

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA  
CELSO SUCKOW DA FONSECA – CEFET/RJ**

**ControlHarvest: Aprendizado de Controle  
Biológico por meio de Gameficação**

Gabriel Alves da Silva  
Patrick Warley Telles da Silva

Prof.º Orientador: Leonardo Lignani  
Eduardo Ogasawara

**Rio de Janeiro  
agosto/2014**

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA  
CELSO SUCKOW DA FONSECA – CEFET/RJ**

# **ControlHarvest: Aprendizado de Controle Biológico por meio de Gameficação**

Gabriel Alves da Silva  
Patrick Warley Telles da Silva

Projeto Final apresentado em cumprimento às  
normas do Departamento de Educação Superior do  
CEFET/RJ, como parte dos requisitos para obtenção  
do título de Tecnólogo em Sistemas para Internet

Prof.º Orientador: Leonardo Lignani  
Eduardo Ogasawara

**Rio de Janeiro  
agosto/2014**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

S586 Silva, Gabriel Alves da  
ControlHarvest : aprendizado de controle biológico por meio de  
gameificação / Gabriel Alves da Silva [e] Patrick Warley Telles da  
Silva.—2014.  
vii, 22f. + apêndice : il.color. , grafs. ; enc.

Projeto Final (Graduação) Centro Federal de Educação  
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2014.  
Bibliografia : f. 21-22  
Orientadores : Leonardo Lignani  
Eduardo Ogasawara

1. Pragas – Controle biológico. 2. Simulações. 3. Usabilidade. I.  
Silva, Patrick Warley Telles da. II. Lignani, Leonardo (Orient.). III.  
Ogasawara, Eduardo (Orient.). IV. Título.

CDD 632.96

## Sumário

|     |                                             |    |
|-----|---------------------------------------------|----|
| 1   | Introdução.....                             | 1  |
| 2   | Controle Biológico .....                    | 3  |
| 2.1 | Visão Geral de CB .....                     | 3  |
| 2.2 | Modelo Lotka-Volterra .....                 | 4  |
| 2.3 | Trabalhos relacionados .....                | 6  |
| 3   | ControlHarvest: o Jogo.....                 | 8  |
| 3.1 | Fundamentação Teórica .....                 | 8  |
| 3.2 | Modelagem Conceitual .....                  | 9  |
| 3.3 | Arquitetura e Implementação.....            | 12 |
| 4   | Avaliação Experimental .....                | 15 |
| 5   | Conclusões .....                            | 20 |
|     | Referência Bibliográfica .....              | 21 |
|     | Apêndice I – Diagramas de Caso de Uso ..... | 23 |
| 5.1 | Caso de uso: Plant.....                     | 23 |
| 5.2 | Caso de uso: Release Hunter.....            | 24 |
| 5.3 | Caso de uso: Buy Hunter .....               | 24 |
| 5.4 | Caso de uso: Buy Seed.....                  | 25 |
| 5.5 | Caso de uso: Perform Harvest.....           | 26 |

## Índice de imagens

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 À esquerda um mangusto, ao centro Rhinella marina e à direita Rhinocyllus conicus. Falharam em se tornarem agentes controladores ..... | 4  |
| Figura 2 Gráfico do modelo presa-predador (adaptado de [Scholarpedia, 2012]) .....                                                              | 5  |
| Figura 3 Infectonator 2 (adaptado de (“Toge Productions” 2013b)) .....                                                                          | 6  |
| Figura 4 À esquerda Harvest Moon e à direita FarmVille.....                                                                                     | 7  |
| Figura 5 Plantação de rosas em FarmVille 2 .....                                                                                                | 7  |
| Figura 6 Tela do ControlHarvest .....                                                                                                           | 9  |
| Figura 7 Diagramas de casos de uso .....                                                                                                        | 10 |
| Figura 8 Diagrama de classes .....                                                                                                              | 11 |
| Figura 9 Arquitetura do ControlHarvest.....                                                                                                     | 13 |
| Figura 10 Versão do jogo .....                                                                                                                  | 13 |
| Figura 11 Histogramas das competências dos alunos acerca de CB .....                                                                            | 17 |
| Figura 12 Avaliação das hipóteses de ensino .....                                                                                               | 19 |
| Figura 15 Diagrama do caso de uso Plant .....                                                                                                   | 23 |
| Figura 16 Diagrama do caso de uso Release Hunter .....                                                                                          | 24 |
| Figura 17 Diagrama do caso de uso Buy Hunter .....                                                                                              | 24 |
| Figura 18 Diagrama do caso de uso Buy Seed .....                                                                                                | 25 |
| Figura 19 Diagrama do caso de uso Perform Harvest .....                                                                                         | 26 |

## Índice de tabelas

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Tabela 1 Hipóteses de ensino ..... | 17 |
|------------------------------------|----|

## Tabela de Siglas

| <b>Sigla</b> | <b>Significado</b>                              |
|--------------|-------------------------------------------------|
| CB           | Controle Biológico.                             |
| RPG          | Role-playing game, jogo de interpretação.       |
| NPC          | Non-playable-character ou non-player-character. |
| MMOG         | Massive Multiplayer Online Game.                |

## Resumo

Controle Biológico é uma estratégia utilizada para combater pragas (insetos, doenças) em certos ambientes, como campos agrícolas. Ele é baseado em métodos para combater pragas usando outros seres vivos. Contudo, estudos devem ser conduzidos antes dessa prática de forma a diminuir possíveis efeitos colaterais. Com esses conceitos em mente, desenvolvemos um jogo educativo que reforce a compreensão de aspectos da ecologia das populações, as funções do Controle Biológico e especificidade de algumas relações ecológicas. Esse jogo chama-se ControlHarvest e se utiliza de um cenário simplificado de gestão de uma fazenda agrícola. O resultado é um jogo que tenta introduzir os conceitos ligados ao Controle Biológico de uma maneira lúdica. O jogo foi avaliado com alunos do ensino médio técnico do CEFET/RJ e eles demonstraram interesse a respeito do conteúdo abordado pelo jogo.

**Palavras-chave:** *Controle Biológico, Jogos, Gameificação, Lotka-Volterra, Simulações, Usabilidade.*



## Abstract

Biological control is a strategy used to control pests (insects, diseases) for certain environments, such as farmland. It is based on methods for controlling pests using other living beings. However, studies must be conducted before this practice in order to reduce possible side effects. With these concepts in mind, we developed an educational game that enhances the understanding of aspects of the ecology of populations, functions of Biological Control and specificity of some ecological relationships. This game is called ControlHarvest and uses a simplified scenario of running a farm. The result is a game that tries to introduce concepts related to Biological Control in a ludic way. The game was evaluated with technical high school students of CEFET / RJ, and they found interest about the content covered by the game.

**Keywords:** *Biological Control, Games, Gamification, Lotka-Volterra, Simulations, Usability.*

# 1 Introdução

Controle Biológico, ou biocontrole, refere-se aos métodos para controlar pragas usando outros seres vivos. O uso de Controle Biológico (CB) é uma questão que envolve, frequentemente, a tomada de decisão do homem sobre a introdução, acréscimo ou conservação de um agente controlador em um determinado ambiente. Um agente controlador pode ser entendido como uma espécie que atua como predadora, parasita ou um agente patogênico de uma espécie que queira ter seu crescimento populacional controlado. O CB, contudo, apresenta riscos ao ambiente no qual é aplicado e precisa ser corretamente estudado e modelado (Flint e Dreistadt 1998).

CB é uma área bem dinâmica. Em função disto, as técnicas tradicionais de ensino pecam por não conseguir trazer o dinamismo das interações entre as espécies e o meio. A adoção de um simulador com técnicas de condução (do inglês, *steering*) (Chin et al. 2003, Mattoso et al. 2013) para ensinar CB pode ser uma opção interessante, uma vez que as simulações possuem componentes visuais e interativos (como variáveis de valor alterável) que permitem ao utilizador mexer neste programa e compreender melhor suas características. Um simulador computacional é uma ferramenta bem adaptada ao aprendizado via descoberta (Jong e Joolingen 1998).

Ensino e instrução por simulador são incluídos na categoria do aprendizado construtivista (Jong e Joolingen 1998, Piaget 1970). Essa abordagem enfatiza fortemente o aluno ativo no processo de aquisição de conhecimento. A principal tarefa no ensino por simulador é a inferência de características do modelo subjacente à simulação a partir da experimentação.

Esses mesmos simuladores ficam mais atrativos quando assumem a forma de jogos. Mantidas suas características de aprendizado por descoberta, eles podem ganhar ainda potencial educacional porque tornam o ensino mais prazeroso (Shaffer et al. 2005). Além disso, o aprendizado dos conceitos repassados pelo simulador podem ficar mais acessíveis ao público leigo (como os estudantes de biologia do ensino médio e fundamental) como é o caso de conceitos que apresentam dinamismo como CB.

O uso de simulador pode ser ainda mais interessante quando adotado em uma perspectiva de gameificação. Gameificação (*Gamification*) é um termo criado por Nick Pelling (Kapp 2012) para designar o uso de pensamento lúdico e de mecânica de jogos em contextos diferentes de jogos. Mecânicas como a adição de uma narrativa ou de elementos colecionáveis por parte do usuário, como as utilizadas em jogos de interpretação de personagens, RPGs (do

inglês, *Role-playing game*), são algumas técnicas usadas na gameficação. Tais técnicas se utilizam dos desejos naturais dos usuários tais como conquista, auto expressão e altruísmo, para recompensar determinadas ações do jogador. Iniciativas como Khan Academy (Khan Academy 2013) e Fitocracy (Fitocracy 2013) usam essas mecânicas de gameficação para fidelizar e encorajar os usuários a superarem as metas definidas pelos seus respectivos websites.

O processo de Gameficação de CB destoa do modelo de Lotka-Volterra, que é um exemplo controlado de interação presa-predador (Li et al. 2001). O modelo Lotka-Volterra é muito útil para estabelecer uma base para comparações. O modelo se baseia em duas equações de taxa de crescimento. Tais equações mapeiam o crescimento populacional de presas e predadores ao longo do tempo. Além disso, o sistema de equações pode modelar as interações entre o predador e a praga e fornecer informações relevantes à preparação do jogo. Contudo, o jogo não se inspira no simulador Lotka-Volterra, tanto pelo aspecto biológico, uma vez que o mesmo assume que o meio não é modificado, quanto pelo aspecto didático, pois reduziria a motivação pelo jogo, uma vez que o seu aspecto interativo seria bem reduzido.

Este projeto tem como objetivo criar um jogo baseado nas mecânicas de uma simulação. Ele visa criar um ambiente no qual o jogador tenha que fazer um CB em uma plantação impedindo que uma praga coma todas as suas plantas. Se o Jogador ficar sem sementes e sem dinheiro para comprar mais, o jogo acaba.

Além disso, podem ser adicionados elementos externos como novos predadores e presas. Esse jogo pode servir como estudo de caso para outros desenvolvimentos com a mesma temática. O projeto funciona como uma introdução lúdica ao contexto dos modelos Presa-Predador e ao CB e interação entre espécies. Foi feita uma avaliação na qual foi observado que o jogo possui muito potencial lúdico mas não cumpre seu papel instrutivo.

Além desta introdução, este trabalho é dividido em mais cinco seções. Na seção 2, são apresentados os conceitos de controle biológico. Na seção 3, é apresentado a abordagem do ControlHarvest. A seção 4 apresenta os resultados experimentais. Finalmente, a conclusão é realizada na seção 5.

## 2 Controle Biológico

Neste capítulo apresentamos uma visão geral sobre CB, a modelagem matemática do modelo de equações Lotka-Volterra e os principais trabalhos relacionados. O CB é a fonte de inspiração do jogo assim como seus mecanismos de usabilidade. Os trabalhos relacionados citam quais jogos já existem que são semelhantes a nossa abordagem proposta.

### 2.1 Visão Geral de CB

O termo Controle Biológico, ou biocontrole, refere-se aos métodos para controlar pragas usando outros seres vivos. Esse controle, geralmente, possui intervenção ativa do homem (Altieri et al. 1997). Predadores, parasitas e agentes patogênicos são os seres vivos mais usados nessa prática porque atacam naturalmente insetos e outras pragas. A prática do CB possui potencial para controle de pragas danosas a agricultura ou meio ambiente (Handelsman e Stabb 1996).

Existem três tipos de estratégias para aplicação do CB: importação, acréscimo e conservação (A. Landis e B. Orr 1996). Importação é quando agentes controladores exóticos são artificialmente introduzidos a um novo habitat. Acréscimo ocorre quando uma população de agentes nativos recebe um aumento suplementar em sua população. Conservação é a manutenção de agentes já existentes no meio.

O CB pode ter efeitos diversos na biodiversidade (Follett e Duan 2000). O agente controlador pode desequilibrar dramaticamente um ecossistema. Isso acontece quando o predador, parasita ou agente patogênico ataca uma espécie que não a espécie alvo. Esse fenômeno é comum quando são usados agentes de controle que não predam apenas a presa a qual o homem deseja minimizar.

Um exemplo de efeitos negativos do CB, podemos citar uma espécie de sapo-cururu, *Rhinella marina*, que foi introduzido nas lavouras australianas para controlar o crescimento de uma espécie de besouro-de-cana. Os sapos, entretanto, não pulavam alto o suficiente para comer os besouros, que ficavam no topo das hastes de cana. Ao contrário do esperado, o *Rhinella marina* passou a se alimentar de outros insetos e passou a se reproduzir rapidamente. Logo começou a ameaçar, com doenças que trazia a população nativa de sapos. A Figura 1 mostra outras espécies que não se adaptaram ao papel de agente controlador.



**Figura 1** À esquerda um mangusto, ao centro *Rhinella marina* e à direita *Rhinocyllus conicus*.  
Falharam em se tornarem agentes controladores

Atualmente, as espécies controladoras de praga importadas normalmente passam por um processo que engloba um grande conjunto de estudos e testes. Após determinar qual é o inimigo natural de determinada praga, este inimigo é rigorosamente avaliado, testado e posto em quarentena para garantir que sua introdução no meio seja capaz de funcionar. Se a espécie passar por essa triagem, aí então, é produzida em massa e solta no meio natural, com posteriores avaliações de efetividade.

Animais vertebrados geralmente são agentes controladores pobres. Isso porque vertebrados são alimentadores generalistas, em outras palavras suas dietas não se restringem a uma única espécie ou a uma faixa pequena de espécies. Por isso possíveis agentes costumam ser invertebrados como, por exemplo, insetos, como as vespas parasitárias ou as vespas predatórias.

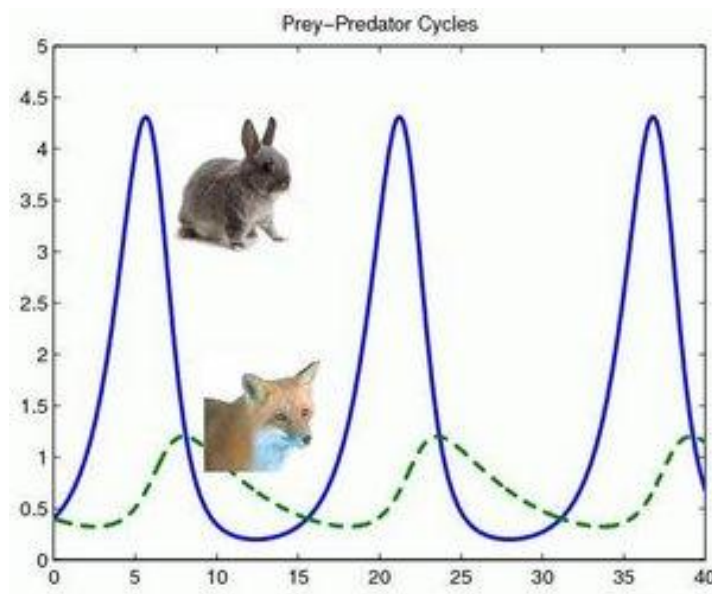
## 2.2 Modelo Lotka-Volterra

As equações de Lotka-Volterra foram criadas por Alfred J. Lotka e Vitor Volterra (Lotka a propôs inicialmente em 1910 e depois Volterra derivou a mesma fórmula em 1926). São equações diferenciais, não-lineares, de primeira ordem usadas para descrever sistemas biológicos e transmissão de biomassa. As espécies, segundo as equações, tomam formas como produtor-consumidor, parasita-hospedeiro, tumores (ou vírus) e anticorpos-antígenos. O sistema de Lotka-Volterra é um tipo de Modelo de Kolmogorov, um método mais geral de modelagem de interações ecológicas entre presa-predador, competições e doenças (Freedman 1982).

Repara-se que a queda no número de predadores influencia no aumento do número de presas (Figura 2). A queda no número de presas resulta na queda no número de predadores, o que é razoável, já que com menos alimento os predadores possuem menos energia para manter suas taxas de reprodução. Isso se repete ao longo do tempo. Se a população de presas for extinta, consequentemente, a população de predadores se extingue em seguida.

O modelo faz uma série de suposições sobre o ambiente e a evolução das populações de presas e predadores. Estas suposições são: (i) a população de presas encontra alimento o

tempo todo, (ii) o suprimento de alimentos do predador depende da população de presas, (iii) a taxa de mudança da população é proporcional ao seu tamanho, (iv) o ambiente não muda a favor de uma espécie.



**Figura 2 Gráfico do modelo presa-predador (adaptado de (Hoppensteadt 2006))**

Desta forma duas equações são representadas por (1) e (2):

$$\frac{dx}{dt} = x(\alpha - \beta y) \text{ (Presa)} \quad (1)$$

$$\frac{dy}{dt} = -y(\gamma - \delta x) \text{ (Predador)} \quad (2)$$

Onde  $dx/dt$  e  $dy/dt$  são as variações de população de presas e predadores de acordo com o tempo;  $x$  e  $y$  são os números de presas e predadores respectivamente e as letras gregas são os parâmetros de interações das duas espécies;  $\alpha$  e  $\beta$  são respectivamente as taxas de crescimento e mortalidade das presas;  $\gamma$  e  $\delta$  as taxas de mortalidade de predadores e conversão de biomassa de presas em predadores respectivamente.

Na equação da presa,  $\alpha x$  representa a reprodução exponencial da presa na ausência do predador;  $\beta xy$  é a taxa de predação sobre a presa, que é supostamente proporcional a taxa de encontro entre presa e predador; Na equação do predador  $\delta xy$  representa a reprodução do mesmo;  $\gamma y$  representa a taxa de perda de predadores dado a morte ou emigração e leva a uma queda exponencial na ausência da presa.

Contudo, no problema proposto em nossa proposta para CB, as suposições (i) e (iv) do Modelo Lotka-Volterra não são garantidas. A quantidade de comida da presa no jogo é limitada pela plantação do jogador, o que interfere na taxa de reprodução do mesmo. A redução de área de plantação, afeta a movimentação das presas. Por estes motivos o modelo de equações Lotka-Volterra não é totalmente aplicável ao nosso jogo.

## 2.3 Trabalhos relacionados

Em nossas pesquisas, não observamos jogos diretos que tratem a questão do CB em suas concepções. Entretanto, existem um grupo de jogos de simulação e estratégia que apresentam alguma semelhança com a nossa abordagem, seja pelo aspecto de mecânica de interação, seja pelo aspecto de plantação.

Nos aspectos de mecânica de interação, o Infectonator 2 (Kongregate 2013) , produzido pelo estúdio indonésio Toge Productions (Toge Productions 2013a), é correlato. Nele o jogador incorpora um cientista que deve infectar toda a humanidade transformando-os em zumbis.

Em ambos, Infectonator e nosso jogo, o jogador deve controlar um agente que extermina determinados alvos. Entretanto, enquanto, na nossa abordagem, o jogador libera algum tipo de predador para matar um tipo de praga; no Infectonator, o jogador libera um vírus que transforma os seres humanos em zumbis. Ambos também são focados, principalmente, em interações via mouse. A Figura 3 mostra a interface do Infectonator 2.



**Figura 3 Infectonator 2 (adaptado de (“Toge Productions” 2013b))**

No que diz respeito a colheita, tem-se dois jogos, bem correlatos, a franquia Harvest Moon (Rising Star 2013) e o FarmVille (Zynga 2014). A Figura 4 mostra os dois jogos. Os jogos da franquia HarvestMoon (Bokujō Monogatari, no original) focam na empreitada de transformar uma fazenda improdutiva em uma de sucesso. Os principais aspectos da usabilidade são: a produção de sementes, a criação de animais e a socialização com NPC's, non-playable characters ou non-players characters (qualquer personagem que não seja controlado pelo jogador), que habitam a vila.





**Figura 4 À esquerda Harvest Moon e à direita FarmVille**

O jogo social FarmVille é desenvolvido pela empresa Zynga. Tal como Harvest Moon, foca no cultivo e colheita de árvores e arbustos e na criação de animais. Difere de Harvest Moon no sentido de que, por ser um MMOG (Massive Multiplayer Online Game), as interações sociais não ocorrem com NPC's, mas sim com outros jogadores do FarmVille. Além disso, uma das tendências do FarmVille é a possibilidade de trocar dinheiro real por dinheiro virtual de forma a comprar mais vantagens no jogo, decorações raras, animais mais produtivos e etc. Isso é possível graças as tecnologias de pagamento online como o PayPal. A Figura 5 mostra as usabilidades do FarmVille 2.



**Figura 5 Plantação de rosas em FarmVille 2**

Ambos os jogos simulam o ambiente de uma fazenda em que o jogador compra e vende sementes, expandindo sua fazenda e desbloqueando novas melhorias e itens. Entretanto, eles não trazem as questões da inclusão de agentes controladores para tentar eliminar as pragas.



### 3 ControlHarvest: o Jogo

O ControlHarvest é um jogo que visa proporcionar ao aluno o aprendizado de CB de modo lúdico. Para tanto, o jogo apresenta um enredo de gestão de uma fazenda de plantação agrícola que é atacada por pragas. Como o cultivo das plantas é orgânico, não é possível fazer uso de agrotóxicos. Para tanto, cabe ao jogador fazer-se valer das técnicas de CB para controlar as pragas.

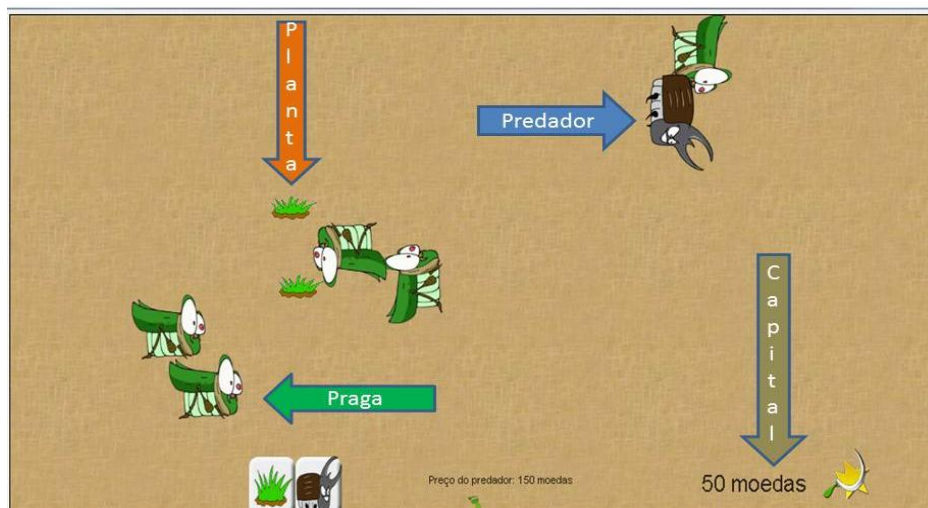
Neste contexto, todas as etapas de elaboração do jogo são apresentadas nesta seção. A fundamentação teórica é apresentada na seção 3.1. A seção 3.2 apresenta a modelagem conceitual da aplicação. Finalmente a seção 3.3 descreve a arquitetura e implementação do jogo.

#### 3.1 Fundamentação Teórica

O ControlHarvest é um jogo de gestão de fazenda que se baseia nas estratégias de CB. Ele se parece com jogos já existentes, como Harvest Moon (Rising Star 2013) e Infectorator 2 (Kongregate 2013), tentando implementar uma experiência de usabilidade que torne o aprendizado de CB mais lúdico para o usuário. O jogador explora os elementos de estratégia como: qual predador comprar para combater uma dada praga, ou, que planta possui mais resistência as pragas ou mais lucro ao ser vendido, favorecendo o avanço no jogo. Mesmo que de forma superficial, esta gameficação insere o jogador em questões relativas as noções de CB.

No ControlHarvest, a estratégia de CB que o jogador pode utilizar é a de acréscimo, isto é, a soltura suplementar de novos predadores que comam as pragas. Tais predadores são acrescentados pelo jogador a partir da interface do jogo. Isso simula a ação do homem de introduzir uma espécie em um novo nicho ecológico.

O jogo transcorre em um ambiente que apresenta a fazenda em um perspectiva espacial 2D. Esta perspectiva corresponde ao *mapa do jogo*. Cada mapa representa o cenário em que o jogador realiza uma ação, ou seja, é uma fazenda atacada por pragas. Nesses mapas, o jogador seleciona os predadores e plantas que deseja comprar. Ainda, é nele que as pragas, predadores e plantas interagem dando forma ao jogo. Conforme apresentado na Figura 6, a praga, o predador, o capital e as plantas são representados pelas setas verde, azul, cinza e laranja, respectivamente.



**Figura 6 Tela do ControlHarvest**

O jogador pode trocar *plantas* maduras por *capital* e também pode trocar *capital* por novas plantações e predadores. Este mecanismo representa um sistema de *compra e venda*. Por meio deste sistema, o jogador consegue evoluir no jogo, ou seja, habilitar novos predadores e evitar o game over. *Capital* é o recurso que o jogador ganha ao vender suas plantas. Se o jogador ficar sem capital para comprar mais plantas ele chega ao *game over*.

Os vegetais que o jogador cria no mapa são as *plantas*. Cada tipo de *planta* do jogo possui características próprias e são os alimentos das *pragas*. Um tipo, por exemplo, tem crescimento mais rápido e pode ser vendida mais barato se comparado com as outras. Outra pode atrair mais pragas e ser vendida mais caro.

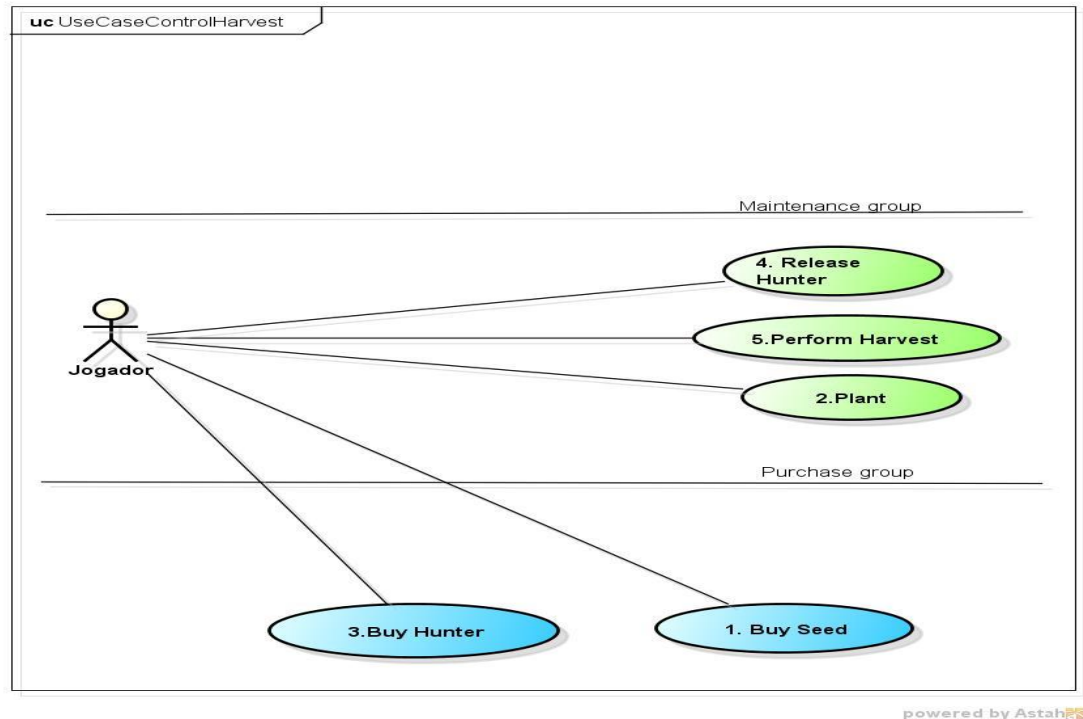
Os personagens bidimensionais que vagam pelo mapa são os *predadores e pragas* que interagem. São os componentes mais dinâmicos do jogo se movendo pelo mapa e dando a usabilidade principal do jogo. Isso acontece porque o objetivo do jogo é impedir que as pragas comam as plantas por meio da compra e soltura de predadores. Predadores possuem uma medida de quão famintos e atraídos pela presa eles estão, se o predador está mais faminto, então ele caçará pragas para se alimentar. Pragas, de forma similar, caçam plantas quando famintas. *Pragas e predadores* possuem características diferentes. Algumas pragas são mais rápidas e ficam com fome mais rápido que outras. O mesmo vale para os diferentes predadores.

### 3.2 Modelagem Conceitual

No contexto do jogo ControlHarvest a modelagem conceitual é composta de dois artefatos. O primeiro compreende o modelo de casos de uso, no qual são apresentados os

principais ações do jogo. Enquanto que o segundo corresponde ao modelo de classes, o que apresenta a perspectiva do jogo em uma visão datacêntrica.

O ControlHarvest possui cinco casos de uso. O único ator nesse diagrama é o *Jogador*, aquele que interage com o jogo. A Figura 7 mostra o diagrama de casos de uso do jogo. Estes casos de uso estão divididos em grupos conceituais: manutenção (verde) e compra (azul). Também estão numerados pela ordem em que ocorre cada ação.



**Figura 7 Diagrama de casos de uso**

Os grupos de ações destinadas ao plantio e defesa da plantação da colheita estão agrupadas em “Maintenance Group”. A ação de plantar no mapa, isto é, colocar uma planta em alguma posição do espaço bidimensional, é descrito pelo caso de uso *Plant*. O caso de uso *Perform Harvest* especifica os passos para a colheita de uma planta madura, obtendo dinheiro. Os passos para a soltura de um predador em alguma posição do mapa são descritos em *Release Hunter*.

Existe, finalmente, o casos de uso agrupados em “Purchase Group”: *Buy Seed* e *Buy Hunter*. *Buy Hunter* especifica a compra de predadores e *Buy Seed* especifica a compra de plantas. Cada predador selecionado e comprado deve ser adicionado ao cenário. Similarmente, em *Buy Seed*, cada planta que for selecionada e comprada é adicionada ao mapa.

O modelo de classes estabelece uma perspectiva de dados para o Control Harvest como pode ser observada a partir do modelo de classes, na Figura 8. Neste diagrama estão

descritos as principais entidades do ControlHarvest. As classes são agrupadas a partir de tipo de interação do elemento no jogo, o qual pode ser estático ou dinâmico.

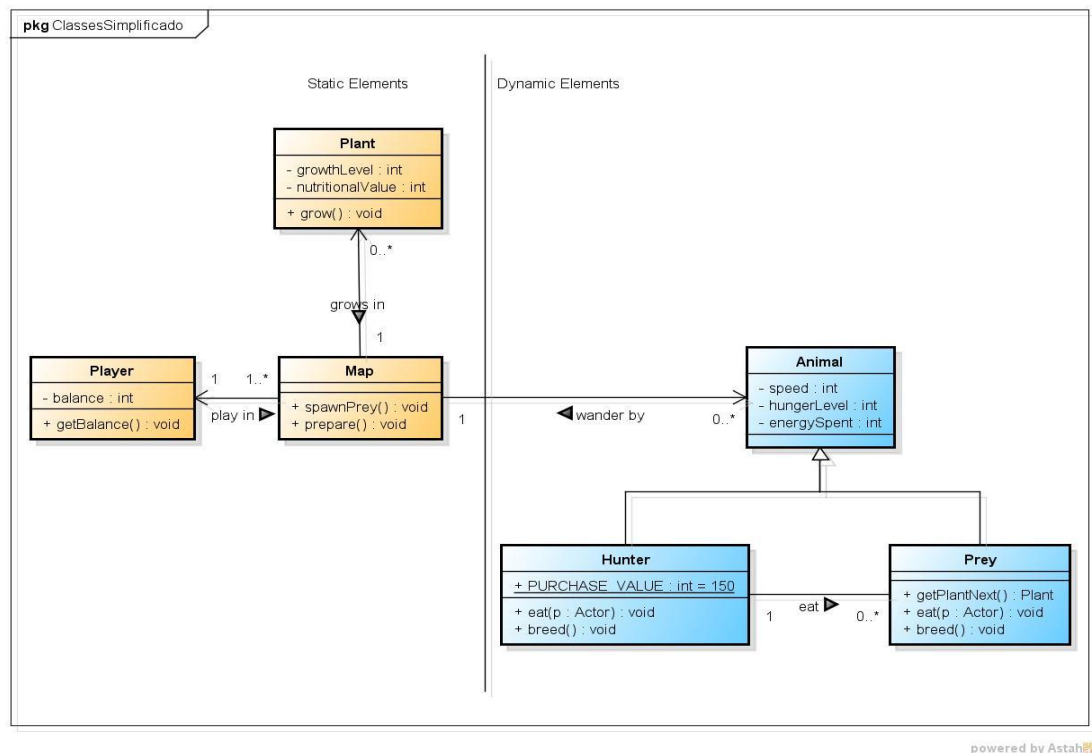


Figura 8 Diagrama de classes

No grupo dos elementos estáticos, *Static Elements*, a classe *Map* é uma das mais importantes. É nela onde ocorre a dinâmica do ControlHarvest. Nele, o jogador solta ou planta os predadores e plantas que comprou. A segunda classe estática é a *Player*, responsável pelo contar o capital do jogador. O atributo *balance* é o contador de quanto capital o jogador possui em um dado momento. A ultima classe do grupo Static é a *Plant*. Os atributos *growthLevel* e *nutritionalValue* representam o estágio de amadurecimento da planta em dado tempo de jogo e o quanto ela adiciona ao tempo de vida do predador, respetivamente. Quando uma planta é vendida o *atributo balance* da classe *Jogador* é acrescido.

Os elementos de aspecto dinâmico, *Dynamic Elements*, são representados pelas classes *Animal* e suas especializações *Hunter* e *Prey*, predador e praga, respetivamente. Os principais atributos de *Animal* são *speed*, *hungerLevel* e *energySpent*. *speed* é o quão rápido o animal (predador ou praga) vagam pelo mapa. *hungerLevel* é o quão demorado é para o animal sentir fome, ou seja, esvaziar a barra de fome. *energySpent* é o quão rápido a barra de fome esvazia.

As classes dinâmicas *Hunter* e *Prey* possuem alguns métodos que devem ser mencionados. Ambas usam o método `eat (p : Actor)` para comer seu respectivo alimento, eliminando um ator do mapa seja ele uma praga (no caso de *Hunter*) ou uma planta (no caso de *Prey*). Outro método, `breed()`, acrescenta mais um *Hunter* ou *Prey* ao mapa a partir de uma

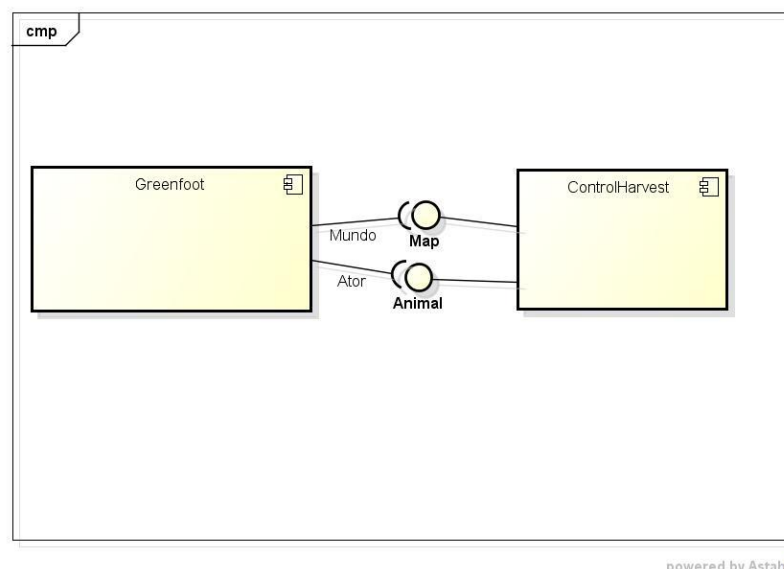
probabilidade gerada pelo taxa de reprodução do predador ou da praga. Cada *Hunter* possui um valor de compra determinado pelo *purchaseValue*.

### 3.3 Arquitetura e Implementação

Esta seção descreve a arquitetura e a implementação do jogo. A arquitetura esta baseada no diagrama de classes da Figura 9 e atente aos casos de uso apresentados na Figura 7. O jogo foi concebido considerando Greenfoot (Greenfoot 2012) com o motor de execução. Esse motor foi escrito em Java concebido para o desenvolvimento interativo de jogos.

A arquitetura do ControlHarvest foi projetada com o objetivo de criar um jogo de caráter educacional. A Figura 9 mostra a arquitetura proposta e seus componentes. Seus principais componentes são o *Greenfoot* e *ControlHarvest*. Cada componente principal representa um aspecto do jogo. As interfaces (esfera conectada ao componente) e suas dependências de uso (símbolo convexo) representam as classes principais do jogo e suas respectivas abstrações no motor Greenfoot.

O componente utilitário que prove os métodos de arcabouço para a construção dos jogos é a *Greenfoot*. Esses métodos servem para controlar a simulação e interagir com o sistema. *World* representa o mapa no qual os atores vivem. Esse mundo é uma grade bidimensional de células. *Actor* representa um objeto que existem em um mundo do Greenfooot, seu posicionamento e sua imagem. *Map* herda os métodos e atributos de *World*, ou seja, usa o arcabouço desta classe para implementar animações, movimentos e outras utilidades. Os predadores e pragas do ControlHarvest são representados pela classe *Animal* que herda de *Actor* e, portanto, possuem uma posição no mapa e uma aparência que é representada por um ícone.



**Figura 9 Arquitetura do ControlHarvest**

O jogo foi implementado com o motor Greenfoot escrito em Java. O motor Greenfoot é originalmente dedicado ao ensino de Java via criação de jogos. Por sua simplicidade e, consequentemente, facilidade de aprendizado foi a ferramenta escolhida para a criação do ControlHarvest. As etapas da implementação foram: a adaptação das ideias da fundamentação teórica (explicada na sessão de fundamentação teórica), a tomada de decisão quanto ao tipo de mecânica do jogo, a implementação da mecânica e implementação da interface gráfica. Houve, ainda, a escolha de quais tipos de pragas e predadores estariam presentes na interface e a relação geral entre eles. Esta versão do jogo é mostrada na Figura 10.



**Figura 10 Versão do jogo**

O estilo de jogo considerado mais eficiente para a gameficação foi o modelo de gestor de fazenda. Dentre outros estilos considerados havia os jogos de carta e os de estratégia. Já existiam alguns outros jogos de gestão, como o Corporation Inc (Corporation Inc 2011), baseados em outros temas, os quais o *ControlHarvest* podia se inspirar. Além disso, o *Greenfoot* facilita a programação de um jogo do tipo gestor por ser um motor que favorece a movimentação de imagens bidimensionais.

A mecânica de gestão é simples e exclui o uso do teclado, permitindo que toda a interação do jogo seja feita pelo mouse. Todas as ações de compra de sementes e predadores, assim como seu plantio ou liberação no mapa acontece por simples cliques. Isso facilita a experiência do jogador que pode se concentrar mais nos detalhes que acontecem na tela sem ter que memorizar dúzias de comandos e atalhos diferentes. Dado que o jogo é apenas uma referência ao processo real de CB as pragas e predadores escolhidos são espécies fictícias, representadas por figuras artísticas.

O foco da mecânica é o processo de controle de pragas e administração de capital que o jogador possui. O jogador toma a decisão de qual predador ele liberará de forma que não

esgote seu capital e que combata as pragas apropriadamente. Além disso, o jogador deve ser capaz de progredir, habilitando plantas que darão mais lucro. O cenário básico de *Game Over* ocorre quando as pragas dominam a área de plantação e não há mais dinheiro para replantio e nem para introduzir predadores.

Um segundo cenário de *Game Over* ocorre quando o predador, por si só, se torna uma praga. Isso pode acontecer quando uma quantidade grande de insetos predadores é solta no mapa do jogo. Esse cenário é interessante porque simula algo que pode acontecer em ambientes onde o CB é aplicado, no qual uma espécie que deveria controlar pragas acaba se tornando uma praga.

Também, para auxiliar a aprendizado, foram adicionadas funcionalidades interessantes ao gestor de fazenda, como um gráfico populacional. Dado que o jogo trata da relação entre um predador e uma praga é interessante que o jogador possa observar o crescimento ou decréscimo da população, especialmente de seus agentes controladores (os predadores). Isso permite que o jogador entenda quando esta se aproximando de uma situação de fim de jogo onde seu dinheiro acabou e sua população de predadores está perto de ser extinta.

A implementação da interface gráfica foi feita com desenhos feitos à mão e coloridos no computador usando o Photoshop. Essa simplicidade agilizou a criação do ControlHarvest. O Greenfoot possui uma criação de mapas bem fácil e fornece métodos para a criação de botões e textos dinâmicos os quais foram usados na barra de compra de plantas e predadores. Além disso, o Greenfoot permite a visualização do jogo funcionando, facilitando o desenvolvimento dado que é possível acompanhar as mudanças sendo feitas em etapas.

Os objetivos educacionais são introduzir ou reforçar os conceitos de CB assim como os de relações interespecies. Para alcançar esses objetivos o jogo permite que o jogador compre e libere predadores que irão interagir, dependendo de sua espécie, com as diferentes espécies de pragas. Os diferentes tipos de sementes também se relacionam com as pragas, isto é, algumas plantas atraem mais pragas e outras, quando comidas, saciam mais as pragas causando certo efeito protetor à colheita.

É possível que um jogo facilite o entendimento da complexidade das interações presa predador. É incluída desta forma aspectos de usabilidade, como um gráfico de crescimento populacional, que se baseiam na movimentação de presas e predadores em um ambiente simulado. Um jogo, geralmente, tem elementos de motivação presente, tal qual a evolução visível das habilidades do jogador ao longo de uma partida.

## 4 Avaliação Experimental

Esta sessão explica os objetivos da avaliação experimental, isto é, quais resultados foram obtidos ao testar as hipóteses planejadas antes do experimento. São apresentados também os resultados em forma de gráficos e tabelas. É feita uma breve discussão dos dados obtidos. Ao final é concluída a investigação sobre as características de ensino de CB do ControlHarvest.

No procedimento de experimentação do jogo os usuários piloto foram 14 alunos do ensino médio do CEFET/RJ que não haviam estudado anteriormente o tópico “controle biológico” em aulas do ensino médio. O objetivo da avaliação experimental é avaliar o quanto o jogo Control Harvest pode contribuir na aquisição de novas informações sobre CB por parte dos estudantes. A experimentação ainda permita análise dos pontos positivos e negativos da abordagem gamificada de ensino. Para tanto, foi criado um roteiro de experimentação que contém os passos a serem executados durante a experimentação e um formulário de avaliação.

O experimento foi conduzido pelos alunos no Laboratório de Jogos Educacionais da Escola de Informática & Computação do CEFET/RJ. Foi disponibilizado uma versão do ControlHarvest em cada desktop do laboratório, onde os alunos puderam experimentar jogo. Todas as funcionalidades do jogo (criação do avatar, a usabilidade do ControlHarvest e a observação do gráfico) foram testadas pelos alunos. Em média, o experimento de cada aluno durou aproximadamente 40 minutos. Uma vez conduzido o experimento, os alunos preencheram o formulário de avaliação.

O formulário foi criado no *Google Forms* (Google 2014), que é uma ferramenta de criação de formulários da empresa Google. O formulário<sup>1</sup> foi projetado para avaliar se os alunos realmente aprenderam ou aperfeiçoaram seus conhecimentos sobre CB. O formulário é composto de 23 perguntas. Algumas perguntas visam obter análise qualitativa dos alunos e do jogo, enquanto que outras visam avaliar as hipóteses postuladas neste trabalho, apresentadas na Tabela 1 e **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Os resultados dos formulários podem ser exportados pela ferramenta em formato Microsoft Excel.

Os dados brutos coletados exigiram atividades de pré-processamento para que uma análise estatística pudesse ser realizada. Inicialmente foram retirados dados duplicados e feita uma conversão de valores literais (como “sim e “não” para 1 e 0, respectivamente) em

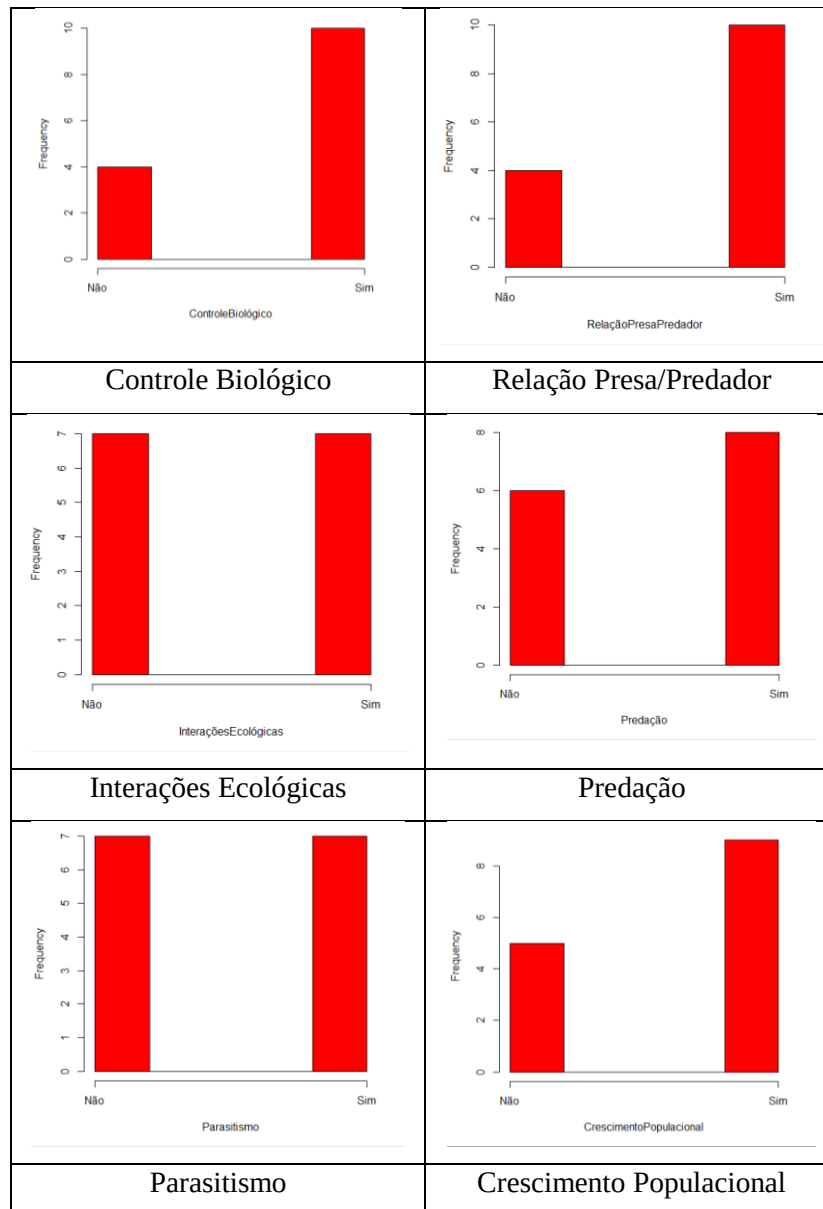
---

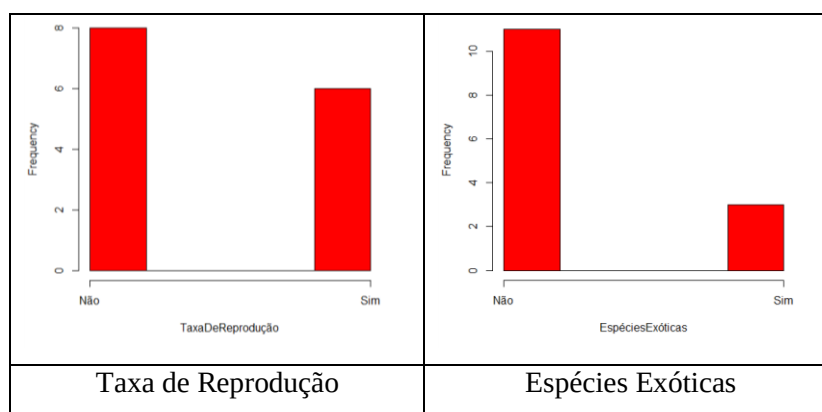
<sup>1</sup> [https://docs.google.com/forms/d/1TSJTL2liInw2koSE0xYPrxI5uB\\_\\_1rsGKMDAfl0FJxY/viewform](https://docs.google.com/forms/d/1TSJTL2liInw2koSE0xYPrxI5uB__1rsGKMDAfl0FJxY/viewform)



variáveis ordinárias. Para uma análise exploratória sobre os dados, foram feitos histogramas com o software R (Lander 2013).

Inicialmente foi realizada uma avaliação qualitativa dos alunos acerca das competências dominadas por eles. As competências envolvidas são: (a) noções gerais de controle biológico, (b) relação presa predador, (c) interações ecológicas, (d) predação, (e) parasitismo, (f) crescimento populacional, (g) taxa de reprodução e (h) espécies exóticas. A Figura 11 apresenta o histograma para cada uma das oito competências avaliadas.





**Figura 11 Histogramas das competências dos alunos acerca de CB**

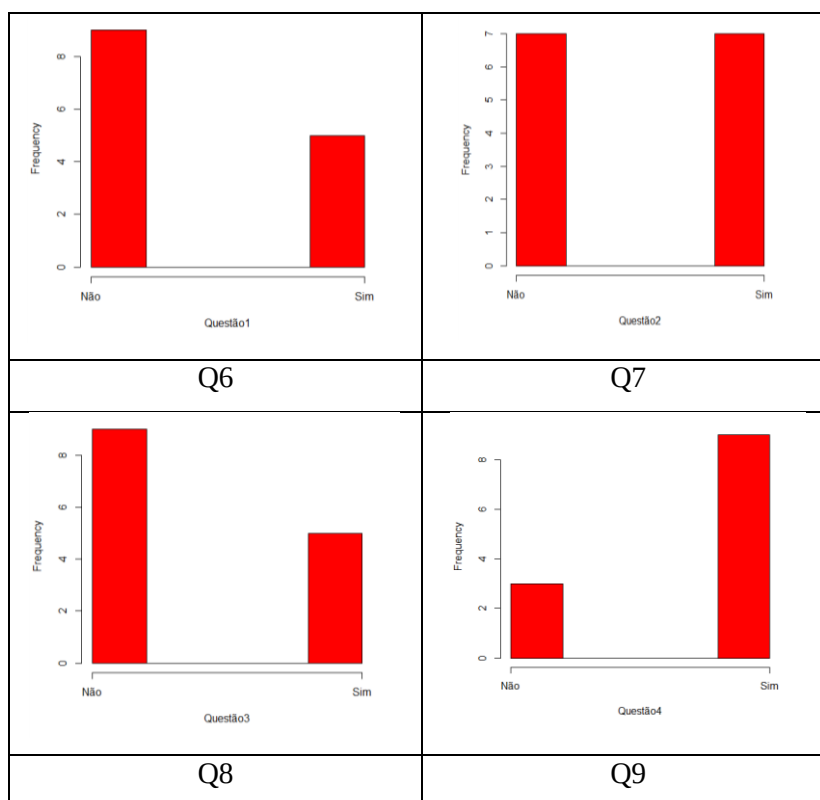
Observando a Figura 11, no que tange a noções gerais de controle biológico e relação presa predador, aproximadamente 71% dos alunos indicaram domínio do tema. No que se refere a interações ecológicas e parasitismos, por volta de 50% dos alunos indicaram domínio do tema. As temáticas relacionada à predação e crescimento populacional tiveram maior domínio pelos alunos, que indicaram respectivamente, 57% e 64% de domínio. Entretanto, a taxa de reprodução e espécies exóticas apresentaram pouco domínio por parte dos alunos, respectivamente, 43% e 21%.

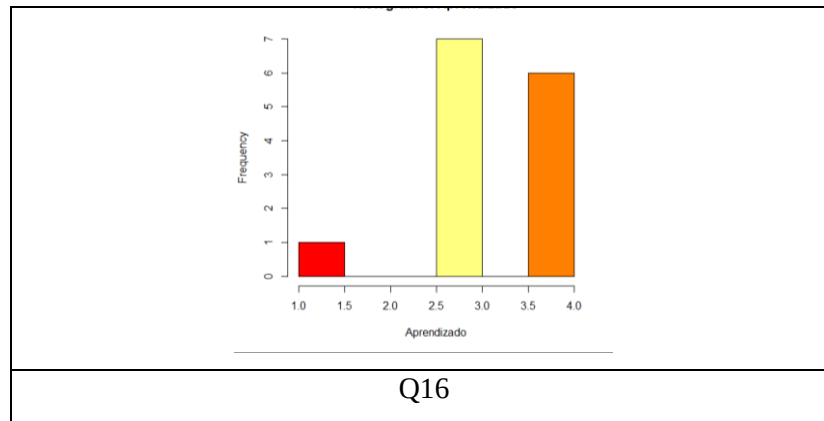
A partir desta análise qualitativa dos alunos foram avaliadas as principais questões do jogo, referentes a Q6, Q7, Q8, Q9 e Q16 do formulário do Google Forms e indicadas na Tabela 1. A Q6 avalia se o aluno percebeu a relação entre o uso do CB e o potencial descontrole que o uso do CB pode ocasionar. A Q7 avalia se o aluno é capaz de observar que a espécie que se deseja controle tem seu crescimento afetado por outros fatores, dentre os quais o próprio recurso de alimentação. A Q8 avalia se o aluno percebeu se a escolha do agente controlador mais eficaz influencia ou não no CB de uma dada praga. A Q9 verifica se o aluno entendeu que uma população, seja de predador ou praga, só pode crescer enquanto houver alimento. A Q16 avalia se o aluno percebeu a qualidade instrutiva do jogo.

**Tabela 1 Hipóteses de ensino**

| Questões | Afirmativa avaliada pelo estudante                                                                           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6        | O controle biológico é uma prática segura que não permite a ocorrência de impactos ambientais.               |
| 7        | A variação da população de uma espécie é influenciada exclusivamente pelos seus predadores.                  |
| 8        | Para um controle biológico eficiente, a escolha do agente controlador independe da espécie a ser controlada. |
| 9        | Caso possua alimento suficiente, uma população pode crescer indefinidamente.                                 |

A Figura 12 apresenta o histograma das questões Q6, Q7, Q8, Q9 e Q16. Em relação a Q6, observa-se que a maioria (64%) dos alunos respondeu que CB não é uma prática segura. Em relação a Q7 houve uma quantidade igual de respostas “sim” e “não”. Isso quer dizer que os alunos não foram capazes de observar que o alimento também influencia a variação populacional das pragas. No que tange Q8, a maioria dos alunos foi capaz de perceber que a escolha do agente controlador influencia a espécie a ser controlada, respondendo “não” a questão. Apesar disto, 36% dos alunos também responderam “sim”. Em relação a Q9, apenas 43% dos alunos discordaram desta afirmativa, percebendo que existem outro fatores (além da oferta de alimento) que influenciam o crescimento populacional. Nesta questão dois estudantes não responderam à pergunta proposta, diminuindo o número amostral para doze. Finalmente, a Q16 indicou que o potencial instrutivo do jogo é mediano com a maior parte dos alunos dando uma nota entre dois e três para o quanto o jogo os ensinou, mas a maioria dos alunos indicou ter aprendido com o jogo. Apenas um aluno indicou não ter aprendido nada com o jogo.





**Figura 12 Avaliação das hipóteses de ensino**

No formulário de avaliação haviam também as questões relacionadas à própria usabilidade do jogo, as qualidades lúdicas do jogo e seus defeitos relacionados ao desenvolvimento. Em linhas gerais, um terço dos alunos indicou ter gostado bastante do jogo, um terço indicou não ter gostado nenhum pouco e o terço restante ficou entre gostar pouco e não gostar pouco. Entretanto, a nota do jogo foi positiva. Além disto, percebemos que os alunos avaliaram o jogo como divertido e que, em geral desejam mais jogos na escola. O fator lúdico do jogo é um provável atributo para a alta nota do jogo. Em geral os alunos sugeriram, em sua maioria, que um novo jogo criado deveria ser do gênero estratégia ou ação. Foi possível observar também que os alunos identificaram diferentes tipos de erros (entre 2 e 14) durante a avaliação experimental. Os alunos também jogaram diferentes quantidades de partidas, variando entre 6 e 25. Os alunos jogaram em média 29 minutos do ControlHarvest. Alguns jogadores notaram falhas de aspecto técnico como a falta de um mecanismo de remoção de agentes controladores. Outros sugeriram algumas teclas de atalho e ainda novas variedades de plantas. Um dos alunos também indicou que as informações sobre as presas, predadores e plantas não estavam muito visíveis.

## 5 Conclusões

CB é um meio de controle de pragas que utiliza agentes controladores, ou seja, predadores ou parasitas de uma dada praga. Essa pratica deve ser usada com cautela pelo homem para controlar infestações danosas à agricultura, uma vez que podem apresentar efeitos colaterais. Isso acontece porque os agentes controladores podem, por exemplo, sair de controle e se tornarem também uma praga, ou porque um agente controlador pode ser pobre (pouco eficiente) em um dado nicho ecológico. Portanto, um agente controlador deve passar por uma bateria rigorosa de teste e estudos antes de ser liberado em um novo habitat.

Em função desta complexidade, o objetivo do trabalho foi elaborar o ControlHarvest, um jogo educacional que abordasse esta temática e explorasse CB. O jogo foi desenvolvido em Java e usou o motor de criação de jogos Greenfoot. Esse motor é bastante interativo e visual o que facilita a criação de jogos, permitindo criar também simulações e programas gráficos.

O ControlHarvest faz uso de gameificação baseada em uma perspectiva construtivista, possibilitando que o aluno se aproprie de modo lúdico dos conceitos apresentados no jogo. Em termos de enredo, o jogo se inspira na experiência de gestão de uma fazenda, trazendo a ligação entre os impactos financeiros relacionados a necessidade de CB feito de modo adequado.

Foi feita uma avaliação experimental preliminar para identificar pontos onde se a abordagem parece ser adequada. Os resultados experimentais foram promissores. Concluímos que o jogo ControlHarvest possui um bom potencial, mas que ainda não é totalmente explorado na atual versão. As respostas equivocadas de alguns estudantes evidenciam que o jogo ainda não conseguiu trabalhar, de modo totalmente claro, todos os conceitos que pretendíamos que fossem apreendidos. Ou seja, ou o jogo precisa se refinado para se tornar uma ferramenta muito boa para ensino de CB, ou precisa ser abordada juntamente com o referencial teórico para que o aluno possa experimentar melhor os conceitos no jogo. É possível também que um tutorial (ou animações) embutido ao jogo pudessem facilitar a apresentação dos conceitos, indicando aos alunos os diferentes fenômenos ocorrendo durante a partida. Ainda, a adição de teclas de atalhos e mecanismos de remoção de pragas permitiria uma melhor experiência de jogo para os alunos.

## Referência Bibliográfica

- Altieri, M. A., Rosset, P. M., Nicholls, C. I., (1997), "Biological control and agricultural modernization: Towards resolution of some contradictions", *Agriculture and Human Values*, v. 14, n. 3 (set.), p. 303–310.
- Chin, J., Harting, J., Jha, S., Coveney, P., Porter, A., Pickles, S., (2003), "Steering in computational science: Mesoscale modelling and simulation", *Contemporary Physics*, v. 44, n. 5, p. 417–434.
- Corporation Inc, (2011). Corporation Inc. *Kongregate*. Disponível em: <http://www.kongregate.com/games/ArmorGames/corporation-inc>.
- Fitocracy, (2013), *Fitocracy*, Fitocracy. Disponível em: <https://www.fitocracy.com/>.
- Flint, M. L., Dreistadt, S. H., (1998), *Natural Enemies Handbook: The Illustrated Guide to Biological Pest Control*. California, USA, University of California Press.
- Follett, P. A., Duan, J. J., (2000), *Nontarget Effects of Biological Control*. Kluwer Academic.
- Freedman, H. ., (1982), "Deterministic mathematical models in population ecology. The University of Alberta. Pure and Applied Mathematics: A series of monographs and textbooks, volume 57. Marcel Dekker, Inc., New York, 1980. x + 254 pp. US. \$29.75. ISBN 0-8247-6653-9", *Canadian Journal of Statistics*, v. 10, n. 4, p. 315–315.
- Google, (2014), *Google Forms*, <http://www.google.com/google-d-s/createforms.html>.
- Greenfoot, (2012), *Greenfoot homepage*, <http://www.greenfoot.com>.
- Handelsman, J., Stabb, E. V., (1996), "Biocontrol of Soilborne Plant Pathogens", *The Plant Cell*, v. 8, n. 10 (out.), p. 1855.
- Hoppensteadt, F., (2006), "Predator-prey model", *Scholarpedia*, v. 1, n. 10, p. 1563.
- Jong, T. D., Joolingen, W. R. V., (1998), "Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains", *Review of Educational Research*, v. 68, n. 2 (jun.), p. 179–201.
- Kapp, K. M., (2012), *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. San Francisco, CA, Pfeiffer.
- Khan Academy, (2013), *Khan Academy*, Khan Academy. Disponível em: <http://www.khanacademy.org>.
- Kongregate, (2013), *Infectionator* 2, <http://www.kongregate.com/games/TogeProductions/infectionator-2>.
- Lander, J. P., (2013), *R for Everyone: Advanced Analytics and Graphics*. 1 edition ed. Boston, Addison-Wesley Professional.
- A. Landis, D., B. Orr, D., (1996), "Biological Control: Approaches and Applications", *IPM World Textbook*, Minnesota: Radcliffe's University
- Li, Y., Kuang, Y., Smith, L., (2001), *Periodic Solutions of Periodic Delay on Lotka-Volterra Equations and Systems*.
- Mattoso, M., Ocaña, K., Horta, F., Dias, J., Ogasawara, E., Silva, V., de Oliveira, D., Costa, F., Araújo, I., (2013), "User-steering of HPC workflows: state-of-the-art and future directions". In: *Proceedings of the 2nd ACM SIGMOD Workshop on Scalable Workflow Execution Engines and Technologies (SWEET)*, p. 1–6, New York, NY, USA.
- Piaget, J., (1970), *Genetic epistemology*. New York, Columbia University Press.
- Rising Star, (2013), *Harvest Moon*, <http://www.risingstargames.com/harvest-moon.aspx>.
- Shaffer, D. W., Halverson, R., Squire, K. R., Gee, J. P., (2005), *Video Games and the Future of Learning*. WCER Working Paper No. 2005-4. Wisconsin Center for Education Research.

Toge Productions, (2013a), *Toge Productions*, Toge Productions. Disponível em: <http://togeproductions.com/>.

Zynga, (2014), *FarmVille*, Zynga. Disponível em: <http://company.zynga.com/games/farmville>.

, (2013b). Toge Productions. *Toge Productions*. Disponível em: <http://togeproductions.com/>.

## Apêndice I – Diagramas de Caso de Uso

Neste apêndice são apresentados os casos de uso “Manter Mapa”, “Iniciar Jogo”, “Vender Item”, “Comprar Item”, “Comprar Predador”, “Comprar Planta” e “Realizar Colheita”.

### 5.1 Caso de uso: Plant

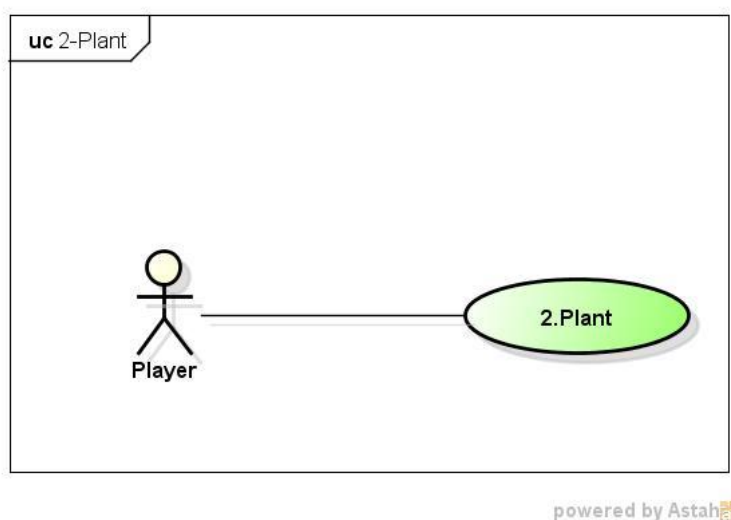


Figura 13 Diagrama do caso de uso Plant

**Ator Primário:** Player

**Ator Secundário:** -

**Pré-Condições:** -Ter comprado uma semente

**Fluxo Principal**

1. O Player coloca a semente no mapa
2. O sistema começa o crescimento da semente.
3. Fim do caso de uso.

**Pós-Condições:** -



## 5.2 Caso de uso: Release Hunter

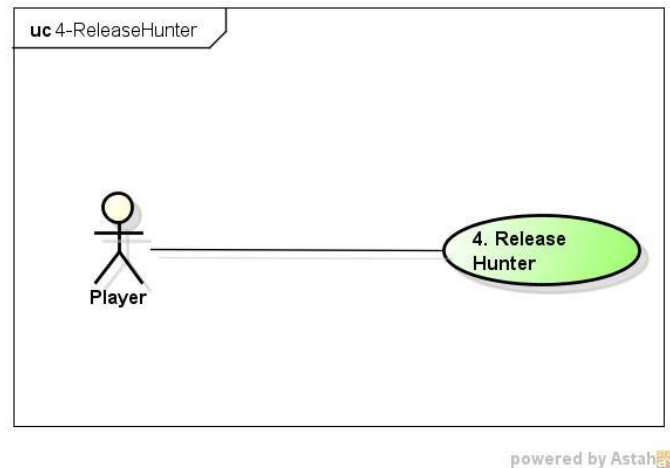


Figura 14 Diagrama do caso de uso Release Hunter

**Ator Primário:** Player

**Ator Secundário:** -

**Pré-Condições:** - Ter comprado ao menos um predador

**Fluxo Principal:**

1. O jogador coloca o predador na tela.
2. O sistema movimenta o predador aleatoriamente.
3. Fim do caso de uso.

**Pós-Condições:** -

## 5.3 Caso de uso: Buy Hunter

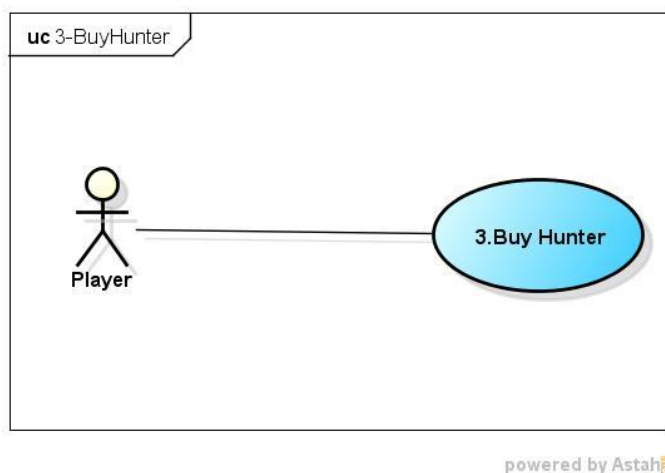


Figura 15 Diagrama do caso de uso Buy Hunter

**Ator Primário:** Player

**Ator Secundário: -**

**Pré-Condições:** Ter comprado pelo menos uma semente.

**Fluxo Principal**

1. O Player solicita a compra de predador
2. O sistema exibe os predadores disponíveis.
3. O Player seleciona o predador.
4. O sistema decrece o valor do predador do capital do Player.
5. Fim do caso de uso.

**Fluxo de Exceção 1: O jogador não possui capital suficiente.**

6. O sistema informa ao Player que ele não pode realizar a compra.
7. O caso de uso volta ao passo 2.

**Pós-Condições: -**

## 5.4 Caso de uso: Buy Seed

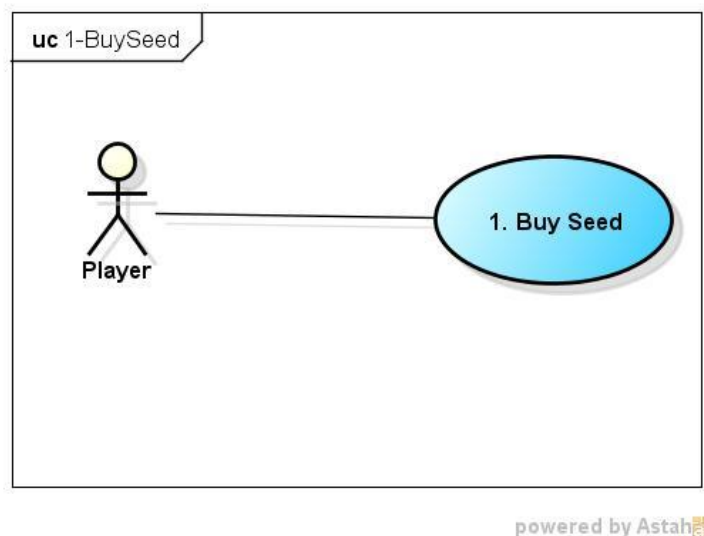


Figura 16 Diagrama do caso de uso Buy Seed

**Ator Primário:** Player

**Ator Secundário: -**

**Pré-Condições: -**

**Fluxo Principal**

1. O Player solicita a compra de sementes.
2. O sistema exibe as sementes disponíveis.
3. O Player seleciona a semente.
4. O sistema decrece o valor da semente do capital do Player.

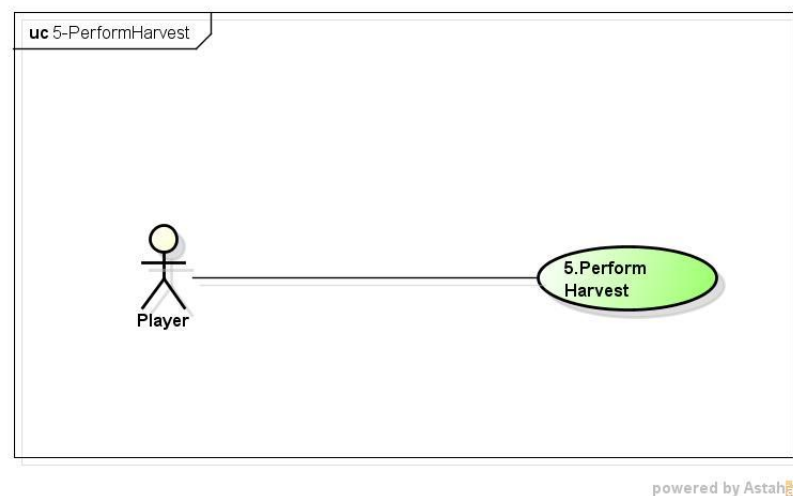
5. Fim do caso de uso.

**Fluxo de Exceção 1: O jogador não possui capital suficiente.**

1. O sistema informa ao Player que ele não pode realizar a compra.
2. O caso de uso volta ao passo 2.

**Pós-Condições:** -

## 5.5 Caso de uso: Perform Harvest



**Figura 17 Diagrama do caso de uso Perform Harvest**

**Ator Primário:** Player

**Ator Secundário:** -

**Pré-Condições:** -Ter plantado pelo menos uma semente.

**Fluxo Principal**

1. O Player solicita a execução da colheita.
2. O sistema pede que o jogador selecione os canteiros.
3. O Player seleciona os canteiros.
4. O sistema realiza a colheita e salva as alterações.
5. Fim do caso de uso.

**Pós-Condições:** -