

## JOGO GALÁPAGOS: A EXTINÇÃO E A IRRADIAÇÃO DE ESPÉCIES NA CONSTRUÇÃO DA DIVERSIDADE BIOLÓGICA

Marcus Vinícius de Melo Oliveira, Walter Santos de Araújo, Ana Claudia de Oliveira, Thannya Nascimento Soares

Departamento de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia, Caixa Postal 131, CEP 74001-970, Goiânia, GO, Brasil.

E-mail: [oliveira\\_mvmm@hotmail.com](mailto:oliveira_mvmm@hotmail.com)

Palavras-chaves: ensino de evolução, processos evolutivos, irradiação e extinção.

### Resumo

Este jogo é uma alternativa à carência de metodologias práticas para o ensino de evolução no ensino médio e tem por objetivo ajudar no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos de extinção e irradiação de espécies. O jogo tem como objetivo simular o que ocorre na natureza de acordo com as condições ambientais e ecológicas que forcem as espécies a se dispersarem na tentativa de colonizar novos habitats e nichos. O conhecimento e a compreensão das interações entre os processos de extinção e irradiação é o grande propósito desta simulação.

### Introdução

O ensino de genética e evolução no ensino médio tem apresentado resultados preocupantes em algumas pesquisas, sobretudo no que diz respeito à aprendizagem dos alunos. Segundo Scheid & Ferrari (2006) nem mesmo os conceitos básicos dessas disciplinas são compreendidos pelos estudantes ao final do ensino médio.

Os principais agravantes dessa realidade se refletem na dificuldade de transposição e na falta de domínio dos conteúdos (Mello, 2007; Tidon & Lewontin, 2004), e na carência de metodologias alternativas para fixação desses conceitos (Goedert, 2004). Os dois primeiros agravantes são devidos à má formação curricular dos profissionais docentes, ao passo que o último está associado ao descomprometimento com a contextualização dos conteúdos (Mello, 2007).

Os conceitos de extinção e irradiação e suas interações são muito importantes para compreensão do processo evolutivo (Ridley, 2006). Nesse contexto, para se trabalhar conteúdos de caráter exclusivamente teóricos, como os processos de extinção e irradiação de espécies, faz-se necessário o uso de metodologias alternativas para melhor compreensão e fixação por parte dos alunos (Goedert, 2004).

Os tentilhões de Darwin são os exemplos mais clássicos de como a seleção natural atua na irradiação de espécies (Mori *et al.*, 2006). No Arquipélago de Galápagos, ao longo do tempo, uma única espécie de tentilhão deu origem às 13 conhecidas atualmente (Ridley, 2006). Inicialmente, isso se deu principalmente devido a pequenas modificações morfológicas no formato do bico dos indivíduos da espécie, formando assim várias sub-populações, cada uma pré-adaptada a explorar um determinado tipo de recurso (Mori *et al.*, 2006). Com o passar do tempo, surgiu o isolamento reprodutivo entre elas, culminando na irradiação da grande variedade de tentilhões que hoje ocupam Galápagos.

O caso dos tentilhões é o resultado de uma série de interações entre extinção e irradiação, que diminuem e aumentam, respectivamente, a diversidade da vida. A biodiversidade conhecida atualmente é, nesse contexto, o resultado de longos processos sucessivos de irradiação e extinção de espécies (Ridley, 2006). Desse modo, a compreensão de como esses dois processos estão caminhando paralelamente ao longo do tempo é fundamental para que os alunos entendam evolução (Ridley, 2006).

### Objetivo da atividade

Neste trabalho é utilizado um jogo de dados que tem por objetivo auxiliar no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos de extinção e irradiação de espécies na manutenção da diversidade biológica. A atividade é voltada para estudantes de ensino médio, mas também pode ser aplicado à graduação, uma vez que o aprofundamento teórico do assunto fica a critério do professor. O jogo tem como objetivo simular o que ocorre na natureza quando as condições ambientais e ecológicas forcem as espécies a se dispersarem na tentativa de colonizar novos habitats e nichos.

### Preparando a Atividade

A duração da atividade deve ser em torno de 30 minutos, sendo os 15 minutos iniciais para a aplicação do jogo propriamente dito, e os 15 minutos finais, para a discussão. Para jogar os alunos deverão formar grupos pequenos, de quatro a seis integrantes.

O professor deverá preparar os materiais abaixo:

- Dois dados de cores diferentes (sugerimos amarelo e vermelho);
- Duas massinhas de modelar para moldar os vulcões;
- Imprimir todo o material, incluindo tabelas e cartas, no final da atividade em papel A4; recortar os botões numerados, cartas e tabelas e colar em papelão.
- Também é possível montar o jogo utilizando:
- Duas cartolinas brancas de 29 cm x 38 cm;
- Sete (7) cores de canetinhas ou lápis de cor para desenhar e pintar as ilhas em cada cartolina (modelo final da atividade) sendo que a ilha grande tem 15 cm x 9 cm e as ilhas satélites, têm 5cm x 5 cm;

Seis (6) diferentes cores de botões, sendo quatro (4) botões numerados, de cada cor (ao final serão 24 botões para cada tabuleiro). Ex: botões azuis nº 1.

### Jogo Galápagos: Extinção e Irradiação

**Prólogo.** O jogo se dá no Arquipélago de Galápagos constituído por suas várias ilhas (Figura 1). A maior delas, a Grande Ilha, apresenta uma grande população de uma espécie de Tentilhão, enquanto as demais estão desabitadas. Essa população é constituída por indivíduos que diferem entre si quanto à morfologia do bico, podendo ser classificados em subpopulações de Tentilhões (Tentilhão 1, Tentilhão 2..., Tentilhão 6), como mostra a Figura 2. Cada forma de bico está associada a um tipo preferencial de semente das quais os Tentilhões se alimentam. Inicialmente os recursos alimentares disponíveis na ilha são suficientes para manter a população. Em função disto a população está aumentando e com o passar do tempo, há escassez de recursos na Grande Ilha, forçando os indivíduos a dispersarem para as outras ilhas. Cada uma das ilhas oferece um tipo de recurso diferente, de modo que cada uma das subpopulações de Tentilhões só conseguirá sobreviver na ilha que ofereça recursos que possa explorar (pré-adaptação). Por exemplo, para que o Tentilhão 1 sobreviva, ele deve dispersar para a ilha 1, uma vez que só nessa ilha ele encontrará recursos que possa explorar por possuir pré-adaptação para este local para ter sucesso e conseguir se manter.

As subpopulações em seus novos ambientes, ao longo do tempo evolutivo, formarão novas espécies (especiação alopátrica) a partir da mesma espécie de Tentilhão (ancestral comum), simulando assim o processo de irradiação adaptativa. É importante ressaltar que na Grande Ilha há um vulcão o “Gran Thannya”, que entrará em erupção em trinta rodadas, extinguindo toda a vida no local (Figura 2).

**Objetivo do jogador.** O objetivo do grupo é fazer com que as subpopulações de Tentilhões consigam colonizar, sobreviver e explorar novos recursos no máximo de ilhas possíveis, antes que o “Gran Thannya” venha a explodir.

**As peças do jogo.** O jogo contém dois tabuleiros, sendo um para cada grupo. Cada tabuleiro é constituído por uma ilha principal e seis ilhas satélites (veja anexo ao final). As populações de Tentilhões serão simbolizadas por discos coloridos numerados. No jogo haverá o dado da subpopulação (amarelo) e o dado da especiação/extinção (vermelho).

**Regras do jogo.** Cada participante jogará o dado amarelo uma vez por rodada, sendo que, quando ele alcançar três vezes o número/cor de uma subpopulação, ele conseguirá o direito de jogar o dado da especiação/extinção (vermelho). Ao lançar o dado vermelho se ele conseguir número referente à sua respectiva ilha, ocorre a colonização e a conseqüente especiação da subpopulação na ilha (Figura 4A). Caso isso não ocorra, aquela subpopulação será levada à extinção (Figura 4B). Os resultados de cada rodada, aumento das subpopulações, extinção e especiação, serão marcados em fichas, como ilustrado na Figura 5 (A, B e C, respectivamente). O jogo terminará ao final de trinta rodadas, quando o “Gran Thannya” explodirá, causando uma extinção em massa na Grande Ilha. Dessa forma, o vencedor do jogo será aquele que tiver formado o maior número de espécies de Tentilhão.

### Entendendo a Atividade

- 1- Qual o motivo que levou os tentilhões a migrarem para outras ilhas?
- 2- O que aconteceu com os tentilhões que migraram para a ilha que não continha o recurso apropriado à sua sobrevivência?
- 3- O que houve com os que migraram para a ilha certa?
- 4- Os resultados das duas cartelas são iguais? Por quê?
- 5- A partir do jogo é possível concluir quais as relações entre os processos de extinção e irradiação na manutenção da diversidade biológica?

### Respostas às Questões Entendendo a Atividade

- 1- O aumento no tamanho das subpopulações fez com que os recursos necessários para cada uma delas se tornassem cada vez mais escassos, por conseqüência a competição entre os indivíduos aumentou, dificultando a sobrevivência no mesmo local. Essas “pressões” levaram os tentilhões à necessidade de buscarem novos habitats.
- 2- Cada subpopulação de tentilhão estava pré-adaptada a um determinado tipo de recurso (mesma cor). Desse modo, as subpopulações de tentilhões que migravam para ilhas que apresentavam recursos diferentes, aos quais não estavam adaptados, não conseguiam se manter e eram levadas à extinção.

- 3- Os tentilhões que migraram para as ilhas certas (de mesma cor) encontraram recursos que conseguiam explorar. Tais tentilhões colonizaram essas novas ilhas e, com o passar do tempo, devido ao isolamento geográfico e reprodutivo, deram origem a uma nova espécie de tentilhão (incapaz de se reproduzir com a espécie que lhe deu origem).
- 4- Provavelmente os resultados das duas cartelas não são iguais. Como os processos de irradiação e extinção no jogo se devem ao acaso (lançamento dos dados), cada tabuleiro irá apresentar uma constituição de espécies diferentes.
- 5- Sim, a partir do jogo são possíveis algumas discussões e conclusões. Na natureza a interação entre os processos de extinção e irradiação de espécies é fundamental para a manutenção da diversidade biológica. A todo o momento, as espécies estão sofrendo pressões que forçam tentativas de mudanças (sejam elas estruturais ou comportamentais) ou selecionam variações pré-existentes. Entretanto, muitas dessas tentativas não são bem sucedidas, levando populações daquela espécie à extinção. O jogo mostra um número de extinções maior que o de especiações (isso é devido à maior probabilidade, 5 para 1, respectivamente). Esse fato também ocorre na natureza, pois, em que durante o processo de irradiação, acaba-se perdendo um grande número de indivíduos, subpopulações ou populações inteiras. Desse modo, a biodiversidade conhecida atualmente é, nesse contexto, o resultado de longos processos sucessivos de irradiação e extinção de espécies.

### Considerações Finais

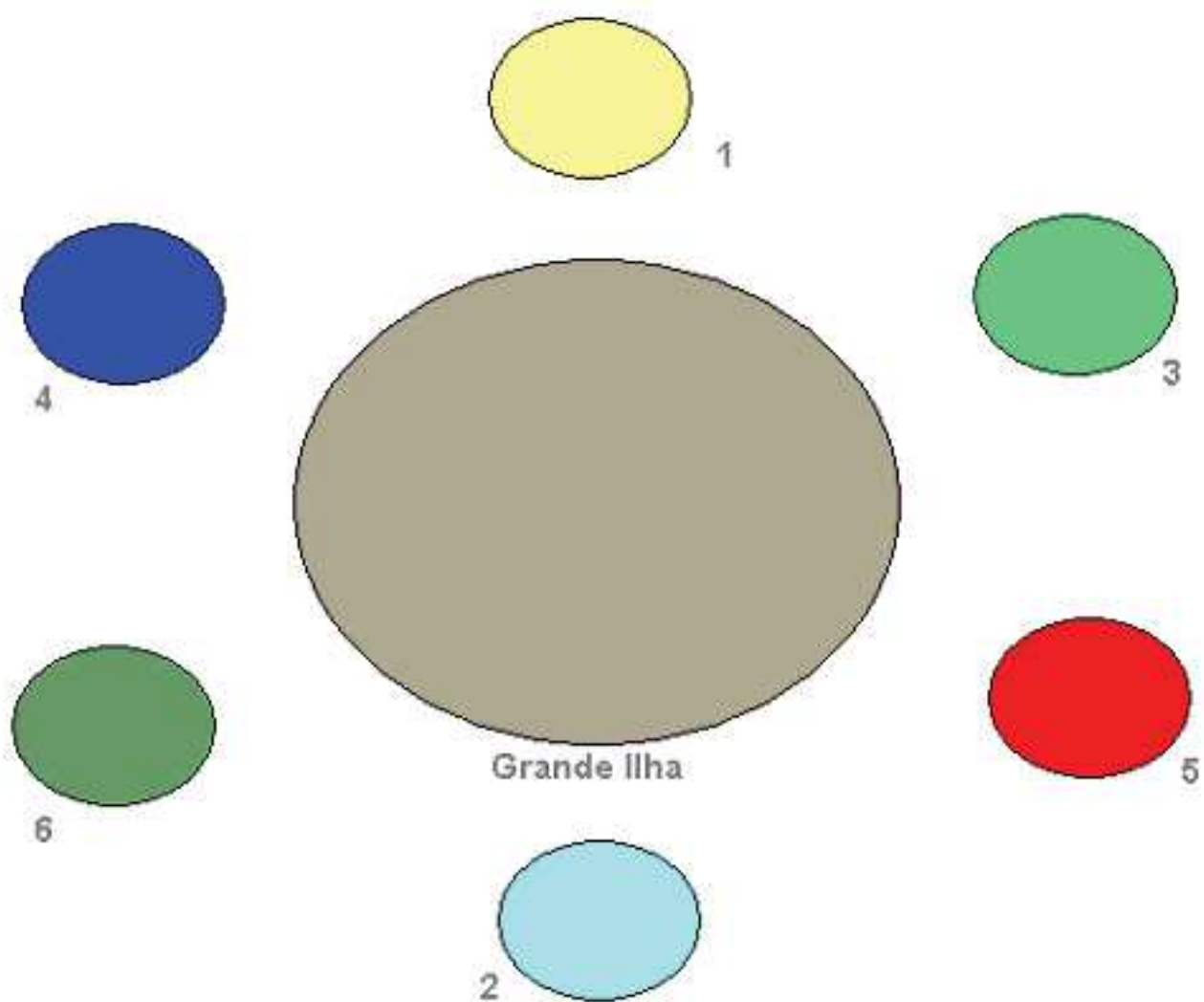
Durante as etapas de teste, o jogo se mostrou uma boa ferramenta para o ensino de irradiação e extinção. De forma lúdica e envolvente notou-se, em todas as fases do jogo, que os participantes demonstraram grande interesse e, ao final, conseguiram compreender a importância desses processos na manutenção da diversidade biológica. Desse modo, a aplicação dessa metodologia no ensino médio pode ser um bom instrumento para o ensino de evolução.

### Agradecimentos

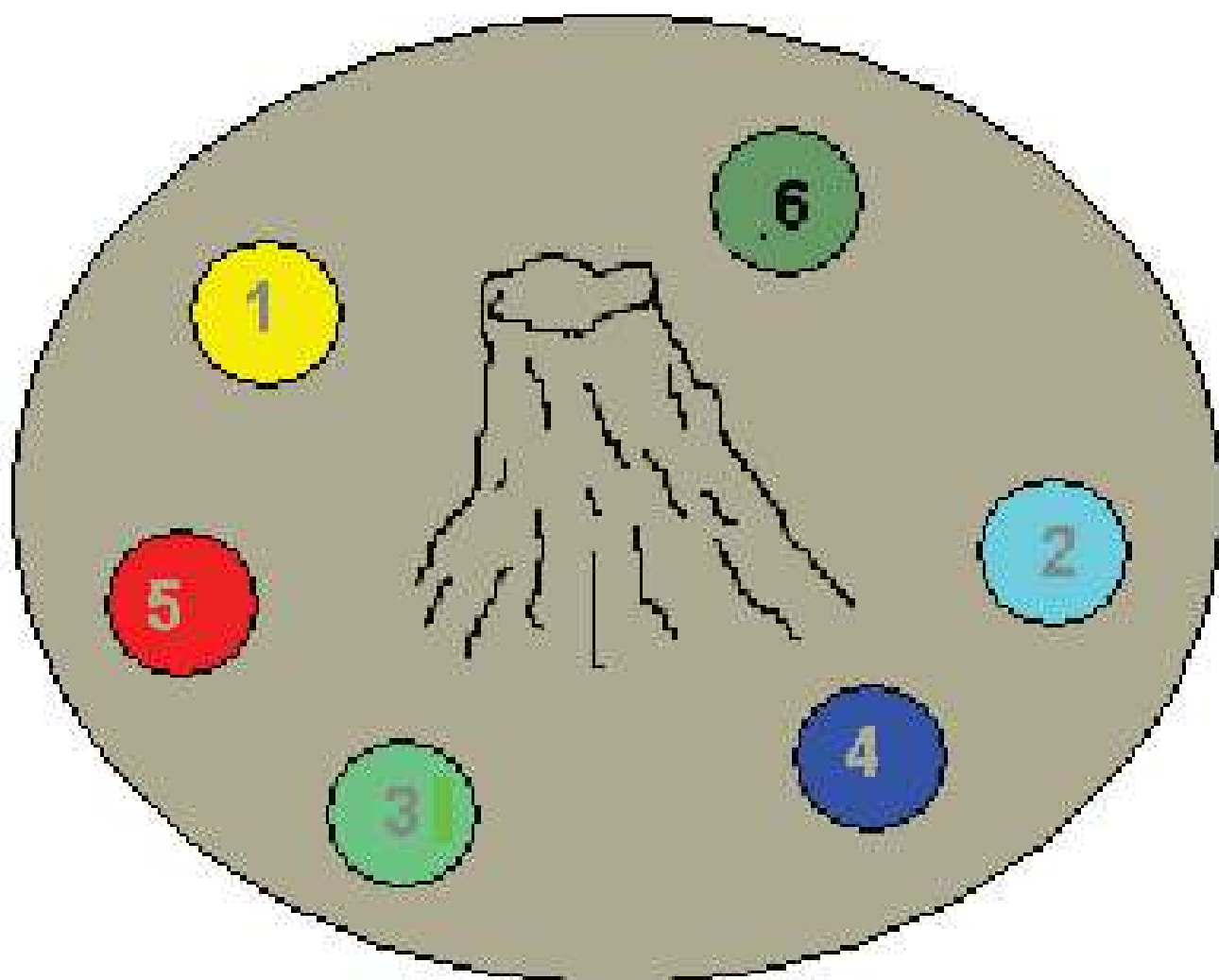
Ao Prof. Dr. Paulo de Marco Junior pela grande ajuda na elaboração do trabalho e formulação do jogo; à turma de Ciências Biológicas – Licenciatura – pelas dicas e sugestões; aos graduandos e pós-graduandos que ajudaram a testar o jogo e, ao Departamento de Biologia Geral do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás pelo apoio logístico.

### Referências

- GOEDERT, L. 2004. A formação do professor de biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica. Dissertação de mestrado, Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina. 122 p.
- MELLO, G.N. 2007. Transposição didática, interdisciplinaridade e contextualização. Disponível em <http://www.namodemello.com.br/>. Acesso em 03 de Dezembro de 2007.
- MORI, L.; MIYAKI, C.Y. & ARIAS, M.C. 2006. Os tentilhões de Galápagos: o que Darwin não viu, mas os Grants viram. *Genética na escola* 1(1): 1-3.
- SCHEID, N.M.J. & FERRARI, N. 2006. A história da ciência como aliada no ensino de genética. *Genética na escola*, 1(1): 17-18.
- TIDON, R. & LEWONTIN, R.C. 2004. Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, 27(1): 124-131.

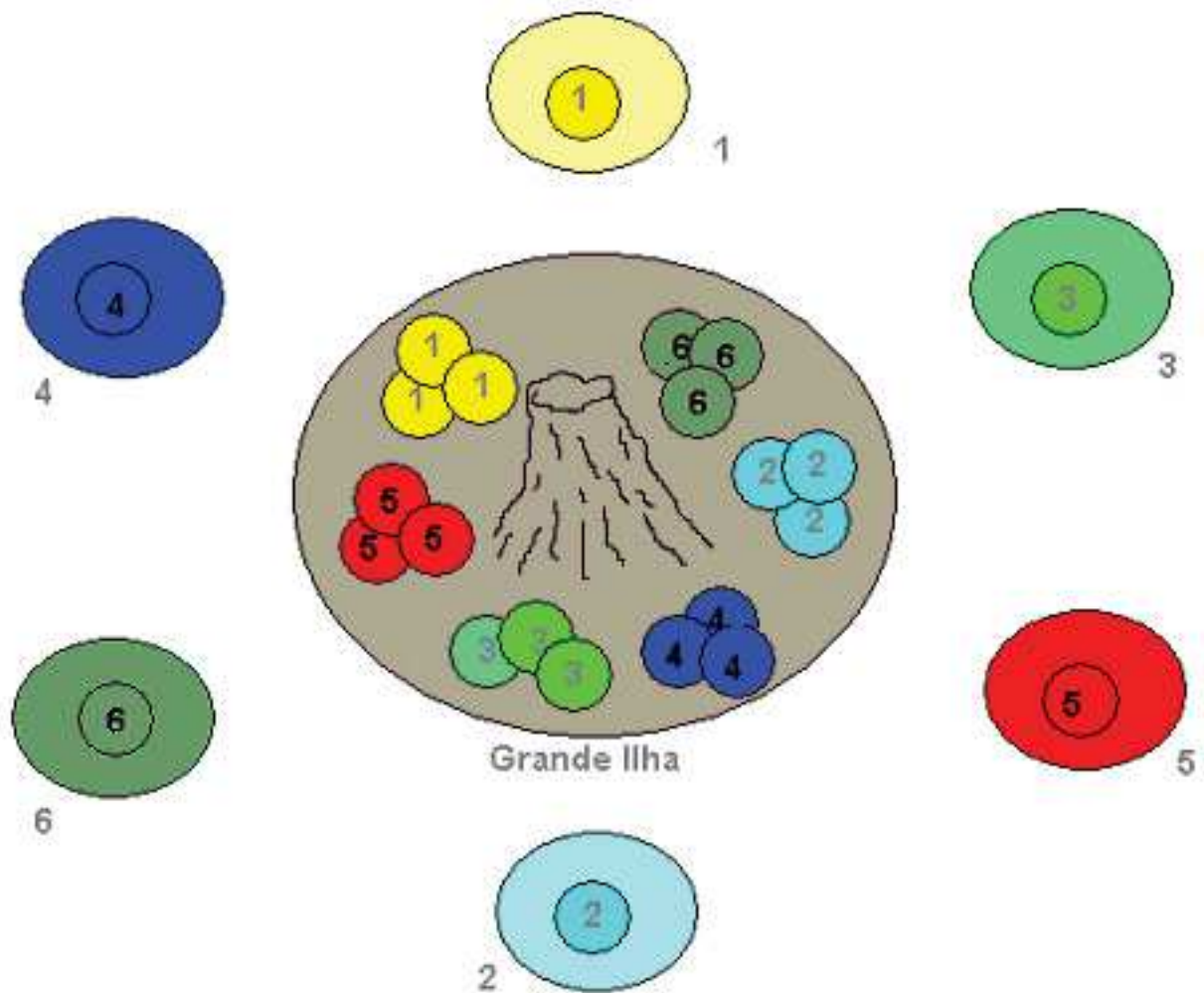


1. Esquema geral do jogo simbolizando o Arquipélago de Galápagos.

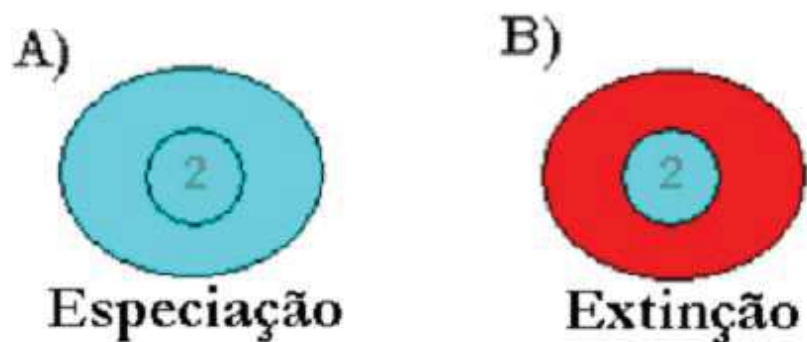


## Grande Ilha

2. Subpopulações de tentilhões representadas pelos círculos coloridos numerados.



3. Esquema mostrando a Grande Ilha com o número máximo de subpopulações que pode suportar e as demais ilhas colonizadas

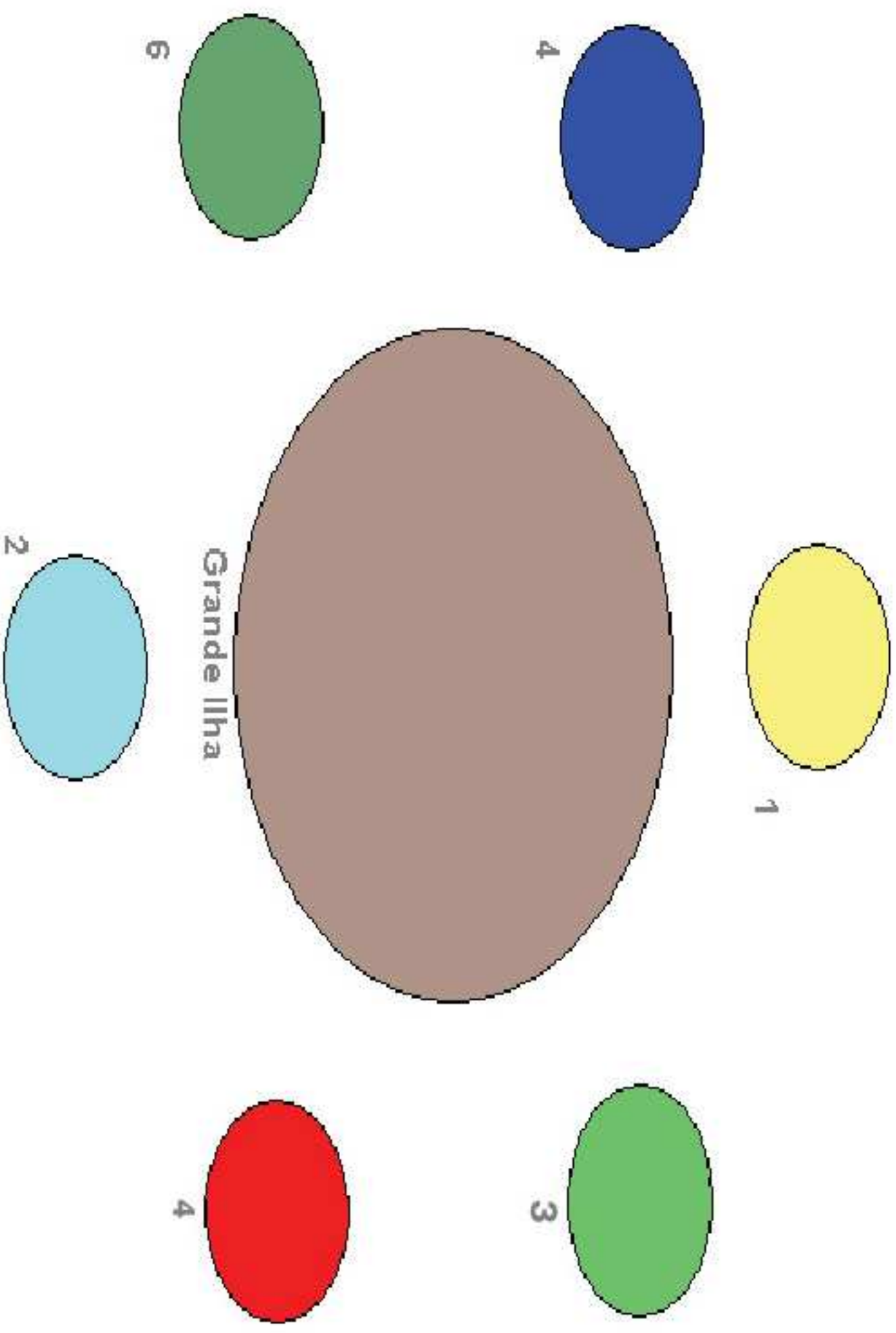


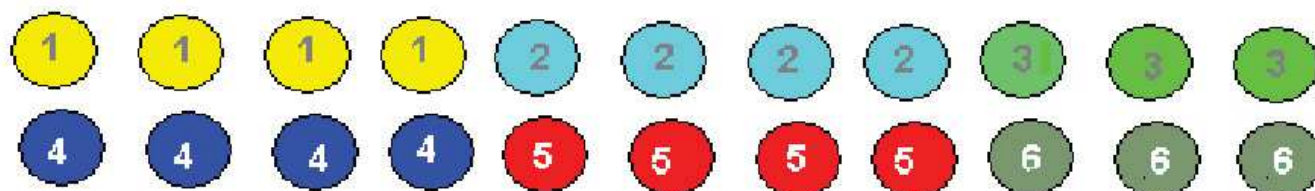
4. O que pode ocorrer no jogo: A) subpopulação coloniza ilha à qual está pré-adaptada (mesma cor), nesse caso ocorre especiação ou B) subpopulação coloniza ilha para a qual não está pré-adaptada (cor diferente) e logo é levada à extinção.

|            | JOGADOR                                                                                                                                            |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | TENTILHÃO 1                                                                                                                                        | TENTILHÃO 2                                                                                                                  | TENTILHÃO 3                                                                                                                                                                                                                                   |
| POPULAÇÃO  | → <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>                                      | <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                                        | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                   |
| EXTINÇÃO   | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> ← <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| ESPECIAÇÃO | <input type="checkbox"/>                                                                                                                           | <input type="checkbox"/>                                                                                                     | <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                      |
|            | TENTILHÃO 4                                                                                                                                        | TENTILHÃO 5                                                                                                                  | TENTILHÃO 6                                                                                                                                                                                                                                   |
| POPULAÇÃO  | <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                                                              | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                                                   | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                   |
| EXTINÇÃO   | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                       | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                                                                                                                  |
| ESPECIAÇÃO | <input type="checkbox"/>                                                                                                                           | <input type="checkbox"/>                                                                                                     | <input checked="" type="checkbox"/> ← <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                                                                            |

5. Forma de preenchimento da ficha de cada jogador quando houver: A) aumento da população, B) extinção e C) especiação.

# JOGO GALÁPAGOS





| JOGADOR    |                                                                                                                               |                                                                                                                               |                                                                                                                               |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | TENTILHAO 1                                                                                                                   | TENTILHAO 2                                                                                                                   | TENTILHAO 3                                                                                                                   |
| POPULAÇÃO  | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>                                                                | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>                                                                | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>                                                                |
| EXTINÇÃO   | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |
| ESPECIAÇÃO | <input type="text"/>                                                                                                          | <input type="text"/>                                                                                                          | <input type="text"/>                                                                                                          |
|            | TENTILHAO 4                                                                                                                   | TENTILHAO 5                                                                                                                   | TENTILHAO 6                                                                                                                   |
| POPULAÇÃO  | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>                                                                | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>                                                                | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>                                                                |
| EXTINÇÃO   | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |
| ESPECIAÇÃO | <input type="text"/>                                                                                                          | <input type="text"/>                                                                                                          | <input type="text"/>                                                                                                          |