até os fatos mais curiosos que poucos humanos próximos de você conhecem. Lembre-se que alguns termos básicos você já explicou, como carro, escola, casa, família, cidade, praia. Mas não esqueça de comentar de onde você é, o que você gosta de fazer, se você gosta desse lugar que chamamos de escola, com quem você mora e o que tem vontade de fazer no futuro.”

As respostas dos estudantes em geral foram muito profundas, interessantes e criativas. Essa temática então foi considerada uma ótima ideia para a criação do jogo, uma vez que já estava em seus imaginários quando buscamos conhecer melhor cada estudante. Além disso, essa temática não só estimula a imaginação e curiosidade, como pode criar um distanciamento saudável de perspectiva, em que os estudantes possam pensar e refletir sobre o planeta Terra como um todo e se perceber como cidadãos globais, não apenas de um país e região.

Ao mesmo tempo, o jogo deveria respeitar várias restrições, inclusive pela forma como é feita a educação atualmente no ensino médio, se adequando a um conteúdo específico de biologia, ministrada no ensino médio, e pensando no tempo disponível a ser utilizado com um jogo nas salas de aula.

Quanto ao conteúdo de biologia, apesar de ser de Genética - primeira lei de Mendel, plasticidade fenotípica e pleiotropia - foi importante que fosse relacionado a outras disciplinas, mesmo que principalmente ainda dentro do que consideramos Biologia. Nesse sentido, Ecologia e Evolução são importantes na temática do jogo. Este enfoque ecológico-evolutivo, como já discorrido, serve de eixo integrador para a Biologia e proporciona o pensamento sistêmico, que em grande parte faz uso de conceitos ecológicos aplicados a sistemas. Essa noção

de sistemas atualmente vem abrangendo inclusive diversas outras áreas, como as relacionadas a questões organizacionais, econômicas, culturais, políticas, sociais e psicológicas.

O tema ‘seleção natural’ envolve diretamente conhecimentos relacionados a Genética e Ecologia, pois são os fenótipos que interagem com o ambiente e são diretamente selecionados, envolvendo as mais variadas relações ecológicas, mas esses fenótipos estão relacionados ao genótipo e são também os genes que são ultimamente selecionados. Mesmo assim, fenômenos epigenéticos e proteômicos oferecem grande plasticidade fenotípica que mostram que os genes não possuem um aspecto puramente determinista, ocorrendo interações entre o ambiente intracelular e os genes, influenciando na forma como esse gene irá se expressar, sendo o ambiente intracelular dependente de relações com o ambiente externo dos seres vivos. A influência da nutrição na saúde e no envelhecimento, nos estudos de nutrigenômica, são um exemplo próximo dessa influência (MEAD, 2007).

Um jogo analógico de tabuleiro consegue trazer uma interatividade material e espacial e possui muitas estratégias na medida em que vários elementos se relacionam no tabuleiro. O jogo elaborado busca ser capaz de explorar as relações de cooperação de maneira saudável, trazendo elementos de decisões coletivas em vez de apenas individuais.

Vários elementos foram considerados durante a elaboração do jogo. Dentre eles:

- Desenvolver, em seus jogadores, pensamentos, habilidades e atitudes que são consideradas importantes pela Educação Global, considerando suas quatro dimensões: espacial, temporal, temática e interna;
- Buscar equilibrar a função lúdica e a educativa;
- Explorar as relações entre os jogadores, visando possibilitar o estímulo a formas de cooperação saudáveis e ao pensamento coletivo com o auxílio do facilitador (que geralmente será o professor);
- Demonstrar na prática o que são genótipos, fenótipos, pleiotropia, plasticidade fenotípica e suas relações com as condições ambientais, que levam aos mecanismos da seleção natural das populações, aplicando a primeira lei de Mendel nos cruzamentos;
- Trazer posteriores reflexões sobre diversidade genética, dentro da espécie e entre espécies, e sua importância para a conservação ambiental.

Pensando nesses elementos que desenvolvemos um jogo didático, cuja explicação detalhada se dará a seguir.

4.4 O Jogo - Jardineiros Intergalácticos

O jogo “Jardineiros Intergalácticos” simula a dinâmica de seleção natural e seleção artificial de uma população de uma espécie imaginária de “plantas” alienígenas em um determinado ambiente de outro planeta. Os estudantes se tornam “consultores ambientais” desse planeta, mais especificamente buscando a conservação dessa espécie de planta, que está em perigo de extinção, através de escolhas na reprodução entre as plantas. O jogo é cooperativo, pois o grupo atua em coletivo, tomando decisões conjuntas, e o sucesso no jogo consiste em manter a sobrevivência da espécie e mesmo aumentar sua população. Portanto o adversário do jogo é a própria seleção natural do ambiente, que se transforma ao longo do tempo.

Para realizar isso, os “jardineiros” precisam aprender sobre as peculiaridades de dois genes dessas plantas, um deles possuindo plasticidade fenotípica (polifenismo) e outro pleiotropia. Estes genes trazem características fenotípicas diferentes para cada indivíduo e elas podem ser vantajosas ou desvantajosas de acordo com os parâmetros ambientais atuantes em cada rodada do jogo, simulando um certo período de tempo, relacionado ao surgimento de novas gerações de indivíduos. A cada rodada os parâmetros ambientais mudam de forma “aleatória” (através de sorteio). Os estudantes devem perceber ao longo do jogo que a melhor forma de manter a sobrevivência da população como um todo é manter a diversidade genética.

A seguinte descrição foi criada para a contextualização do jogo:

“Os jogadores serão jardineiros intergalácticos. Após embarcarem em uma viagem espacial, têm a missão de tentar manter a sobrevivência de uma população de plantas extraterrestres que está em risco de extinção em um planeta, recém descoberto em outra galáxia, chamado Plastipleion.

Após estudos sobre a vida extraterrestre neste planeta, a biologia dessas plantas já está bem compreendida pela tripulação. Percebeu-se que há grandes semelhanças com a genética e ecologia de algumas plantas na Terra. Os jardineiros estarão controlando artificialmente essa população através da reprodução entre elas.

A cada rodada, uma mudança ambiental será sorteada do deck de parâmetros ambientais. Essas mudanças poderão afetar a população causando danos em alguns indivíduos

e favorecendo vantagens de sobrevivência para outros. Duas desvantagens para um mesmo indivíduo provocam sua morte e uma vantagem anula uma desvantagem.”

Os componentes do jogo consistem em:

- Um tabuleiro onde ficam as plantas e onde é feita a reprodução por seleção artificial (seleção de quais plantas irão se reproduzir, realizada pelos próprios jardineiros);
- Cartas dos tipos de indivíduos possíveis (com as informações genótípicas e fenotípicas, além da explicação das características de cada fenótipo e sua interação com o ambiente);
- Pequenas fichas, feitas em papel cartão, com símbolos que representam parâmetros ambientais e são sorteadas para determinar o clima do ambiente (condições de umidade, temperatura e luminosidade);
- Peças de montar já unidas em modelos de cada tipo de fenótipo possível, com variações na cor da flor e raiz, cor do caule (que determina apenas o tamanho da planta como um todo) e diferentes tipos de folha;
- Peças de montar soltas para criar novos modelos se necessário e peças pretas de quatro pinos para simbolizar danos que os indivíduos podem sofrer na etapa de seleção natural;
- Fita crepe para identificar o genótipo de cada indivíduo, sendo colocada apenas quando novos indivíduos vão para o tabuleiro, seja no início do jogo ou a prole a cada rodada;
- Dois dados de 8 lados, para simular as probabilidades da primeira lei de Mendel na etapa de reprodução;
- Folha 4x4 com uma tabela que mostra os resultados do sorteio dos dados de acordo com a primeira lei de Mendel;
- Folha 4x4 com informações sobre como são representadas as características fenotípicas nas cartas (símbolos) e nos modelos feitos de peças de montar (fotos dos modelos);
- Folha 4x4 com informações do desenvolvimento das folhas na prole juvenil, através da plasticidade fenotípica existente no gene “F”.
- Uma folha com uma ficha de anotação de todos os fatos principais ocorridos em cada etapa e rodada do jogo.

Figura 3 - Tabuleiro do jogo ainda sem os indivíduos.



O jogo é feito em rodadas, que por sua vez são divididas em etapas diferentes, portanto ele possui um aspecto cíclico de acontecimentos. Há acontecimentos específicos da primeira rodada e depois cada rodada posterior passa a ter um desenrolar similar.

Portanto o jogo pode ser resumido nas seguintes etapas:

Primeira rodada

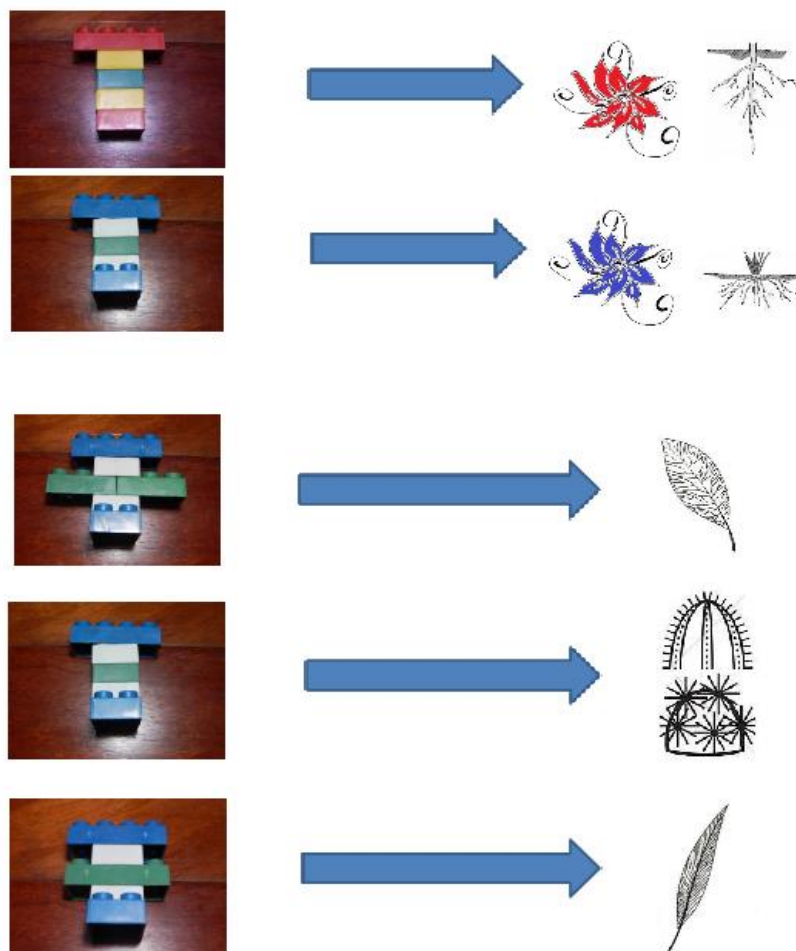
1. Sorteio dos indivíduos e do ambiente inicial;
2. Seleção Natural;
3. Reprodução / Seleção Artificial.

Segunda rodada e todas as posteriores

1. Mudança do ambiente: sorteio dos parâmetros;
2. Crescimento e desenvolvimento das mudas - plasticidade fenotípica;
3. Seleção Natural;
4. Reprodução / Seleção artificial.

Após a explicação inicial do jogo e a divisão da turma em grupos, são sorteadas seis cartas de genótipo e fenótipo, cada uma representa um indivíduo diferente que compõe a população inicial do planeta. Então são sorteadas três fichas de parâmetros ambientais, uma para cada tipo de parâmetro (temperatura, umidade e luminosidade), portanto separadas em três pilhas diferentes. São preparadas as peças-modelo dos indivíduos sorteados, colocados seus genótipos com fita-crepe e esses são colocados no tabuleiro, nos quadrados nas áreas laterais. Assim está feita a preparação inicial. A pessoa encarregada de anotar os acontecimentos pode escrever os genótipos e fenótipos dos indivíduos iniciais na ficha.

Figura 4 - Folha da representação das características fenotípicas nas cartas e nos modelos feitos de peças de montar. A primeira comparação representa os dois tipos de fenótipos possíveis provenientes do gene “p” e a segunda comparação os três tipos do gene “f”.



Somente na a primeira rodada, a segunda etapa já é de seleção natural. Todos os jogadores devem analisar as cartas de genótipo e fenótipo de cada indivíduo, com auxílio do

professor, para contabilizar o número de vantagens e desvantagens que as características fenotípicas proporcionam às plantas no ambiente inicial, de acordo com os parâmetros sorteados. Se o número de vantagens for maior que de desvantagens, a planta sobrevive perfeitamente. Se o número de desvantagens for de 2(duas) a mais que de vantagens, a planta morre e é retirada do tabuleiro. Se o número de desvantagens for de 1(uma) a mais que de vantagens, a planta sofre dano, portanto recebe um marcador (peça de montar preta) e se posteriormente receber mais um dano em outra rodada, ela será então eliminada.

Quando uma planta é eliminada nenhum jogador é eliminado ou prejudicado, os estudantes podem ter essa sensação por “adotarem” uma planta inicial quando é feito o sorteio inicial das cartas. Nesse momento é muito importante enfatizar que os estudantes são um coletivo de jardineiros cuidando de todo um coletivo de plantas e que novos indivíduos estão sempre nascendo, durante a etapa de reprodução, que é justamente a próxima etapa a ser realizada.

Na Figura 5, um exemplo de uma carta que representa um tipo de genótipo e fenótipo possível para as plantas do jogo, assim como a explicação de suas vantagens e desvantagens dependendo das condições ambientais. Se por exemplo o ambiente inicial fosse de baixa luminosidade, seco e com temperatura média (20 ou 30 graus), o indivíduo correspondente a essa carta obteria, respectivamente, duas desvantagens (folha e raiz) e nenhuma vantagem (flor/tamanho da planta), causando sua morte durante a etapa de seleção natural.

Figura 5 - Frente e verso de uma das cartas utilizadas no jogo: o genótipo é PpFF e o fenótipo é o número 2, cujas características são explicadas na parte inferior dos dois lados da carta.



Na terceira etapa ocorre então a seleção artificial, em que os jardineiros devem escolher dois pares separados de plantas para se reproduzirem, realizando dois cruzamentos e gerando uma planta filha de cada um desses. Todas as plantas são consideradas hermafroditas, portanto não há limitação na escolha dos cruzamentos pelo sexo. Porém um indivíduo deve cruzar apenas uma vez por rodada e com um único outro indivíduo. Os indivíduos escolhidos para os cruzamentos são colocados em um local especial do tabuleiro, onde está escrito “Cruzamento 1” e “Cruzamento 2”. Os indivíduos filhos, após determinação de seu genótipo, como explicado no próximo parágrafo, serão colocados no “Canteiro de mudas” no tabuleiro, e seu fenótipo já poderá ser determinado pelo gene “p”, mas ainda não pelo gene “f” (por este apresentar plasticidade fenotípica, dependendo das próximas condições ambientais em que as mudas irão crescer, sendo definido posteriormente). O gene “p” é considerado pleiotrópico (um gene determina mais que uma característica), sendo nesse caso determinante de três - cor da flor, tipo de raiz e tamanho da planta como um todo (que foi representado apenas por cores diferentes do caule por questões práticas). Portanto a muda é representada por um modelo com flor e raiz vermelhas e caule amarelo ou com flor e raiz azuis e caule branco, mas ainda sem folhas, sendo assim, a muda é um modelo mais baixo que as plantas adultas.

Na Figura 6, está o tabuleiro no momento do primeiro cruzamento; as quatro plantas deitadas e acima são os indivíduos adultos, as duas primeiras realizam o cruzamento 1 e as duas últimas o cruzamento 2. Há apenas quatro indivíduos adultos e um juvenil no momento desta imagem e serão seis no total após a reprodução. Uma muda proveniente do cruzamento 1 já está colocada no “Canteiro de mudas” e possui flor e raiz azuis e caule branco, sendo portanto de genótipo heterozigoto “Pp”, mas não há como inferir sobre o gene “f” apenas através da imagem. A segunda muda deve ser colocada logo depois, no momento os jogadores devem estar descobrindo o genótipo da segunda muda através do sorteio nos dados.

Figura 6 - Tabuleiro com plantas escolhidas para os cruzamentos.



O genótipo dessas plantas será então definido através das probabilidades da primeira lei de Mendel, de acordo com o tipo de cruzamento que é feito em cada gene; “f” e “p”. O aspecto estratégico principal do jogo está na escolha dos cruzamentos, pois assim é possível selecionar plantas que possam ter maiores chances de gerar uma prole com genótipos e fenótipos desejados. Para simular as probabilidades da primeira lei de Mendel, se jogam dados de 8 lados e se confere o resultado de acordo com a tabela de cruzamentos. Um dado é utilizado para o gene “f” e outro para o gene “p”. Os dados de 8 lados foram escolhidos porque as probabilidades da primeira lei de Mendel podem ter resultados de 3 tipos, mas com probabilidades de 1, 2 ou 4, dependendo do tipo de cruzamento:

- 100% um único genótipo (sem necessidade de sorteio);
 - 50% para dois genótipos diferentes (4 números do dado para um tipo e outros 4 para o outro);
 - 25% para o genótipo homocigoto dominante (2 números do dado), 50% para o heterocigoto (4 números do dado) e 25% para o homocigoto recessivo (outros 2 números do dado).

Assim o sorteio deve ser de 1, 2 ou 3 possibilidades de tipo de genótipo, mas quando há 3 possibilidades, há uma probabilidade duas vezes maior de haver heterocigoto, então é necessário considerar o equivalente mínimo de 4 possibilidades. Como não há dados de 4 lados,

o dado de 8 lados cria o mesmo resultado final e se torna uma maneira lúdica de simular essas probabilidades. A tabela abaixo (Tabela 1) foi utilizada como auxílio:

Tabela 1 – Tabela de probabilidade genética para com base na primeira Lei de Mendel.

Números no dado	1	2	3	4	5	6	7	8
AA x AA	Não precisa sorteio > a única possibilidade é AA							
AA x Aa	AA				Aa			
Aa x Aa	AA	Aa				aa		
Aa x aa	Aa				aa			
aa x aa	Não precisa sorteio > a única possibilidade é aa							

Uma vez que os indivíduos juvenis estejam já no canteiro de mudas, com genótipo definido (novas tiras de fita-crepe com o genótipo escrito eram colocadas nos modelos de peças de montar), é decretado o final da primeira rodada.

Como já pronunciado, a segunda rodada é um pouco diferente da primeira e todas as próximas rodadas seguem o modelo dessa:

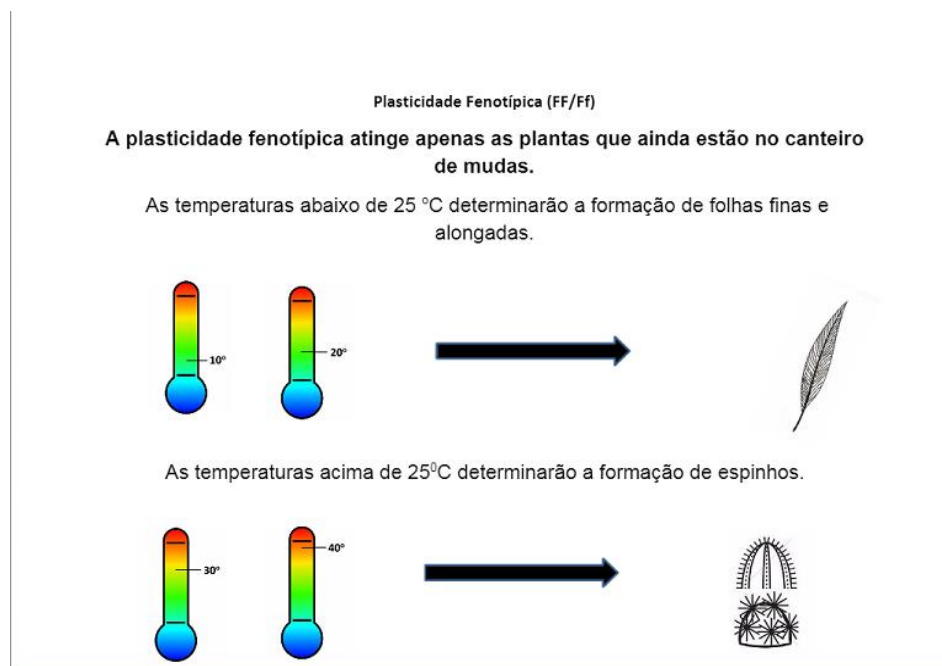
Segunda rodada e todas as posteriores

1. Mudança do ambiente: sorteio dos parâmetros;
2. Crescimento e desenvolvimento das mudas - plasticidade fenotípica;
3. Seleção Natural;
4. Reprodução / Seleção artificial.

Como primeira etapa, deve-se sortear dois novos parâmetros ambientais para simular a mudança contínua do ambiente. As três pilhas de fichas de parâmetros se tornam apenas duas, sendo a umidade e a luminosidade embaralhadas juntas e a temperatura ainda isolada. Então um jogador pega a ficha de cima da pilha da temperatura e outro jogador (ou o mesmo) pega a ficha de cima da pilha de luminosidade e umidade. O sorteio deve ser feito sem a ficha que já estava sendo utilizada no ambiente anteriormente, mas esta ficha deve depois ser colocada em sua pilha correspondente. As duas pilhas são embaralhadas novamente na próxima rodada.

Após sorteados os novos parâmetros, a segunda etapa consiste em definir como se desenvolvem as folhas dos indivíduos juvenis (que estão no “Canteiro de mudas”), de acordo com a atuação da plasticidade fenotípica no gene “f”. A plasticidade fenotípica, neste jogo, ocorre quando os indivíduos possuem alelo dominante; a temperatura do ambiente irá influenciar o desenvolvimento das folhas para a formação de espinhos (uma folha modificada) ou de folhas finas e alongadas. Quando os indivíduos são homozigotos recessivos do gene “f” sempre desenvolvem o mesmo fenótipo, de folhas grandes e largas. É importante salientar que a plasticidade fenotípica só é determinada nos indivíduos juvenis, após se tornarem adultos terão o mesmo tipo de folha pelo resto de sua vida e a temperatura só irá influenciar em sua sobrevivência durante a seleção natural, de maneira tradicional (vantagem/desvantagem) e relacionado ao gene “p” em vez do “f” (ver exemplo da carta). O guia abaixo foi utilizado para auxiliar nesta etapa de desenvolvimento:

Figura 7 -Guia sobre a plasticidade fenotípica do gene “f”; importante salientar que ocorre apenas em plantas com o alelo dominante, o alelo recessivo caracteriza folhas largas.



Posteriormente ao desenvolvimento das folhas, os indivíduos juvenis se tornam adultos e são colocados nas partes laterais do tabuleiro, assim como todos os outros indivíduos. Agora os novos indivíduos estarão sujeitos à seleção natural da mesma forma que todos os outros e também poderão já ser escolhidos para a reprodução na posterior etapa de seleção artificial.

Segue-se a terceira etapa, de seleção natural, que ocorre da mesma maneira que na primeira rodada, com a diferença de que dois parâmetros ambientais mudaram e os indivíduos

possuem vantagens e desvantagens de acordo com as novas condições ambientais. Após isso ocorre a quarta etapa, de seleção artificial, também da mesma maneira da primeira rodada. Depois se finaliza a segunda rodada e todas as rodadas posteriores se desenrolam da mesma maneira. O número de rodadas depende do tempo estipulado para a realização do jogo, que se sugere que seja de cerca de uma hora.

Coleta e análise de dados

Para análise da experiência utilizamos duas abordagens principais. Primeiramente, demos um enfoque na relação educativa que estabelecemos com os estudantes, acompanhando o processo de ensino e de aprendizagem durante a realização do jogo com base nas nossas impressões individuais e registros escritos. O que também reflete em uma discussão acerca da nossa prática enquanto educador e das nossas escolhas em sala de aula. A segunda fonte de dados foi a percepção dos alunos. Na aula seguinte à realização do jogo, os estudantes foram convidados a socializar suas impressões sobre seu processo de aprendizagem, organização das aulas e didática dos professores e a relatar por escrito suas percepções sobre o jogo, com auxílio de um questionário (Anexo A). Este questionário continha perguntas referentes ao aprendizado promovido pela atividade, à complexidade e à dinâmica de realização do jogo. Os estudantes podiam responder por e-mail ou entregar em papel na sala de aula.

Obtivemos 9 respondentes, de um total de 17 alunos.

Os textos que compõem o corpus de análise deste trabalho são, portanto, os relatos dos dois professores e as respostas dos questionários aplicados aos alunos. Estes dados foram analisados segundo a análise de conteúdo do tipo temática (Bardin, 1977).

5 Análise da intervenção Educativa

Inicialmente, realizamos uma explicação introdutória sobre o jogo com auxílio de slides com imagens e alguns tópicos, com duração de cerca de 20 minutos. Posteriormente, a turma foi dividida em dois grupos com sete integrantes cada. Como éramos dois professores, cada um de nós acompanhou uma equipe e atuou como moderador. Após a finalização do jogo, os grupos separados de jogadores puderam dividir suas percepções dos acontecimentos da partida, quais foram os principais desafios e o que aprenderam com isso. Da mesma forma, os professores estagiários P1 e P2, registraram suas impressões sobre a experiência de realização do jogo.

Analisaremos os relatos dos professores e, na sequência, as percepções dos alunos.

5.1 Análise dos relatos dos professores estagiários

Com a análise do relato tecidos pelos professores estagiários, foi possível organizar os dados nas seguintes categorias: Entendimento a respeito dos conceitos de fenótipo e genótipo; Aspecto investigativo do jogo; Estratégias para a manutenção da diversidade; Acolhimento aos diferentes tempos de aprendizagem e habilidades; Mediação do professor; Reflexões geradas pela experiência.

Apesar de todos os estudantes entenderem na teoria o que era o genótipo e o fenótipo, na aplicação disso na prática, onde aplicaram esse conhecimento, houve inicialmente muita confusão. Fizemos um comentário inicial de que poderiam haver plantas com genótipos diferentes mas fenótipos iguais (em razão de alelos dominantes) e outras plantas com genótipos iguais mas fenótipos diferentes (pela plasticidade fenotípica no gene “f”), trazendo maior atenção dos estudantes sobre essa diferenciação.

Além disso, aos poucos os estudantes perceberam mais concretamente que na etapa da seleção natural o que mais importava era o fenótipo, enquanto durante a reprodução por seleção artificial a atenção deveria ser voltada para o genótipo. Isso sugere que essa atividade prática pode ser mais eficaz para o **entendimento a respeito dos conceitos de fenótipo e genótipo** do que apenas aulas teóricas e listas de exercícios.

Já antes de começar decidi frisar que alguns genótipos diferentes geravam o mesmo tipo de fenótipo, enquanto alguns fenótipos diferentes podiam vir do mesmo genótipo. Mas só ao longo do jogo isso ficou mais claro quando esses fenômenos aconteciam. No início, vários ainda confundiam o que era o genótipo e o que era o fenótipo, felizmente ao longo do jogo eles ficaram mais seguros dos conceitos e como se relacionavam. P1

Os professores ressaltaram também o **aspecto investigativo do jogo**, que se deu pelas descobertas de qual característica é decorrente de qual gene, qual provém de homozigotos recessivos e, principalmente, de que forma realizar os cruzamentos para aumentar a diversidade genética e fenotípica da população, uma vez que os estudantes perceberam que isso era muito importante para o aumento das chances de sobrevivência da população como um todo. Para isso foi importante explicar como funciona o jogo, mas deixar algumas lacunas de informação, que foram sendo percebidas através dos componentes do jogo e da sua interação ao longo das rodadas.

No primeiro cruzamento a questão da plasticidade fenotípica não foi ainda muito explorada pois eles tinham perdido os indivíduos com gene “p” que eram homozigotos recessivos, ou seja, as plantas com flores vermelhas e raízes axiais. Portanto eles focaram em uma forma de conseguir novos indivíduos com essa característica (pp em vez de Pp ou PP). Um deles, logo teve a ideia de fazer cruzamentos entre heterozigotos ‘Pp’ para ter mais chances de conseguir indivíduos ‘pp’. Então já na primeira rodada eles conseguiram adquirir as principais noções estratégicas e desenvolveram a busca pela diversidade de indivíduos, que era a principal questão que eles deveriam descobrir ao longo do jogo. P1

Nesta reflexão, P1 se questiona se a quantidade de informações fornecidas aos alunos na explicação da atividade teria prejudicado esta característica do jogo, o processo investigativo.

Nesse caso é possível se perguntar se houve demasiada ajuda a eles já de início por parte minha e mesmo durante a explicação inicial antes do jogo. Mas acredito que isso ajudou eles a se envolverem nesse objetivo principal, assim exercitando outros detalhes como as questões do fenótipo e genótipo, plasticidade fenotípica, pleiotropia, a dinâmica de cruzamentos e de seleção natural, portanto ainda uma quantidade bastante grande de informações. P1

Segundo o relato dos professores, os estudantes expressaram desafios similares durante o jogo, relacionados à tentativa de conseguir genótipos homozigotos recessivos, importante **estratégia para a manutenção da diversidade**, porém um grupo precisou focar mais no gene “p” e outro mais no gene “f”.

Viram que quando o alelo “f” era dominante sofria plasticidade fenotípica podendo desenvolver folhas longas ou espinhos conforme variação na temperatura. Por esse modo tentaram sempre escolher indivíduos heterozigotos aumentando a probabilidade de ter alelos “F” no genótipo da prole. No entanto, acarretou a ausência de indivíduos com folha larga (resultante do genótipo “ff”) na população. Isso gerou uma perda grande de alguns indivíduos que eram suscetíveis às mesmas mudanças ambientais.

Foi muito legal ver a comoção deles de tentar alterar isso. Mas como não tinham nenhum indivíduo “ff” na população tiveram que depender da sorte, para que no cruzamento entre dois

heterozigotos saísse um filho “ff” ($\frac{1}{4}$ da probabilidade). Isso não ocorreu. Assim, tiveram mais noção de como ocorrem as proporções. P2

Considerando os diferentes alunos, os professores refletiram sobre os tempos distintos para os entendimentos, para o desenvolvimento das habilidades e para a expressão dos pensamentos e emoções. Comentam que em sala de aula isso ocorre da mesma forma e muitas vezes não fica tão evidente quando os professores costumam propor apenas atividades repetitivas, que não exploram ou oportunizam a expressão desses tempos distintos. Nesse sentido, os professores perceberam que o uso do jogo cooperativo pode ser uma ótima ferramenta para romper essas barreiras e explorar a cooperação entre estudantes e o **acolhimento aos diferentes tempos de aprendizagem e habilidades**. Como descreve Bechelli (2005):

Quando nos permitimos entrar nesta atmosfera mágica do jogo liberamos nossos mais secretos sentimentos e o nosso verdadeiro “eu” vem a tona. Quando brincamos muitas vezes “fazemos de conta” e não percebemos o quanto estamos sendo autênticos nesta relação.

É comum alguns estudantes entenderem certas partes do jogo muito antes de outros, isso pode ser muito bom caso esses busquem explicar aos outros jogadores o que já entenderam e “descobriram”, mas pode ser também contraprodutivo, caso um ou mais estudantes passem a fazer escolhas sozinhos ou em um subgrupo menor, enquanto outros estudantes não prestariam mais atenção ao jogo. Por isso é de grande importância a **mediação do professor**, estimulando todos a participarem do jogo e a interagirem entre si para compartilhar informações.

Foi interessante ver que tinha um menino um pouco mais disperso no grupo (E4), então sugeri que ele ficasse responsável por anotar o que se passava em cada rodada. Isso foi interessante porque então ele se envolveu mais, já que em todas as rodadas tinha que estar a par do que acontecia. Depois até perguntei se ele não queria trocar de função, mas ele não quis. Alguns na equipe perceberam a estratégia mais rapidamente do que outros, mas a repetição dos momentos de seleção natural, cruzamento e nascimento ajudou os que tinham mais dificuldade. E o fato de a decisão ter que ser tomada conjuntamente também ajudou a que um tentasse explicar seu raciocínio ao outro. P2

Quanto aos parâmetros ambientais, depois de sorteados já todos os estudantes buscaram entender se sua carta tinha vantagens e/ou desvantagens em relação ao ambiente inicial. Porém havia muita confusão pois alguns já falavam que iam morrer, outros que tinham vantagens a mais. Para tornar claro para todos tudo que estava acontecendo, declarei que começaria a primeira etapa da rodada, de Seleção Natural; analisei com todos, cada carta, deixando claro quando era vantagem ou desvantagem e porquê, assim como se o indivíduo ia morrer, sofrer dano, ou sobreviver intacto. P1

Ao longo do jogo, algumas questões foram destacadas e retratadas de forma similar por P1 e P2, mesmo estando em grupos diferentes. A primeira delas foi a importância da **percepção**

do coletivo e da necessidade da cooperação para que o jogo funcionasse, como ilustram os trechos a seguir:

Na segunda etapa, de Reprodução, através da seleção dos indivíduos que iriam reproduzir pela equipe de “jardineiros”, todos começaram a discutir qual seria o objetivo da escolha da futura prole. Nesse momento foi importante eu explicar a tabela de probabilidade e que o sorteio dependia dos genótipos dos indivíduos que iriam se reproduzir e posteriormente do lance de dados de 8 lados para simular essa “probabilidade condicional”. Todos entenderam isso rapidamente pois tinham exercitado bastante a Primeira Lei de Mendel em exercícios em aulas anteriores com o professor Leandro. Também foi interessante eles chegarem na conclusão que seria importante manter todas as características possíveis de plantas entre a população de indivíduos (para sobreviver a todo tipo de mudança ambiental) e que para fazer isso precisavam manter os alelos recessivos e buscar conseguir proles com genótipos homocigotos recessivos. Nesse momento eu expliquei ainda sobre a plasticidade fenotípica aliada ao gene “f” quando este era dominante, com uso da folha-guia da plasticidade fenotípica. P1

Na primeira rodada, tiveram muitas dúvidas quanto a que cruzamentos escolher para fazer. Queriam escolher aleatoriamente. Logo de primeira, após o primeiro cruzamento tiveram 4 indivíduos eliminados devido aos fatores ambientais que afetavam o ambiente. Vários ficaram tristes porque já achavam que tinham sido mortos de primeira. Mas eu esclareci que eles deviam cuidar do jardim juntos e que apesar da planta que eles tinham sorteada ter sido eliminada, eles ainda estavam no jogo e deviam pensar conjuntamente nos cruzamentos e na manutenção da espécie. Isso os levou a uma preocupação de que teriam que ter mais diversidade para sobreviver a diferentes alterações nos fatores ambientais. Muito rápido se deram conta que as flores vermelhas eram fruto de uma herança recessiva e as flores azuis de uma herança dominante. Por isso, para ter certeza de que teriam flores vermelhas e azuis no território fizeram cruzamentos entre plantas azuis e entre plantas vermelhas separadamente. Isso foi muito legal! Pois foi resultado das conclusões deles com base em conhecimentos adquiridos anteriormente. Eu só falei que eles deveriam prestar atenção nos genótipos e fenótipos de cada indivíduo. Pois poderia ter genótipos iguais com fenótipos distintos e fenótipos iguais com genótipos diferentes. P2

Todos os jogadores deveriam pensar conjuntamente nos cruzamentos, compreendendo que todas as plantas pertenciam a todos os jogadores. Mesmo assim, **pensar coletivamente foi um processo**. Como no início do jogo o sorteio das cartas foi feito de forma que diferentes jogadores pegaram uma carta de planta, muitos começaram o jogo acreditando que aquela planta era “sua”. Quando já na primeira rodada indivíduos foram eliminados, alguns jogadores ficaram descontentes. Porém, essa sensação foi sendo dissipada aos poucos durante o desenrolar do jogo.

Cada estudante já tinha se apegado ao seu indivíduo inicial e alguns já ficaram tristes quando seu indivíduo havia morrido na primeira rodada, mas lembrei a todos que os indivíduos iniciais eram na verdade todos pertencentes a todo o grupo e que dois novos indivíduos logo viriam a nascer. Portanto era importante fazê-los perceber que eram um coletivo de jardineiros cuidando de um coletivo de plantas, que era mais importante a noção do todo do que apenas de suas partes e ninguém tinha mais posse de algo do que o outro. Na verdade nenhum jardineiro era “dono” dessas plantas, eles estavam mais

para “consultores ambientais” vindos de outro planeta. Não tenho certeza porém que todos eles tenham entendido esses conceitos com profundidade, apenas se prestaram bastante atenção ‘a descrição inicial do jogo, pois durante ele houve um foco maior nas regras do que estava acontecendo e talvez nem todos fantasiaram o suficiente para se sentirem imersos nesse contexto, o que poderia vir a ser aperfeiçoado em posteriores usos dele, tentando aumentar essa aliança entre razão e imaginação dos estudantes ao longo da experiência do jogo. P1

Como colocado acima, essa noção de coletivo não foi tão facilmente assimilada, isso talvez mostre como o individualismo é tão comum que mesmo em práticas de simulação seja difícil possuir uma percepção de cuidado coletivo.

Os professores relataram que os estudantes inicialmente quiseram para a prole, na etapa de reprodução, características similares às dos indivíduos que sobreviveram na primeira etapa de seleção natural. Porém, a partir de suas próprias experiências, logo perceberam que isso poderia levar à eliminação de uma grande quantidade de indivíduos iguais numa rodada posterior com parâmetros ambientais diferentes (talvez já na segunda rodada).

Na primeira rodada, tiveram muitas dúvidas quanto a que cruzamentos escolher para fazer. Queriam escolher aleatoriamente. Logo de primeira, após o primeiro cruzamento tiveram 4 indivíduos eliminados devido aos fatores ambientais que afetavam o ambiente. Vários ficaram tristes porque já achavam que tinham sido mortos de primeira. Mas eu esclareci que eles deviam cuidar do jardim juntos e que apesar da planta que eles tinham sorteada ter sido eliminada, eles ainda estavam no jogo e deviam pensar conjuntamente nos cruzamentos e na manutenção da espécie.

Isso os levou a uma preocupação de que teriam que ter mais diversidade para sobreviver a diferentes alterações nos fatores ambientais. Muito rápido se deram conta que as flores vermelhas eram fruto de uma herança recessiva e as flores azuis de uma herança dominante. Por isso, para ter certeza de que teriam flores vermelhas e azuis no território fizeram cruzamentos entre plantas azuis e entre plantas vermelhas separadamente.

Isso foi muito legal! Pois foi resultado das conclusões deles com base em conhecimentos adquiridos anteriormente. Eu só falei que eles deveriam prestar atenção nos genótipos e fenótipos de cada indivíduo. Pois poderia ter genótipos iguais com fenótipos distintos e fenótipos iguais com genótipos diferentes. P2

Após o jogo, no momento de socialização, muitas **reflexões geradas pela experiência** foram tecidas a respeito de espécies em extinção na atualidade e a respeito dos problemas das monoculturas na agricultura predominante atual. Os professores relatam que a turma, auxiliada pelas suas intervenções, associou a baixa diversidade a uma maior suscetibilidade a pragas e fragilidade a desastres ambientais, conseqüentemente levando ao maior uso de agrotóxicos e outros aditivos químicos que podem ser prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana e de outros seres vivos.

Na socialização dos resultados com o outro grupo, achei muito interessante as reflexões levantadas. “Por isso que os Ursos polares estão morrendo? Não aguentam as mudanças ambientais? Que fatores estão influenciando na vida dele?” Lembraram também que tem um porém; nesse caso o ser humano que está induzindo as mudanças. Existe

restrição alimentar, redução de habitat, no mundo real não é só “temperatura, luminosidade e umidade” que afetam a vida dos seres vivos. Também refletiram que esse é o problema no monocultivo. Se plantamos hectares de uma única variedade de milho, soja, estamos bem mais suscetíveis a pragas, desastres ambientais, etc. Não temos diversidade para resistir às mudanças. Com isso precisamos usar mais agrotóxicos. Isso nos ajudou a fazer um link do conteúdo de genética a aspectos presentes no cotidiano dos estudantes, facilitando sua compreensão. No momento da avaliação, uma das estudantes falou: “nossa! Foi muito bom porque entendi como funciona algumas coisas que estou acostumadas a ver mas não tinha me dado conta. No meio a minha volta!”. P2

5.2 Análise das percepções dos estudantes

Com a análise das respostas dos alunos aos questionários de avaliação da experiência do jogo, foi possível organizar os dados segundo as categorias norteadoras: Aprendizagem promovida pelo jogo e Dinâmica do jogo.

5.2.1 Aprendizagem promovida pelo jogo

Pelas respostas dos alunos pudemos perceber que a experiência do jogo foi bastante construtiva em termos das aprendizagens promovidas. Os alunos ressaltaram que a experiência promoveu: aprendizagem dos conceitos de genética; aplicação dos conceitos estudados; relação entre conceitos; contextualização dos conteúdos; e aplicação dos conteúdos em outras da Biologia.

Segundo os alunos, o jogo serviu para **aprendizagem de conceitos de genética** com o esclarecimento dos conteúdos aprendidos anteriormente de uma maneira lúdica e fácil:

Ficou muito claro no jogo o que é um fenótipo e o que é um genótipo. Através dele pudemos ver que um mesmo genótipo pode "criar" diferentes fenótipos devido às condições ambientais que também afetam bastante. (E2, 16 anos)

[...] O mais positivo do jogo é o fato de que ele simplifica de forma divertida e prática o conteúdo trabalhado em sala, se tornando uma atividade social, diferenciada e de fácil aprendizagem. (E1, 17 anos)

Os estudantes consideraram bastante positiva a necessidade de **aplicar os conceitos estudados** de maneira articulada com as situações concretas apresentadas pelo jogo, como ilustram as falas a seguir:

O jogo nos permitiu bastante a utilização de conteúdos estudados antes em sala de aula, pois precisávamos pensar nas melhores maneiras de fazer uma reprodução que mantivesse os genes vivos para não perdermos características e dessa forma tínhamos que fazer aquelas análises de quanto por cento de chance havia do indivíduo gerado ter característica x. (E2, 16 anos)

O que mais gostei foi a possibilidade de ver isso “na prática” mesmo sem sair da sala de aula, possibilitando assim uma ótima experiência para escolas que não possuem uma boa estrutura para a realização de outras mais complexas. (E5, 17 anos)

A interação em grupo, as plantas representadas por legos, as folhas, flores, por peças diferentes, com uma lógica. Foi positivo por termos que usar do que aprendemos, para que o jogo se desenvolvesse. (E6, 17 anos)

Também algumas respostas dos alunos mostraram que eles foram capazes de extrapolar o entendimento do conteúdo para questões diversas, o que mostrou maior associação de **relações entre conceitos**, como ilustram as falas a seguir:

[...] pude observar como um gene pode ficar “escondido” por várias gerações, e isso não havia visto nas aulas (Ao menos não havia entendido completamente). (E5, 17 anos)

[...]dessa forma pode-se entender como que uma mesma espécie de planta ou animal pode ter diferentes características. Por exemplo uma hortênsia, que devido às diferentes condições do solo apresenta diferentes cores. Solo mais ácido, uma cor, menos ácido, outra. (E2, 16 anos)

O jogo serviu para exemplificar vários conceitos, por exemplo: a hereditariedade, mostrando como realmente é possível ter um indivíduo com as características de três ou mais gerações passadas, ou também a influência do ambiente sobre os indivíduos. (E1, 17 anos)

Entendi melhor como um conceito pode influenciar em outro. (E9, 17 anos)

Com certeza. Ficou bem mais clara a influência de fatores externos na determinação da evolução das espécies. (E9, 17 anos)

A **contextualização dos conteúdos** para diferentes situações da vida prática também parece ter se desenvolvido nos alunos, segundo algumas respostas:

Quando minha irmã estava grávida havia esse desejo de querer saber se o olho de minha sobrinha poderia ser claro ou não, por isso tentei procurar saber os antecedentes destas características na família dos pais para ter uma base com as probabilidades e creio que essa iniciativa foi tanto pelo conteúdo aprendido quanto pelo jogo (Ela nasceu com o olho castanho). (E5, 17 anos)

Acho que o jogo foi muito bem pensado e muito importante para o conteúdo que estamos aprendendo. Possibilitou que enxergássemos melhor, na prática, os conceitos de genótipo e fenótipo e a forma como eles atuam. Foi bem legal, pois, junto com outros textos que vocês nos passaram, conseguimos ter uma visão mais ampla dos lugares e ocasiões que eles se encontram. (E7, 17 anos)

Foram muito relevantes para a vida, pois antes era algo abstrato e agora TUDO FAZ SENTIDO! Abordaram bem os assuntos e fecharam bem com o jogo, que ajudou a entender tudo. (relato da reflexão em grupo)

Mesmo que de forma indireta, algumas respostas dos alunos mostram que eles puderam **aplicar os conteúdos em outras áreas da Biologia** com o jogo, que se relacionam a Genética mas não são tradicionalmente ensinados em aulas de Genética clássica:

Sim, usar plantas como exemplos, foi uma maneira de diferenciarmos a aplicação do conteúdo, já que geralmente é só visto em humanos e animais. [...] além de vermos sobre a 1º lei de Mendel, pudemos mexer com plantas, o que foi interessante já que não vimos na 3º fase. (E3, 17 anos)

Aprendi mais sobre as plantas e algumas coisas que eu não sabia, algumas coisas que podem ser influenciadas pelo fenótipo, por exemplo. (E4, 16 anos)

5.2.2 Dinâmica do jogo

A partir das análises dos alunos, pudemos organizar suas percepções acerca da dinâmica do jogo em duas subcategorias: complexidade envolvida no jogo; necessidade de cooperação e mudanças sugeridas.

Quando questionados sobre a **complexidade envolvida no jogo**, os alunos relataram que compreenderam as regras do jogo com o material de apoio, junto da explicação inicial. No entanto, alguns consideraram de início, um pouco confuso, provavelmente devido à grande quantidade de variáveis envolvidas, o que foi sendo amenizado com o desenvolvimento do jogo.

Foram bem fáceis de entender, foram bem explicadas e o material estava muito bem feito e não tive nenhum problema com as peças ou com o tabuleiro. (E4, 16 anos)

No começo eu fiquei um pouco confusa quanto a dinâmica e o jogo em si. Mas depois na hora de colocar em prática, foi fácil entender como funcionava, e logo já se tornou automático. (E3, 17 anos)

Para uma boa parte deles, mesmo com o material de apoio, foi importante o auxílio dos professores-estagiários durante o jogo para a perfeita compreensão do jogo:

As regras do jogo são fáceis de entender se tem alguém junto que explique o funcionamento do jogo enquanto se joga, porque caso seja apenas lido as instruções, não sei se elas seriam muito bem compreendidas. O material de apoio é bem importante pois não é fácil lembrar se tal folha é boa pra tal temperatura e umidade. É como uma colinha. (E2, 16 anos)

Sim, desde que tenha alguém que domine as regras ao lado. (E8, 16 anos)

Acho que alguns detalhes poderiam ter sido melhor explicados, mas entendemos com a orientação dos criadores do jogo. (E9, 17 anos)

Foi recorrente nas respostas dos alunos a percepção da **necessidade de cooperação** para a realização do jogo.

O que eu achei mais positivo, além de o jogo ser muito divertido, é que o jogo não é um contra o outro, e sim, todo mundo pensando junto para não deixar a espécie morrer. (E2, 16 anos)

Foi uma das coisas que mais gostei, por sinal. Pois era todo mundo colaborando para manter as plantinhas vivas. Cada um dava a opinião de qual seria o melhor cruzamento. (E2, 16 anos)

Acredito que sim, por exemplo, todo mundo estava se ajudando, um anotando e passando para os outros pra ninguém se perder, etc. (E4, 16 anos)

A cooperação foi ressaltada como um aspecto de envolvimento maior com a atividade. Por exemplo, quando cada aluno tinha um conhecimento maior da sua planta inicial e suas características, auxiliando os colegas quando o fenótipo semelhante aparecia em outras plantas.

Foi muito divertido ter montado as equipes, e como cada um escolheu uma carta no início do jogo para decidir as plantas iniciais, sabíamos um pouquinho de cada. Durante o desenvolvimento do jogo, como cada um tinha “adotado” uma planta, sabíamos seus pontos fracos e fortes para decidir a próxima jogada, e quando alguém não entendia, outra pessoa explicava. (E7, 17 anos)

Cada participante ganhou uma carta representando uma das plantas, assim cada um sabia melhor de um determinado tipo e o jogo correu muito bem. (E9, 17 anos)

Também pela necessidade durante as etapas de reprodução de formação de consenso em grupo para a tomada de decisões.

Com certeza, pensamos em grupo, pois às vezes tínhamos dúvida se a combinação seria prudente para a conservação de determinada característica e conversávamos até decidirmos como seria dado o cruzamento. Às vezes sabíamos coisas que alguém não sabia e, este mesmo, sabia coisas que não sabíamos. O conteúdo era acrescentado pelo grupo. (E6, 17 anos)

Foi percebido porém que essa tomada de decisões coletivas não trouxe necessariamente uma participação no jogo sempre igualitária.

Apesar que não de forma igualitária, todos colaboraram com alguma coisa, então sim. (E5, 17 anos)

Mas todas as falas consideraram que o trabalho em equipe auxiliou no aprendizado.

Auxiliou, pois outras pessoas faziam observações que eu não havia notado. (E2, 16 anos)

Auxiliou, querendo ou não sempre auxilia ter alguém por perto. (E5, 17 anos)

Auxiliou. Várias mentes pensam melhor que uma. (E8, 16 anos)

Pedimos aos alunos opiniões do que mudariam no jogo. Dentre as **mudanças sugeridas**, algumas são relacionadas a adição de elementos e outros aspectos no jogo:

Eu não consigo pensar em uma forma melhor de fazer o jogo funcionar. As regras são muito boas, porém um pouco complicadas, mas acho que isso é devido à complexidade da biologia em si. Os conteúdos relacionados ao jogo ficaram bem mais entendíveis através deste. A única coisa que eu acho que poderia ser adicionada (não sei se faz parte do objetivo do jogo) é colocar uma meta, como ter x plantas de folha larga, ou espinho, ou vermelha, ou azul, etc, no final do jogo. Para tentarmos manipulá-las em alguma direção. Poderia ser um “nível II(dois)” do jogo. (E6, 17 anos).

Aumentaria a quantidade de plantas, genes e ambientes, porém isso aumentaria a duração do jogo. (E7, 17 anos)

Outros alunos ressaltaram alguns aspectos negativos de sua experiência com o jogo e sugeriram mudanças relacionadas aos materiais de apoio e peças:

Um ponto negativo eu diria a tabela que tem que ser feita, anotando o que está acontecendo do jogo porque acabou que um ficou sem jogar e também porque fica com um "ar" meio de relatório. Além de ser cansativo toda a rodada ter que anotar todos os cruzamentos e os "filhos gerados". (E2, 16 anos)

Menos papéis [sugestão]. Mas ao mesmo tempo os papéis são importantes então eu não sei o que fazer porque tem papel de mais, mas todos eles são necessários (risos). (E2, 16 anos)

O que menos gostei foi o fato de as características das plantas e até elas próprias serem representadas por legos, mas isso é totalmente compreensível já que não é todo mundo que consegue arranjar uma estrutura de encaixe no formato de planta alienígena (Mas os desenhos são ótimos). (E5, 17 anos)

Como disse anteriormente, não gostei das peças de lego, e acho que isso se deve também pelo fato de ter me confundido com elas algumas poucas vezes, mas no todo o jogo é fácil de entender. (E5, 17 anos)

Caso o jogo fosse comercializado, a utilização de lego como plantas pode não ser uma boa idéia. (E8, 16 anos)

6 Discussão, Redesign e Sistematização das contribuições do trabalho para o contexto do Ensino de Biologia.

A discussão e o redesign foram realizados a partir das análises geradas na investigação deste TCC, relativas ao que seria o primeiro ciclo de intervenção da PBD. O redesign está dentro do desafio proposto pela metodologia norteadora deste trabalho, que é desenvolver localmente inovações de valor e mais globalmente produzir conhecimentos úteis para o campo de pesquisa (BANNAN-RITLAND, 2003; STRUCHINER; RAMOS; SERPA JUNIOR, 2016).

6.1 Discussão

Concordando com o relato dos professores, os próprios estudantes perceberam que o jogo ajudou a fixar o entendimento de genótipo e fenótipo, além de aplicarem a primeira lei de Mendel já trabalhada em sala em um contexto mais próximo do real. Os estudantes tiveram um aprendizado mais ampliado tanto dos conceitos de genética, quanto de suas relações entre esses e com diversos outros conceitos de biologia, sua aplicação na prática e sua contextualização em diversas temáticas importantes para seu desenvolvimento integral como cidadãos conscientes e globais (SANTOS, 2006).

Como falado pelos relatos dos professores, os estudantes ao receberem uma carta inicial representando uma planta distinta em genótipo e fenótipo, se apegaram a esse indivíduo. A sensação de posse (“minha” planta) caracteriza nossa cultura individualista atual e mesmo a formação de nossa própria individualidade. Mas com a dinâmica do jogo e as orientações dos professores, os estudantes puderam perceber a sensação de responsabilidade coletiva (“nossas” plantas) e mesmo de cuidado para os outros (plantas de um planeta “não-nosso”, mas que queremos cuidar). Essas situações caracterizam não apenas aspectos intelectuais, mas principalmente emocionais. Nesse sentido o aprendizado para a cooperação envolve uma educação não apenas conceitual, mas atitudinal. Assim, o jogo envolve as dimensões espacial e interior da Educação Global, podendo trazer reflexões profundas em cada um, que repercutem posteriormente em na forma de lidarem com outros contextos de suas vidas. Para muitos, esse aspecto do jogo pode ser igualmente desafiador, tanto quanto o entendimento da complexidade das relações entre os conceitos envolvidos no jogo (PIKE; SELBY, 1999).

A colaboração conjunta para manter a população de plantas viva foi um dos aspectos do jogo que muitos estudantes consideraram o que mais gostaram no jogo. Isso mostra que esses

estudantes sentem necessidade de realizar ações coletivas, sem precisar envolver competição, que há outras formas de estimulá-los. Ao envolver a cooperação dentro de um contexto biológico e mesmo relacionado a seleção natural, podem perceber que a evolução não está apenas envolvida com a competição, que este não é sempre o principal aspecto da natureza. Percebendo que em uma população de uma espécie não existe simplesmente “o mais apto”, mas que a diversidade dentro dessa é um aspecto importante para sua sobrevivência a longo prazo, novamente desconstruem os estereótipos da evolução, que trouxeram interpretações incompletas e que foram extrapoladas para a percepção da sociedade humana, com sua utilização em conceitos sociais, econômicos e políticos que levaram ao que muitos chamam de “capitalismo selvagem”, além de justificativas para preconceitos e sensações de superioridade sobre minorias, sobre etnias humanas inteiras ou mesmo do homem sobre a mulher (ORLICK, 1989; CAPRA, 2001; BIZOTTO; GHILARDI-LOPES; SANTOS, 2016).

É importante perceber que em uma hora, os processos que perceberam poderiam levar muitas décadas de anos, aplicando para plantas pequenas em ecossistemas da Terra, ou mesmo centenas, milhares, milhões de anos aplicando para grandes árvores. Podem assim perceber a dimensão temporal da Educação Global, se situando em processos de longo prazo, mas podendo facilmente exercitar tomadas de decisões desses processos em um tempo curto, de uma forma mais compreensível. Também aprendem a lidar com a imprevisibilidade, pois o sorteio dos parâmetros ambientais, levando a mudanças ao longo do tempo, demonstra este aspecto da realidade, assim percebendo que o que é melhor em certo momento pode vir a ser o pior em outro. Isso pode trazer reflexões pessoais da importância de desenvolver recursos pessoais variados, desenvolvendo versatilidade e flexibilidade, assim como da importância da diversidade em grupos para propiciar esses mesmos atributos, questões relacionadas à dimensão interior da Educação Global (PIKE; SELBY, 1999; SANTOS, 2006).

A aplicação dos conceitos na atividade prática os ajudou a esclarecer diversas dúvidas que ainda tinham em relação ao conteúdo, tornando funcional o conhecimento teórico que tinham recebido em aula. O estímulo lúdico da atividade foi importante para envolvê-los no desafio de uma dinâmica complexa e os motivou a entender o conteúdo para além das expectativas dos professores. A sensação de obrigação de aprender algo, inclusive, pode ser para muitos estudantes intimidadora, podendo desacelerar ou limitar seu aprendizado, quando conseguimos despertar a curiosidade intrínseca de cada um, podemos acelerar o processo de aprendizagem.

A maior contextualização dos conceitos é essencial para que os estudantes consigam relacionar o conteúdo aprendido ao seu dia-a-dia, podendo ter mais clareza ao se informarem

pelas mídias e conversarem com outras pessoas sobre problemáticas atuais. A aprendizagem propiciada pelas estratégias requeridas no jogo parece ter tornado a aula mais prazerosa, pois motivou os estudantes a participarem e se envolverem no processo (MIRANDA, 2001; BRASIL, 2002). O uso de situações problemas, que levem os alunos a buscar as soluções, construindo seu conhecimento com a mediação do professor, foi fundamental neste contexto (DELIZOICOV, 2001; 2008).

A partir dos resultados desta experiência, percebemos que o jogo possibilita ao professor estimular os estudantes a refletirem sobre as mais variadas questões, desde genética clássica, ecologia, conservação de biodiversidade, mudanças ambientais causadas pelos seres humanos, evolução pela seleção natural, evolução das plantas e animais através da seleção artificial pelo homem, uso atual de transgênicos, bioética, formas de sexualidade das plantas, epigenética envolvida na plasticidade fenotípica e suas implicações em teorias evolutivas, até mesmo astrobiologia (estudo da possibilidade de vida em outros planetas). A integração de diversos conhecimentos, aplicados a diferentes questões, desenvolve as dimensões espacial e temática da Educação Global. Propicia a visão sistêmica, a compreensão de interdependências do conhecimento e dos seres humanos, que o produzem e o utilizam. O entendimento das questões dentro de uma perspectiva ecológica, demonstra as relações entre os diferentes seres vivos e com seu meio abiótico (PIKE; SELBY, 1999; MORAES, 2004).

O jogo tem como base a primeira lei de Mendel, mas também torna mais simples o entendimento da segunda lei, principalmente porque já estão sendo feitos no jogo o cruzamento de dois genes, embora de forma separada.

A plasticidade fenotípica pôde ser explorada de várias maneiras, ela é o mais simples exemplo de como os genes não são totalmente determinantes, portanto é um dos conteúdos atualmente explicados em Genética que ajuda a romper com o determinismo biológico, conforme Melo e Carmo (2009) um dos principais desafios do ensino de genética, demonstrando a influência do ambiente no indivíduo. Em nosso estágio, utilizamos desse potencial para ainda explicar noções básicas de epigenética, que também mostra uma certa plasticidade de como os genes podem ser expressos e possui algumas vezes hereditariedade.

A pleiotropia (um gene influencia em várias características), assim como seu “oposto”, a polialelia (uma característica depende de vários genes), também demonstram a complexidade da expressão gênica, em uma dinâmica não linear, de relações múltiplas e causalidade recursiva entre genes e características fenotípicas (MAZZOCHI, 2008 MORIN, 2005). Cabe ao professor deixar claro aos estudantes que esses casos não são meras exceções, mas extremamente

abundantes e ainda mais complexos que os exemplos dados em aula. Muitas vezes isso é até falado, mas o uso de exemplos simplificados a todo momento pode trazer ao estudante, e até mesmo ao professor, uma noção muito pobre da complexidade das interações, seja em genética, como em bioquímica, fisiologia, ecologia e até mesmo em psicologia, história, ciências sociais.

Este jogo ainda pode além de ensinar genética, possuir uma função de educação ambiental para escolas e mesmo para o ensino informal. Com isso, não estamos classificando a Educação Global como uma forma de Educação Ambiental tradicional, concordamos com autores do campo que alegam que esta teoria educativa possui uma atuação mais ampla e profunda, considerando o ser humano como intrínseco ao meio ambiente (SELBY, 2000), sendo parte da teia de relações entre os seres vivos e os aspectos abióticos da biosfera. Dessa forma, a filosofia e visão de mundo passa da antropocêntrica (centrada no homem) para uma visão biocêntrica (centrada na vida como um todo) e ecocêntrica (centrada na importância das relações ecossistêmicas e de todos seus participantes). Mas qualquer jogo por si só não é o suficiente para estimular essa mudança de visão, dependendo dos professores ou facilitadores o estímulo a essa mudança de perspectiva no processo de ensino-aprendizagem junto dos estudantes.

A repetição cíclica de mudança ambiental, seleção natural e seleção artificial foi geralmente suficiente por si só para que os estudantes percebam que a estratégia principal do jogo seja de aumentar a diversidade genética e fenotípica para aumentar as chances de haver sempre indivíduos sobreviventes, mas dependendo do grupo de estudantes pode ser importante um estímulo e algumas dicas do professor para que essa percepção aconteça ao máximo depois de quatro rodadas de jogo. Durante nossa experiência, porém, alguns já perceberam isso no início do jogo e muitos outros já na segunda rodada.

Essas relações estabelecidas pelos estudantes demonstram o caráter do jogo como parte e não fim do processo de aprendizagem. Segundo Kishimoto (1996), o jogo não é o fim, mas o eixo que conduz a um conteúdo didático específico, resultando em um empréstimo da ação lúdica para a aquisição de informações. Aprender é estabelecer relações entre conhecimentos que já possuíamos e os novos. Essa aprendizagem será sempre útil para que possamos continuar aprendendo, ou seja, ela não é finita (Hermann e Araújo 2013).

6.2 Possibilidades de Redesign:

Com a análise dos relatos dos professores, das percepções dos alunos e também com novas reflexões do autor, pensamos em propostas de redesign do jogo físico e da intervenção pedagógica.

Uma importante questão se refere às limitações do uso do jogo dependendo do número de estudantes em uma mesma sala de aula. É aconselhável que para cada tabuleiro joguem juntos no máximo 10 estudantes, a vivência tende a ficar mais empobrecida com mais estudantes. Em salas com 40 a 50 estudantes pode ser difícil acompanhar todos os tabuleiros ou mesmo ter condições financeiras ou práticas para tanto. Esse é um grande aspecto a ser pensado no redesign. Possíveis soluções seriam a criação de papéis diferentes para cada jogador ou subgrupo de jogadores, como de estarem encarregados apenas com a primeira reprodução, a segunda, o sorteio dos parâmetros ambientais e seleção natural, e a descrição dos acontecimentos na ficha de eventos. Esses papéis deveriam então passar por revezamento cíclico, de forma que todos tenham participado de todos eles até o final do jogo. Apesar de assim cada pessoa se responsabilizar por uma pequena parte dos acontecimentos, sua atenção é colocada sobre o jogo o tempo inteiro e isso desenvolve nos estudantes a sensação de participar de uma organização maior, como acontece quando se trabalha em uma empresa, órgão estatal ou ONG.

Também há um excesso de elementos no jogo, dentre peças, fichas, tabuleiro e materiais de apoio. A união dos materiais de apoio, junto da explicação inicial e mesmo de respostas de dúvidas e sugestões pedagógicas poderia se constituir em um livreto que serviria como guia e manual de instruções do jogo. Este manual poderia ter uma versão para o(a) professor(a) e outra para os estudantes.

As plantas em nosso jogo foram feitas de peças de montar semelhantes ao Lego (r), que estavam disponíveis no IFSC. O uso de qualquer tipo de peça de montar de diferentes cores poderia ser utilizado. Outra possibilidade às vezes mais barata seria o uso de imagens de uma flor genérica, com folhas, impressas em um papel em que poderiam ser coloridas suas partes, inventando códigos específicos para modificação das folhas (como por exemplo, formatos diferentes de folhas, com pedaços de papel já recortados anteriormente, ou apenas pintando em tons diferentes de verde um mesmo modelo de desenho) e escrevendo os genótipos das plantas dentro, acima, abaixo ou ao lado delas. Muitos modelos desses poderiam então ser reutilizados

assim que necessário (quando um fenótipo de planta morre, pode vir a retornar como prole em uma geração posterior).

Caso o jogo possa ser desenvolvido e partilhado em grande escala, poderia ser possível buscar a manufatura de modelos das plantas em miniaturas, com encaixes entre suas partes para simular as “plantas alienígenas” perfeitamente e suas variações fenotípicas, esse seria o ideal segundo as falas de alguns estudantes que participaram do jogo.

Quanto a colocar uma meta específica para o jogo, é importante perceber que há uma meta oculta no jogo de manter e/ou aumentar a diversidade genética da população como um todo. A meta sugerida poderia deslocar o foco e o aprendizado através da descoberta. Porém dependendo do contexto seria possível criar alguma meta diferente, o que iria requerer outras mudanças, inclusive de objetivo para o jogo. Se os estudantes tiverem a oportunidade de realizar o jogo mais de uma vez, por exemplo, poderia ser perfeitamente aplicável a inclusão de novas metas, talvez colocado como “nível II” de dificuldade. Outra possibilidade seria o desmembramento do jogo em jogos mais simples, cada um com objetivos de aprendizado diferentes e metas diferentes.

O aperfeiçoamento da explicação pode ser muito importante, tanto para que a complexidade da dinâmica possa ser bem assimilada, quanto uma melhor contextualização temática e desenvolvimento das habilidades de cooperação durante o jogo. Mas também é essencial perceber que o senso de cooperação também irá fazer parte do aprendizado, assim como o senso investigativo e a captação da complexidade, portanto a explicação deveria ser satisfatória para o início do jogo, mas sem trazer todas as respostas, sem delimitar completamente o que se deve fazer.

A cooperação no jogo poderia também ser estimulada de outras maneiras, como através da criação de diferentes personagens atribuídos a cada jogador, com funcionalidades diferentes, mas todos essenciais para a realização da meta principal do jogo. Estes personagens poderiam ter profissões diferentes e a conservação da espécie de plantas ser o objetivo em comum de uma equipe multidisciplinar. Assim a participação de todos seria garantida, com uma colaboração mais igualitária, mesmo que diversificada. Certamente aumentaria a complexidade envolvida no jogo e a necessidade de um planejamento mais detalhado ainda, além da necessidade de explicar um pouco cada função dos personagens. Também seria um adicional em peças, pois ao menos seriam necessárias fichas dessas profissões com informações das mesmas, embora fosse possível haver um certo grau de liberdade para desenvolvê-los de acordo com a imaginação dos jogadores.

Para além das modificações físicas e na dinâmica do jogo, algumas novas possibilidades de abordagem podem enriquecer futuras intervenções pedagógicas que utilizem este recurso. Portanto o redesign pode ocorrer não apenas na versão física do jogo em si, mas na forma como ele pode vir a ser utilizado, embora ambas as questões se influenciam.

Em ecologia, o conceito mais interessante que foi explorado é o de estabilidade ecológica, que seria a persistência de um ecossistema em se manter próximo de um estado de equilíbrio e depende da resistência e da resiliência. A resistência é a capacidade de um ecossistema de manter seu equilíbrio estrutural apesar de distúrbios externos. A resiliência é a capacidade de voltar ao estado inicial de equilíbrio mesmo depois de um forte desequilíbrio causado por distúrbios externos. Geralmente resistência e resiliência são inversamente proporcionais, mesmo assim, a estabilidade ecológica resultante de ambos pode ser mensurada e ser classificada como baixa, média ou alta. Um ecossistema resistente pode ser comparado a um material duro que seja difícil de quebrar, já um resiliente a um material elástico, que pode ser pressionado ou alongado e volta a seu estado inicial. Um ecossistema de baixa estabilidade será pouco “duro” e pouco “elástico”, enquanto que um de alta estabilidade poderá ser muito “duro” e muito “elástico”, mesmo que provavelmente mais “duro” que “elástico” ou vice-versa, devido ao aspecto inversamente proporcional entre resistência e resiliência. O aumento da biodiversidade, assim como do número total de indivíduos, de uma comunidade de um ecossistema, costuma aumentar a estabilidade ecológica, com exceção, por exemplo, de espécies invasoras (BATASYAL, 1998; LOREAU e MAZANCOURT, 2013). Essa propriedade da diversidade pode ser percebida no jogo a nível de população, pois o aumento da diversidade genética de uma população também aumenta sua estabilidade. Por exemplo, quando ocorre mudança ambiental no jogo, se houver apenas quatro plantas mas todas com genótipos diferentes, é possível que ao menos duas delas sobrevivam. Mas se houver dez plantas, porém todas com o mesmo genótipo, é possível que uma mudança ambiental cause a morte de todas elas em uma mesma rodada. Não só o genótipo mas o fenótipo poderá ser determinante dessa variedade, pois o gene ‘f’ possui plasticidade fenotípica.

Além disso, percebemos que os elementos do jogo que simulam a seleção natural podem ser uma ótima maneira de aprender sobre evolução, distinguindo na prática os conceitos darwinianos dos de Lamarck. Porém é necessário ressaltar que não ocorre competição ou cooperação entre as plantas no jogo de forma explícita, relações importantes na seleção natural real, mas se pode deduzir que a competição ocorra à medida em que certas plantas têm vantagens ou desvantagens em relação às outras. Para que a evolução fosse simulada, seria

necessário prever mutações nos genes das plantas, que poderiam levar a maiores vantagens ou menos desvantagens.

Essa alteração é uma possibilidade de redesign, isso se tornaria simples de incorporar em um segundo momento de aplicação do jogo uma vez que os estudantes e professores já experienciaram da forma “tradicional”, conforme explicado no capítulo 3. Da mesma forma, se pode explorar outras importantes forças evolutivas com o jogo, como o neutralismo (mostrando que certas mutações não irão causar mudanças fenotípicas) e a deriva genética (simplesmente adicionando um parâmetro ambiental extra que seja um desastre natural em que, por exemplo, morre metade da população, que é excluída do tabuleiro de forma aleatória, ou apenas fazendo o mesmo na quarta rodada de uma partida do jogo; a continuação do jogo então iria tender para o aumento dos genótipos que sobraram). Assim, o(a) professor(a) poderia utilizar do modelo do jogo também para explicar a dinâmica evolutiva.. Também pode-se perguntar aos estudantes; “o que inicialmente fez essas plantas entrarem em perigo de extinção?” Certas explicações podem envolver o próprio acaso relacionado a catástrofes ambientais, mas outras possibilidades incluem questões ecológicas como o surgimento de espécies invasoras em seu ambiente, como possíveis predadores antes inexistentes ou mesmo espécies em alto nível de competição em relação a essas plantas. Outras questões ecológicas poderiam estar relacionadas ‘a influência “antrópica”, que no caso poderia ser considerada “alientrópica” - a existência de alguma forma de vida alienígena dominante que seja capaz de trazer grandes desequilíbrios nos ecossistemas daquele planeta. É importante ressaltar como apesar de nesse caso os seres humanos serem os “consultores ambientais” a buscarem a conservação dessa espécie, na realidade temos sido principalmente os atores desses desequilíbrios nos ecossistemas de nosso planeta. É interessante percebermos como nesse contexto somos tanto os “vilões” quanto os possíveis “heróis” da história.

A temática do jogo pode trazer grande interesse para os estudantes mais curiosos sobre vida em outros planetas, podendo ser interessante estimulá-los a pesquisar sobre a Astrobiologia. O Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia da USP fez um livro didático disponível online (USP, sd). No site sobre esse livro, onde é possível o download grátis, há essa definição:

A Astrobiologia é uma área recente de pesquisa científica, que procura entender o fenômeno da vida em nosso Universo, não se restringindo apenas à vida na Terra, ou mesmo à vida como a conhecemos. Ela aborda algumas das questões mais complexas sobre os sistemas biológicos, como sua origem, evolução, distribuição e futuro, na Terra e, possivelmente, em outros planetas e luas. Por ser multi e interdisciplinar é, acima de tudo, uma ferramenta para facilitar a comunicação e interação entre especialistas de diferentes áreas, e também com a população em geral, já que trata de temas que despertam o interesse geral.

Também pode ser interessante refletir como o planeta Terra é um grande sistema complexo, que se relaciona a um sistema maior ainda; o sistema Solar, que se relaciona à Via Láctea e ao Universo como um todo. Um aspecto dessa relação, que teve grande impacto sobre os seres vivos, foram as grandes extinções em massa ocorridas por impactos de meteoritos na Terra, junto de intenso vulcanismo, dentre elas a mais conhecida sendo a extinção da maior parte dos dinossauros, com alguns restantes sobreviventes sendo ancestrais primitivos das atuais aves (KELLER, 2005; CALDWELL, 2007).

O jogo Jardineiros Intergalácticos, portanto, tem um potencial enorme para um aprendizado em consonância com a Educação Global, explorando todas as suas dimensões, mas ajustes podem ser necessários para que este seja adequado para cada situação didática em que possa ser utilizado. A utilização do jogo no IFSC foi bem sucedida, mas é uma escola de ensino superior com muitos recursos e estudantes que tiveram bom desempenho escolar em sua maioria, até mesmo para que tenham conseguido entrar na instituição, que possui testes de admissão. Mas mesmo que o jogo seja utilizado em condições menos facilitadoras, desde que o professor esteja bem preparado para a realização da atividade, o aprendizado poderá ser muito rico. Jogos são estimulantes e muitas vezes os estudantes aprendem por jogos conceitos mais complexos que o que estão acostumados a aprender. O momento de reflexão posterior ao jogo, porém, é muito importante, pois é quando é possível consolidar o aprendizado e contextualizá-lo de forma mais ampla.

Outras atividades didáticas podem ser complementares ao jogo, caso sejam planejadas dentro do currículo pelo professor. A transdisciplinaridade da atividade proporciona a possibilidade de explorar diversos conceitos, esses podem se relacionar a muitos outros conceitos didáticos, portanto com potencial para muitos tipos de atividades diferentes. Assim, a complexidade pode ser utilizada a favor do itinerário didático do professor.

7 Considerações Finais

Um estudante nos deu uma carta de agradecimento, também elogiando o jogo e incentivando o uso de recursos didáticos lúdicos:

Desde o início eu já gostei de vocês, tenho uma quedinha por estagiários, eles são animados e gostam muito de fazer dinâmica e sair do cotidiano, por isso gosto tanto deles, e vocês fizeram isso tudo e se superaram, amei a dinâmica do jogo, sério. Não joguem esse jogo no fundo do armário, esse jogo é muito bom.

Não tenho muito a acrescentar, como dicas etc, Só um conselho, sempre sejam essas pessoas animadas, criativas e dinâmicas, não deixem esse trabalho maravilhoso, que é ser professor, cair no tédio, não se tornem os professores velinhos ranzinhas, só isso”. (E8, 16 anos)

Esses comentários, além de motivadores para os professores-estagiários, demonstram a importância do uso de atividades variadas no ensino, principalmente de ordem prática.

Para o autor deste trabalho, a realização deste foi um imenso desafio, pois entender uma teoria educacional como a Educação Global exigiu mudanças de perspectivas, muita investigação e reflexão de suas premissas. Além disso, para conciliar a criação de um jogo de tabuleiro, baseado nos jogos de tabuleiro modernos, com as necessidades pedagógicas da Educação Global, foi um processo árduo. Novamente é importante agradecer a professora-estagiária Ariana no compartilhamento de ideias e na co-criação do jogo.

A visão proporcionada por essas ideias poderá proporcionar a criação de novos jogos didáticos futuramente. Mas para a conclusão de algum jogo como esse novamente também será importante parceiros de trabalho, numa equipe multidisciplinar, caso seja ambicionada a divulgação do mesmo.

A argumentação do trabalho foi um processo de descoberta, pois apesar de muitas ideias serem pré-existentes, ao buscar por referências foi possível aprofundar o conhecimento baseado nessas ideias e mesmo perceber que são realistas e com potencial para muitas novas descobertas futuras. Essas descobertas trazem esperança para que estas novas visões possam influenciar positivamente a sociedade cada vez mais.

Referências Bibliográficas

ADAMS, E. & ROLLINGS, A. *Fundamentals of Game Design*. New Jersey: Pearson-Prentice Hall. 2007.

AMORIM, D. de S. Paradigmas pré-evolucionistas, espécies ancestrais e o ensino de Zoologia e Botânica. **Ciência&Ambiente**, n.36, p.5-10, 2008

ARAÚJO, M. M. F. de. O pensamento complexo: Desafios emergentes para a educação on-line. Secretaria de Educação do Estado da Bahia. Núcleo de Tecnologia Educacional. Revista Brasileira de Educação, v. 12, n. 36, set./dez., 2007.

AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: Um novo “paradigma”? Ver. Ensaio. Belo Horizonte. V.05. p. 68-83. 2003.

BASTOS, F.; DINIZ, R. E. S. (Orgs.). *Pesquisas em ensino de Ciências: contribuições para a formação de professores*. 5 ed. **São Paulo: Escrituras**, 2004. p. 95-110. (Educação para a ciência).

BANNAN-RITLAND, B. The role of design in research: The integrative learning design framework. *Educational Researcher*, 32(1), 21-24. 2003.

BARDIN, L. Análise de Conteúdo. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Edições 70, LDA. Título Original: L'Analyse de Contenu. Presses Universitaires de France, 1977.

BARNES, B. and SHAPIN, S. "Natural order: historical studies of scientific culture", Sage, 1979.

BATABYAL, A. A., "On Some Aspects of Ecological Resilience and the Conservation of Species" *Economic Research Institute Study Papers*. Paper 145. 1998. Disponível em: <<http://digitalcommons.usu.edu/eri/145>>

BECHELLI, Gisele. Resgatando os valores universais na educação através dos jogos cooperativos. – Monografia (Lato Sensu) - Centro Universitário Monte Serrat - Santos, 2005, 105 f.

BIZOTTO, F. M.; GHILARDI-LOPES, N.P.; SANTOS, C. M. D. A vida desconhecida das plantas: concepções de alunos do ensino superior sobre evolução e diversidade das plantas. 2016.

BGG. Images of Carcassone at Boardgamegeek. Disponível em: <<https://boardgamegeek.com/image/1924417/carcassonne>> Acesso em 10, Maio, 2017

_____. Images of Catan at Boardgamegeek. Disponível em: <<https://boardgamegeek.com/image/268855/catan>> Acessado em 10, Maio, 2017

BORGES, R. M. R; LIMA, V. M. R. Tendências contemporâneas do ensino de biologia no Brasil. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, Chile, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007. Disponível em: <<http://www.sauem.uvigo.es/reec/>>. Acesso em: 20 jul. 2007.

BOZANINI, T. K. *Avanços recentes em biologia celular e molecular, questões éticas implicadas e sua abordagem em aulas de biologia no ensino médio: um estudo de caso*. 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência) - Faculdade de Ciências, Bauru, 2005.

BRASIL. Ministério da Educação. Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias, 2. Brasília: SEB, 2006.

_____. Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. Brasília: Semtec, 1999.

_____. PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Semtec, 2002.

BRAVIM, E. Os Recursos Didáticos e sua Função Mediadora nas Aulas de Matemática: Um Estudo de Caso nas Aldeias Indígenas Tupinikim Pau-Brasil do Espírito Santo. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Federal do Espírito Santo: Vitória, 2007.

BROTTO, F. Jogos cooperativos: o jogo e o esporte como um exercício de Convivência. 1999. 209 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física). Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

BROWN, A.L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.

BRUNO NETO, R. Sistema nervoso: aspectos neurológicos da aprendizagem e de seus transtornos. DCM – MUDI / UEM, 2008.

BUCHANAN, R. Design research and the new learning. *Design Issues*, 17(4), 3-23. 2001.

CARABETTA, V. J. Uma investigação microgenética sobre a internalização de conceitos de biologia por alunos do ensino médio. *Revista Contemporânea de Educação*, Rio de Janeiro, v. 5, n. 10, p. 1-10, 2010.

CALDWELL, B. The K-T Event: A terrestrial or extraterrestrial cause for dinosaur extinction? *Upsalla Universitet. Essay in Paleontology* 5p. Nr:1. 22 August, 2007.

CASTAÑEDA, L. A. História Natural e as ideias de geração e herança no século XVIII: Buffon e Bonet. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, II (2), 33-50, Jul.-Out. 1995.

CASTRO, E.C. V; LEYSER, V. A ética no ensino de evolução. In: MORTIMER, E.(Org). 6., 2007, Florianópolis. *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2008.

CICILLINI, G. A. *A produção do conhecimento biológico no contexto da cultura escolar do Ensino Médio: a Teoria da Evolução como exemplo*. 1997a. 283f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CICILLINI, G. A. Formas de interação e características da fala do professor na produção do conhecimento biológico em aulas de Biologia do Ensino Médio. In: MOREIRA, M. A.; ZYLBERSZTAJN, A.; DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. (Orgs.). ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 1, 1997b, Águas de Lindóia. *Atas...* Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 1997b. p. 256-63.

CICILLINI, G. A. Concepções de Evolução de professores em escolas públicas do Ensino Médio. In: IV ESCOLA DE VERÃO, 4, 1998, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia: UFU, 1999. p. 127-31.

CARNEIRO, A. P. N.; ROSA, V. L. “Três aspectos da evolução” – concepções sobre Evolução Biológica em textos produzidos por professores a partir de um artigo de Stephen Jay Gould. In: MOREIRA, M. A. (Org.). ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4, 2003, Bauru. *Atas...* [Porto Alegre: s.n.], 2004. 1CD.

CHAVES, S. N. *Evolução de idéias e idéias de evolução: a Evolução dos seres vivos na ótica de aluno e professor de Biologia do ensino secundário*. 1993. 117f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CAPRA, F. (1996) *The Web of Life: a new scientific understanding of living systems* (1ª edição). New York: Anchor Books.

CAPRA, F. *O Tao da Física*. Tradução de Maria José Quelhas Dias e José Carlos Almeida. Editorial Presença, Lda., Lisboa, 1989.

CAPRA, F., Steindl-Rast, D. e Matus, T. (1991). *Belonging to the universe: explorations on the frontiers of Science and spirituality* (1ª ed.). San Francisco, Calif.: HarperSanFrancisco.

CARDOSO-SILVA, C. B.; OLIVEIRA, A. C. Como os livros didáticos de biologia abordam diferentes formas de estimar a biodiversidade? *Ciência & Educação*, Bauru, v. 19, n. 1, p. 169-180, 2013.

COLLINS, A. *Toward a Design Science of Education*. In E. Scanlon & T. O'Shea (Eds.), *New directions in educational technology* (pp. 15-22). New York: Springer-Verlag. 1992.

COLLINS A, Joseph D, Bielaczyc K. Design research: theoretical and methodological issues. *J learn Sci*. 13(1):15-42. 2004.

CREATION AND PLAY. Carcassonne, 2006. Disponível em: http://creationandplay.blogspot.com.br/2006_06_01_archive.html. Acesso em: 20 Nov. 2012.

DANIEL, E. A. *Concepções de futuros professores da escola básica sobre Evolução dos seres vivos: implicações para a prática docente*. 2003. 92f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru.

DESIGN-BASED RESEARCH COLLECTIVE. Design-Based Research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8, 35-37. 2003.

DOBZHANSKY, D. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, vol. 35, p. 35. 1973.

DRMEEPLE. Jogos de tabuleiro moderno? O que são? 2016. Disponível em: <https://drmeeples.wordpress.com/2016/09/02/jogos-de-tabuleiro-moderno-o-que-sao/> > Acesso em 27 de Maio de 2017.

DRYDEN, Gordon e VOS, Jeanette. **Revolucionando o Aprendizado**. São Paulo: Makron Books, 1996.

DUFFY, O. Board games' golden age: sociable, brilliant and driven by the internet. *The Guardian*. 2014. Disponível em: <https://www.theguardian.com/technology/2014/nov/25/board-games-internet-playstation-xbox> > Acesso em 23 de Maio de 2017.

EASTERDAY, M.; LEWIS, D.; GERBER, E. Design-Based Research Process: Problems, Phases and Applications. *The International Conference for Learning Sciences (ICLS)*. 2014.

FERREIRA, F. S.; BRITO, S. V.; RIBEIRO, S. C.; SALES, D. L.; ALMEIDA, W. O. A zoologia e a botânica do ensino médio sob uma perspectiva evolutiva: uma alternativa de ensino para o estudo da biodiversidade. *Cad. Cult. Ciênc.* v. 2, n. 1, p. 58-66. 2008.

FERREIRA, M. S.; A, A. C.R. (Orgs.). **Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa.** Niterói: Eduff. 2005, p. 76-81.

FUTUYMA, D. J. *Biologia Evolutiva.* 2 ed. Tradução M. Vivo. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1992. 631p.

GAARD, G.C. Rumo ao ecofeminismo queer. University of Wisconsin – Riverfalls, United States. *Revista Estudos Feministas.* 2011.

GARCIA, J.E. & RIVERO, A. - La transición desde un pensamiento simple a outro complejo, en el caso de la construcción de nociones ecológicas. *Investigación en la Escuela* 28: 23-36. 1996.

GIACÓIA, L. R. D. *Conhecimento básico de genética: concludentes do ensino médio e graduandos de Ciências Biológicas.* 2006. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual de São Paulo, Bauru, 2006.

GOBET, F.; RETSCHITZKI, J.; VOOGT, A. **Moves in Mind: The Psychology of Board Games.** Psychology Press, 2004.

GOULD, S. J. Biological Potentiality vs Biological Determinism. From: **Ever Since Darwin,** W.W. Norton, 1977.

GRAY, E. D. *Green Paradise Lost.* Wellesley, MA: Roundtable Press. 1979.

HERMANN, F.B. e ARAÚJO, M. C. P. **Os jogos didáticos no ensino de genética como estratégias partilhadas nos artigos da revista genética na escola.** VI EREBIO-Sul e XVI Semana Acadêmica de Ciências Biológicas da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), de Santo Ângelo, RS. 2013.

HINEBAUGH, J. P. **A Board Game Education.** R&L Education, 2009.

HOADLEY, C. M. Methodological alignment in design-based research. *Educational Psychologist*, 39(4), 203-212. 2004.

HOUSTON, J. *The Possible Human,* J.P. Tarcher, 1982, pg. 15. 1982.

IANNUZZI, R.; SOARES, M. B. Teorias Evolutivas. In: CARVALHO, I. S. (Ed.). *Paleontologia.* Rio de Janeiro: Interciência, 2000, cap. 5, p. 61-81.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. Teaching Evolution and Natural Selection: A Look at Textbooks and Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, v.31, n.5, p. 519-35, 1994.

KELLER, G. Impacts, volcanism and mass extinction: random coincidence or cause and effect? *Australian Journal of Earth Sciences*, 52, (725-757), 2005.

KELLY, A. Design research in education: Yes, but is it methodological? *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 115-128. 2004.

- KELLY, A. E. Quality criteria for design research. *Educational Design Research*, 107-118. 2006.
- KEYS, B.; WOLFE, J. The Role of Management Games and Simulations in Education and Research. **Yearly Review, Journal of Management**, v. 16, n. 2, p. 307-336, 1990.
- KISHIMOTO, T. M. **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. Cortez, São Paulo, 1996.
- LIBÂNEO, J. C. *Adeus professor, adeus professora?* São Paulo: Cortez, 2001.
- LICATTI, F. O ensino de Evolução Biológica no ensino médio: investigando concepções de professores de Biologia. Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru. 2005.
- LISBET, K. *Linnaeus: Nature and Nation*. Harvard: Harvard University Press. ISBN 978-0-674-09745-2. 1999.
- LOREAU, M. e MAZANCOURT, C. Biodiversity and ecosystem stability: a synthesis of underlying mechanisms. *Ecology Letters*, 16: 106-115. 2013.
- MAYR, E. *Toward a new Philosophy of Biology: observations of an evolutionist*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1988.
- MATURANA, Humberto R.; VARELA, Francisco J. *A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana*. São Paulo: Palas Athena, 2001.
- MCDONALD, J. **Exam Review Strategies**, 2004. Disponível em: <http://www.wlu.ca/documents/107/Exam_Review_Strategies_Packages.pdf>. Acesso em 12 Ago. 2011.
- MELO, J. R. e CARMO, E. M. Investigações sobre o ensino de genética e biologia molecular no ensino médio brasileiro: Reflexões sobre as publicações científicas. In: **Ciência & Educação** 15:(3), p. 593-611, 2009.
- MEYER, D. e EL-HANI, C.N. **Evolução: o sentido da biologia**. São Paulo: Editora UNESP. 2005. 132p.
- MIRANDA, S. No fascínio do jogo, a alegria de aprender. *Ciência Hoje*, v. 28, n. 168, p. 64-66, 2001.
- MORAES, M. C. O paradigma educacional emergente: implicações na formação do professor e nas práticas pedagógicas. *Em Aberto*, Brasília, ano 16, n. 70, p. 57-69, abr./jun. 1996. Tecendo a rede, mas com que paradigma? In: MORAES, Maria Cândida (Org.). *Educação a distância: fundamentos e práticas*. Campinas: UNICAMP/NIED, 2002.
- _____, M. C. *Pensamento eco-sistêmico: educação, aprendizagem e cidadania no século XXI*. Petrópolis: Vozes, 2004. Pressupostos teóricos do sentirpensar. In: MORAES, Maria Cândida; TORRE, Saturnino de la. *SentirPensar: fundamentos e estratégias para reencantar a educação*. Petrópolis: Vozes, 2004b.
- MORIN, E. *Ciência com consciência*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998
- _____, E. *O Método 1: a natureza da natureza*. Porto Alegre: Sulina, 2003.

_____, E. *Educar na era planetária: o pensamento complexo como método de aprendizagem no erro e na incerteza humana*. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2003.

_____, E. *Introdução ao pensamento complexo*. Porto Alegre: Sulina, 2005.

MOTOKANE, M.T. e TRIVELATO, S.L.F. Reflexões sobre o ensino de Ecologia no Ensino Médio. FEUSP. II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. 1999.

MUNIZ, I. Os Jogos Cooperativos e os processos de interação social. Dissertação (Mestrado em Educação Física). Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo, 2010.

NICHOLSON, S. Modern board games: It's not a Monopoly any more. *Library Technology Reports* 44(3). 8-10, 38-39. 2008.

OLEQUES, L. C.; BOER, N.; TEMP, D. S., e SANTOS, M. L. B. Evolução biológica como eixo integrador no ensino de biologia: concepções e práticas de professores do ensino médio. Em Martins, I.; Marandino, M.; Giordan, M. (Orgs.), *Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, (12p.). Campinas: ABRAPEC. 2011. Recuperado de <http://www.nutes.ufrr.br/abrapec/viiiienpec/resumos/R1066-1.pdf>.

OLIVEIRA, D. B. G.; SOUZA, L. B. M. L.; LUZ, C. F. S.; SOUZA, A. L. S.; BITENCOURT, I. M.; SANTOS, M. C.. *O Ensino de Zoologia numa perspectiva evolutiva: análise de uma ação educativa desenvolvida com uma turma do Ensino Fundamental*. 2011. In: Associação Brasileira de Pesquisa e Educação em Ciências – ABRAPEC.

ORLICK, T. *Vencendo a competição*. São Paulo: Círculo do Livro, 1989.

PIKE, G. e SELBY, D. *In the Global Classroom: Book One*. Toronto: Pippin Publishing. 1999. 256pp.

_____. *Educação Global: o aprendizado global, volume 1*. Tradução de Sandra Galeotti. Textonovo, São Paulo, 1999.

_____. *In the global classroom 2*. Toronto, Ont.: Pippin Publishing. 2000.

PLUMWOOD, V. *Feminism and the Mastery of Nature*. New York: Routledge, 1993.

PRENSKY, M. **Don't Bother Me Mom--I'm Learning!** Paragon House Publishers, 2006.

PRETTO, Nelson. *Educação e inovação tecnológica: um olhar sobre as políticas públicas brasileiras*. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 20., Caxambu, 1997. *Anais...* Caxambu: ANPED, 1997. Disponível em: <<http://www.ufba.br/~pretto/textos/rbe11.htm>>. Acesso em: 30 jul. 2006.

PRIGOGINE, Ilya. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. Trad. de Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora da Universidade Paulista, 1996.

QUERUBINO, A. L. V.G. e MITTMAN, J. **Uma proposta lúdica para o ensino de genética e biologia molecular no ensino médio**. XV INIC, XI EPG, V INIC Jr., Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP – Urbanova, São José dos Campos, SP. 2011.

RODRIGUES, S. P. *Uma contribuição para o ensino da sistemática em sala de aula: relato de experiências sobre a classificação de animais de Aristóteles e Linné*. São Paulo: PUC, 2009.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. **Rules of Play: Game Design Fundamentals**. The MIT Press, 2003.

SANTOS, M. A. Educação para a cidadania global: explorando seus caminhos no Brasil. São Paulo: Textonovo, 2006.

SAVI, R.; ULBRICHT, V. R. Jogos Digitais Educacionais: Benefícios e Desafios. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 6, p. 1-10, 2008.

SAVI, R. Avaliação de jogos voltados para a disseminação do conhecimento. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Programa de pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, UFSC, Florianópolis.

SCHEID, N. M. J., FERRARI, N., DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. In: **Ciência & Educação** 11:(2), p. 223-233, 2005.

SELBY, D. Kaleidoscopic mindset: new meanings within citizenship education. *Global Education*, 2, 20-31. 1994.

_____. A Darker Shade of Green: The Importance of Ecological Thinking in Global Education and School Reform. **Theory into Practice** 39 no2 88-96 Spr 2000.

SELBY, D; PIKE, G. CIVIL GLOBAL EDUCATION: Relevant Learning for the Twenty-First Century. *Convergence* (Toronto, Ont.) vol.33. pg. 138-49. 2000.

SELLES, S. E., FERREIRA, M. S. Disciplina escolar Biologia: entre a retórica unificadora e as questões sociais. In: MARANDINO, M.; SELLES, S. E.;

MEAD, M. N. Nutrigenomics: The genome-food interface. *Environmental Health Perspectives*. Vol. 115, num. 12, Dezembro, 2007.

SEETO D, HERRINGTON J. Design-based research and the learning designer [Internet]. In: *Proceedings of 23° Ascilite Conference; 2006; Sydney; Austrália*. Sydney: University of Sydney; 2006. p. 741-5 [acesso 2014 Jun 20]. Disponível em: http://www.ascilite.org.au/conferences/sydney06/proceeding/pdf_papers/p177.pdf

SICART, M. Defining game mechanics. 2008. Disponível em: <http://gamestudies.org/0802/articles/sicart>

SOUSA, M. Quando um jogo de tabuleiro é melhor que um jogo de vídeo. P3. 2015. Disponível em: <http://p3.publico.pt/actualidade/desporto/15446/quando-um-jogo-de-tabuleiro-e-melhor-que-um-jogo-de-video> >

SOUZA, S. E. O USO DE RECURSOS DIDATICOS NO ENSINO ESCOLAR. In: I Encontro de Pesquisa em Educação, IV Jornada de Prática de Ensino, XIII Semana de Pedagogia da UEM: “Infância e Práticas Educativas”. Arq Mudi. 2007.

STRUCHINER, M.; RAMOS, P.; SERPA JUNIOR, O. D. Desenvolvimento e implementação de um ambiente virtual de aprendizagem na área da Saúde: uma experiência de pesquisa baseada em design. *Revista Interface*. 20(57): p. 485-95. 2016.

THOMPSON, J.; BERBANK-GREEN, B.; CUSWORTH, N. **Game Design: Principles, Practice, and Techniques - The Ultimate Guide for the Aspiring Game Designer**. 1. ed. Wiley, 2007.

TIDON, R.; LEWONTIN, R. C. Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, v.27, n.1, p.124-31, 2004.

USP. NÚCLEO DE PESQUISA EM ASTROBIOLOGIA. Astrobiologia - uma ciência emergente. Sem Data. Disponível em: <<http://www.tikinet.com.br/iag/default.asp>> Acesso em 25 de Maio de 2017.

VAN DEN AKKER J. Principles and methods of development research. In: Van den Akker J, Branch RM, Gustafson K, Nieveen N, Plomp T, editors. Design approaches and tools in education and training. Netherlands: Kluwer Academic Publishers; 1999. p. 1-14.

VAN DER STEGE, H. A.; VAN STAA, A.; HILBERINK, S. R.; VISSER, A. P. Using the new board game SeCZ TaLK to stimulate the communication on sexual health for adolescents with chronic conditions. **Patient Education and Counseling**, v. 81, n. 3, p. 324-331, 2010.

WANG F, HANNAFIN MJ. Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educ Technol Res Dev*. 2005; 53(4):5-23.

ZANON, D. A.; GUERREIRO, M. A. S.; OLIVEIRA, R. C. Jogo didático ludo químico para o ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos: projeto, produção, aplicação e avaliação. *Ciência e Cognição*. V. 13, n. 1, 2008. p. 72-81.

ANEXO A – Descrição

Avaliação do jogo Jardineiros Intergaláticos

Quanto ao aprendizado:

- Você acha que o jogo permitiu que você utilizasse os conteúdos ensinados em aulas anteriores?
- Você aprendeu novos conceitos ou relações entre conceitos? Quais?
- Você acredita que consegue contextualizar melhor o conteúdo a diferentes situações após o jogo? Se possível, dê algum exemplo.
- O que você acha mais positivo na atividade do jogo proposta? E que você menos gostou? Justifique sua resposta.

Quanto a complexidade do jogo:

- Você achou que o as regras do jogo foram fáceis de entender junto com o material de apoio dado? Explique.
- Você achou algum conteúdo didático relacionado ao jogo difícil de entender através dele? Explique.
- O que você mudaria no jogo para melhor compreensão ou mesmo para maior entretenimento?

Quanto a participação do grupo:

- Você acha que o jogo se desenvolveu de forma colaborativa?
- A equipe trabalhou de forma conjunta para atingir o objetivo? Responda com exemplos.
- Durante o jogo, o trabalho em equipe auxiliou no seu aprendizado ou atrapalhou? Por quê?