



Universidade Estadual de Feira de Santana
Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada

CALANGOS 3: UM JOGO DIGITAL PARA O ENSINO DE ECOLOGIA POPULACIONAL

Mateus Neves de Matos

Feira de Santana

2019



Universidade Estadual de Feira de Santana
Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada

Mateus Neves de Matos

CALANGOS 3: UM JOGO DIGITAL PARA O ENSINO DE ECOLOGIA POPULACIONAL

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Feira de Santana como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Orientador: Angelo Conrado Loula

Coorientador: Charbel Niño El-Hani, UFBA

Feira de Santana

2019

Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

Matos, Mateus Neves de
M382c Calangos 3: um jogo digital para o ensino de ecologia populacional /
Mateus Neves de Matos. - 2019.
104f. : il.

Orientador: Angelo Conrado Loula
Coorientador: Charbel El-Hani
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Feira de
Santana. Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, 2019.

1. Calangos 3 (jogo de computador). 2. Jogos educativos. 3. Serious
games. 4. Ecologia – Jogos educativos. I. Loula, Angelo Conrado, orient.
II. El-Hani, Charbel Niño, coorient.. III. Universidade Estadual de Feira de
Santana. IV. Título.

CDU:.004.92:577.4

Mateus Neves de Matos

Calangos 3: um jogo digital para o ensino de ecologia populacional

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Feira de Santana como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Feira de Santana, 16 de setembro de 2019

BANCA EXAMINADORA



Dr. Angelo Conrado Loula (Orientador)
Universidade Estadual de Feira de Santana



Dr. Victor Travassos Sarinho
Universidade Estadual de Feira de Santana



Dra. Cláudia Pinto Pereira
Universidade Estadual de Feira de Santana

Abstract

Ecology is an important subject present in the middle and high school curriculum. But, despite its importance, it faces several challenges in its teaching and learning in the classroom. Within this context, educational games emerge as a way to motivate students to learn using the fun and exploration of these concepts in a practical and interactive experience. This dissertation describes the development and evaluation of Calangos 3, an educational game for teaching population ecology and intra and interspecific relations. This game was applied to High school students as a way to evaluate the impacts on their motivation in relation to Ecology and its themes. This analysis is quantitative and occurs on the data collected through a questionnaire applied to students after the game. This questionnaire will follow the MEEGA + model, presented by Petri et al. (2018), who developed this tool to evaluate the quality of educational games. The result of the questionnaire showed that the game was able to entertain, to draw attention and, according to the students, to convey the theoretical concepts related to ecology. Despite this, the game showed some points which need to be worked out regarding difficulty and lack of interaction. In addition to this, the game was also able to successfully replicate the various phenomena involved in the relationships between organisms and population dynamics.

Keywords: Educational Games, Ecology, Education, Serious Games

Resumo

A ecologia é uma matéria presente no currículo do ensino fundamental e médio que, apesar de sua importância, apresenta diversos desafios no seu ensino-aprendizagem em sala de aula. Dentro desse contexto, jogos educativos surgem como forma de motivar os alunos em relação ao aprendizado utilizando a diversão e exploração destes conceitos de forma prática e interativa. Esta dissertação descreve o desenvolvimento e avaliação do Calangos 3, um jogo educativo para o ensino de ecologia populacional e relações intra e interespecíficas. O jogo desenvolvido foi aplicado a estudantes do ensino médio como forma de avaliar os impactos na motivação destes alunos em relação à Ecologia e seus temas abordados. Esta análise foi quantitativa e ocorreu em cima de dados coletados por meio de um questionário aplicado aos estudantes submetidos ao jogo. Este questionário seguiu o modelo MEEGA+, apresentado por Petri et al. (2018), que desenvolveram esta ferramenta para avaliar a qualidade de jogos educativos. O resultado do questionário evidenciou que o jogo foi capaz de entreter, tomar a atenção e, segundo os alunos, de transmitir os conceitos teóricos envolvidos. Apesar disso, o jogo apresentou alguns pontos de melhoria quanto a dificuldade e a falta de interação. Por fim, o jogo também foi capaz de replicar de forma descomplicada os diversos fenômenos envolvidos nas relações entre organismos e dinâmicas de população.

Palavras-chave: Jogos Educativos, Ecologia, Educação, Serious Games

Prefácio

Esta dissertação de mestrado foi submetida a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Computação Aplicada.

A dissertação foi desenvolvido dentro do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PGCA) tendo como orientador o Dr. **Angelo Conrado Loula** e co-orientador o Dr. **Charbel El-Hani** do Instituto de Biologia da UFBA.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a meus Pais Paulo e Zeneide Matos por todo o amor e apoio durante todas as fases da minha vida. O incentivo deles ao estudo e à procura da excelência sempre me ajudaram a seguir em frente. Isto se estende a meus familiares, irmãos, tios e primos, os quais gostaria de agradecer pelo amor, paciência e compreensão pelas ausências causadas pelos estudos.

A minha namorada Pollianna, gostaria de agradecer por todo o amor, suporte e paciência durante esta etapa tão conturbada de nossas vidas. Sem o apoio dela esse processo teria sido, certamente, muito mais difícil. Obrigado por estar sempre ao meu lado.

A meu Orientador, O Prof. Doutor Angelo Conrado Loula, gostaria de agradecer por todo esforço colocado em minha orientação e por todo o aprendizado que me foi proporcionado. Tenho certeza que essa dissertação é um produto dessa dedicação e é uma vitória tão minha quanto dele. Obrigado pelo suporte e pela paciência.

A meu Coorientador, O prof. Doutor Charbel Nino El Hani, gostaria de agradecer por todo o suporte e conhecimento compartilhado. Sem sua ajuda no campo da Ecologia este trabalho não seria possível.

Aos colegas, professores e funcionários do Programa de Pós Graduação em Computação Aplicada, que tornaram essa experiência de crescimento e aprendizado ainda mais rica e satisfatória. Por todo o suporte e conhecimento compartilhado, obrigado.

A todos os funcionários do Instituto De Educação Gastão Guimarães e em especial à Prof. Doutora Vanessa Reis por todo o auxílio e dedicação no processo de avaliação do Calangos 3 e por todo seu esforço em prol de uma educação pública de qualidade.

Sumário

Abstract	i
Resumo	ii
Prefácio	iii
Agradecimentos	iv
Sumário	vii
Lista de Tabelas	viii
Lista de Figuras	x
Lista de Abreviações	xi
Lista de Símbolos	xii
1 Introdução	1
1.1 O projeto Calangos	3
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo Geral	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Organização do trabalho	6
2 Jogos e o ensino de Ecologia	7
2.1 Jogos	7
2.1.1 Jogos e o Estado de Fluxo	8
2.1.2 Jogos Eletrônicos	8
2.1.3 Jogos x Simulação	9
2.1.4 Jogos e Educação	10
2.2 A Ecologia de Populações e as Relações entre Organismos	12
2.2.1 Organismos e espécies	13
2.2.2 Relações entre organismos	13
2.2.3 Dinâmicas de população	14

2.3	Trabalhos relacionados	18
3	Metodologia	22
3.1	O caso real	22
3.2	Modelagem computacional	23
3.2.1	Modelagem baseada em indivíduos	24
3.2.2	Requisitos	25
3.3	Desenvolvimento do jogo	27
3.3.1	Decisões de Projeto	28
3.3.2	1ª Etapa - Relações intraespecíficas	29
3.3.3	2ª Etapa - Relações Interespecífica	29
3.3.4	3ª Etapa - Relações indivíduo ambiente	30
3.4	Avaliação	30
3.4.1	Análise dos resultados	32
3.4.2	Escala de qualidade	34
4	O jogo	36
4.1	Tecnologias e plataforma	36
4.2	Objetivos do jogador	37
4.2.1	Visualização e controles do jogador	38
4.3	Comportamentos das plantas	39
4.4	Comportamentos dos animais	41
4.5	Mecânica de clima	45
4.6	Interações	46
4.7	Fases do jogo	48
4.7.1	Tutorial 1	49
4.7.2	Tutorial 2	50
4.7.3	Tutorial 3	50
4.7.4	Tutorial 4	50
4.7.5	Modo Livre	51
5	Resultados	52
5.1	Resultados da modelagem	52
5.1.1	Potencial biótico	52
5.1.2	Controle populacional	52
5.1.3	Extinção e causas de mortalidade	54
5.2	Resultados da aplicação em sala de aula	54
5.2.1	Descrição dos dados	55
5.2.2	Resultado da análise	56
6	Considerações Finais	62
	Referências Bibliográficas	64
A	Questionário ao alunos	70

B	Guia de aplicação	74
C	Game Design Document	78

Lista de Tabelas

3.1	Tabela com as plantas presentes no Calangos 3 e seus atributos . . .	25
3.2	Níveis de qualidade de um jogo educacional	35

Lista de Figuras

1.1	Imagem do primeiro jogo Calangos.	3
1.2	Dunas do médio São Francisco. Fonte.: Expedição Ribeirinhos do velho Chico ¹	4
2.1	Exemplo do comportamento do sistema de equações diferenciais Lotka-Volterra. Fonte: Próprio Autor.	17
2.2	Curvas de potencial biótico e crescimento real. Fonte: Repositório da cosultec, vestibular da UESB de 2015 ²	18
3.1	Relações entre os diferentes arquétipos no Calangos.	25
3.2	Diferentes tipos de interações entre os lagartos e plantas no jogo	26
3.3	MEEGA+. Decomposição dos componente avaliativos. Fonte.: Petri, Gresse von Wangenheim e Borgatto (2018)	33
4.1	Exemplo de projeção Isométrica	36
4.2	O medidor de biomassa informa o jogador da quantidade atual disponível	37
4.3	A barra de unidades contém informações e a quantidade de biomassa necessária para a inserção de um grupo de cada espécie	38
4.4	Visão superior do cenário do Calangos 3.0	39
4.5	O painel de unidade exibe informações sobre a unidade selecionada pelo jogador. Outras espécies além da espécie principal podem ser selecionadas	40
4.6	Gráfico para consulta dos jogadores. Verde: Alimento, Azul: Espécie principal, Vermelho: Predadores	40
4.7	Máquina de estados dos competidores	42
4.8	Máquina de estados dos predadores	42
4.9	Máquina de estados do lagarto macho	43
4.10	Máquina de estados do lagarto fêmea	44
4.11	Diagrama de fluxo de decisão do Lagarto em competição	48
5.1	Curva exponencial da quantidade de calangos durante o tempo. Verde: Alimento, Azul: Espécie principal, Vermelho: Predadores	53

5.2	Redução da população da espécie principal após inserção de predadores. Capturada durante a execução do jogo. Verde: Alimento, Azul: Espécie principal, Vermelho: Predadores, Amarelo: Competidores . . .	53
5.3	Extinção da espécie principal capturada durante a execução do jogo. Azul: Espécie principal, Vermelho: Predadores	54
5.4	Resposta dos alunos em relação à frequência com que jogam jogos digitais	55
5.5	Resposta dos alunos em relação à frequência com que jogam jogos analógicos	56
5.6	Resposta dos alunos em relação à usabilidade.	57
5.7	Resposta dos alunos em experiência de usuário.	58
5.8	Códigos obtidos através das respostas dos alunos.	59

Lista de Abrebiações

ANOVA	Analysis of variance ou Análise de variância
GDD	Game design document
Sig.	Singnificância
TRI	Teoria de resposta ao item

Lista de Símbolos

Símbolo	Descrição
$\Delta\theta$	Varição de temperatura
Φ	Fluxo de calor
$\theta_{50.15}$	Escore na escala 50.15
$\theta_{0.1}$	Escore na escala 0.1

Capítulo 1

Introdução

Ecologia envolve o estudo científico das interações entre os organismos e seu ambiente (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2009), sendo um tema abordado no ensino fundamental e médio. Lacreu (1998 apud MOTOKANE; TRIVELATO, 1999) ressalta a importância do ensino de Ecologia para a sala de aula do ensino básico:

Os cidadãos têm poucas ferramentas que permitam exercer um verdadeiro controle no cuidado do ambiente. Se não conhecemos a profundidade das relações na natureza, se não compreendemos até que ponto os diversos fatores integram entre si, jamais as decisões relevantes passarão por nossas mãos e sempre haverá aqueles que pretendem vender “espelhos ecológicos” enquanto são responsáveis pelos maiores desastres ecológicos do planeta.

Segundo Begon, Townsend e Harper (2009), A Ecologia estuda os organismos, que são as diversas formas individuais de vida, sob várias perspectivas. Ela abrange desde o comportamento de um único indivíduo dos seres até suas relações, seu comportamento em populações, e sua distribuição geográfica. Dentre estes assuntos, a dinâmica de populações se destaca como um importante tema. Isso porque ela envolve as inúmeras formas que as populações de indivíduos podem tomar, estudando o modo como estas se comportam e interagem entre si. Essas dinâmicas de populações estão atreladas aos conceitos de equilíbrio ecológico, já que é o delicado balanço gerado por suas interações que garante um ecossistema equilibrado. Estudar estas dinâmicas ajuda os estudantes a entenderem como pequenas alterações podem romper o equilíbrio de populações em um ecossistema e como ela depende das demais para se manter. Entender essa frágil relação permite os estudantes a se tornarem conscientes sobre o meio ambiente em que vivem.

Apesar de sua importância, o ensino de Ecologia nas escolas brasileiras (MOTOKANE; TRIVELATO, 1999), ou mesmo em outras partes do mundo (BOOTH; SINKER, 2010) apresenta diversas dificuldades. Dentre elas, Silva (2012) destaca o “caráter fragmentado e centrado na memorização de conceitos, além da pouca

utilização de estratégias metodológicas que estimulem o raciocínio, a criatividade e o senso crítico dos alunos”. Somado a isto, há também uma grande quantidade de conceitos presentes na Ecologia do ensino médio (CARVALHO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2011), tornando este processo de memorização descrito por Silva (2012) ainda mais ineficiente. Esse problema é ainda mais grave em assuntos complexos, como dinâmica de populações, que por apresentar uma visão mais ampla das relações ecológicas, demanda o conhecimento prévio de como organismos funcionam individualmente e ainda traz novos temas relacionados a populações, as quais têm características próprias. Assim, ela traz consigo diversos novos conceitos como taxas de mortalidade e natalidade, crescimento populacional, resistência ambiental, potencial biótico entre outras. Todos estes temas são essenciais no estudo de populações e devem ser compreendidos para que as dinâmicas entre populações sejam analisadas e interpretadas de forma correta (KORFIATIS et al., 1999). Esses conceitos serão apresentados em mais detalhes na próxima seção.

Considerando estes problemas, uma maneira diferente de abordar assuntos como Ecologia é por meio de experimentações controladas. Essa ferramenta é utilizada por pesquisadores da área para testar suas hipóteses (FINN; MAXWELL; CALVER, 2002). Ela pode ser feita com um baixo custo e pouca logística por meio de *softwares* de simulação. Korfiatis et al. (1999) descreve resultados positivos do uso de simulações para o ensino de dinâmica de populações, especificamente no que tange à matemática envolvida no processo ecológico. Esse tipo de atividade deve vir acompanhado de aulas expositivas, para que alguns conceitos teóricos importantes sejam abordados. Além disso, simulações não são desenvolvidas com o objetivo de entretenimento (CRAWFORD, 1982) e diversão. Isso pode afetar a motivação dos estudantes em relação à atividade.

Como uma alternativa de ensino, os jogos digitais trazem consigo o poder de criar um ambiente mais lúdico e de maior engajamento. Dessa maneira, jogos digitais educativos têm surgido como uma forma de mudar a mecânica tradicional de ensino em que o aluno assume um papel passivo em relação à sua aprendizagem. Segundo Kafai e Burke (2015), jogos representam novas formas de aprendizagem ativa, trazendo o aluno para um papel de ator no processo de construção do seu conhecimento. Com isso, se almeja um aumento no estímulo do aluno em relação ao tema de estudo.

Charsky (2010), em seu trabalho, evidencia a necessidade de novas ferramentas de ensino, que estimulem estes alunos a desenvolverem seu senso crítico e que os possibilitem serem capazes de construir seu próprio conhecimento de forma mais completa, evitando então a simples memorização. Contudo, muitos dos jogos educacionais são mal trabalhados e de pouco resultado. Zyda (2005) atrela esse mal resultado a jogos que são, no fim, aulas disfarçadas de jogos. Um exemplo disso são jogos cujo objetivo do jogador é sempre o próprio objetivo didático, baseados em repetição de atividades didáticas, com interface de jogos e diálogos que tentam chamar a atenção do jogador. Dessa forma, existe também a necessidade de se criar jogos para educação que fujam deste paradigma. Nesse sentido, Zyda (2005) observa que o objetivo ideal é o de estimular o raciocínio lógico e gerar um aprendizado mais amplo.

Desse modo, é dentro deste contexto de jogos educativos que surge o Calangos, projeto que surge como uma alternativa para auxiliar o ensino de Ecologia em sala de aula.

1.1 O projeto Calangos

O Calangos é uma série de jogos educacionais para apoio ao ensino e aprendizagem de Ecologia, desenvolvida e validada a partir de um grupo de pesquisa composto por três universidades: Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Os jogos têm como atores principais os lagartos encontrados na bacia do rio São Francisco, conhecidos popularmente na região Nordeste do Brasil como calangos. Esses animais são utilizados no jogo como forma de introduzir temas centrais da Ecologia, além de apresentar aos estudantes o importante bioma em que estão inseridos.



Figura 1.1: Imagem do primeiro jogo Calangos.

A região da Bacia do Rio São Francisco, mais especificamente nas dunas do médio São Francisco (Ver figura 1.2) são o caso real utilizado nestes jogos. Aqui se encontra o bioma da Caatinga presente no Nordeste da Bahia. Este bioma, que é exclusivamente brasileiro, cobre aproximadamente 700,000 km² da região Nordeste

e apresenta um dos ambientes mais inóspitos por conta de sua conjuntura de fatores físicos como umidade, temperatura etc (ROCHA; QUEIROZ; PIRANI, 2004). Apesar disto, este bioma apresenta uma grande diversidade de espécies especialmente se comparado a outras regiões semi-áridas do mundo (BENSUSAN; BRASIL, 2006). Mesmo com tudo isso, a Caatinga ainda é um bioma pouco conhecido e estudado, como mostra o trabalho de Santos et al. (2011).



Figura 1.2: Dunas do médio São Francisco. Fonte.: Expedição Ribeirinhos do velho Chico ²

O projeto foi dividido em quatro etapas como forma de dividir os diferentes conceitos ecológicos. As duas primeiras etapas foram desenvolvidas como jogos em trabalhos anteriores (LOULA et al., 2014)(CALMON et al., 2013). A primeira etapa foca no lagarto como indivíduo e suas diversas estratégias de sobrevivência, reprodução e interações com os elementos presentes no bioma trabalhado. Para sobreviver, o jogador deve buscar alimentos, evitar predadores e manter a temperatura interna do lagarto sobre controle. A segunda etapa, mais especificamente, trabalha com a forma como as características fisiológicas do lagarto influenciam a sua sobrevivência, já que permite ao jogador customizar características de seu animal, como tamanho do corpo ou da cabeça. Essas escolhas influenciam inclusive na dieta do lagarto, já que esse animal quando apresenta uma cabeça maior, pode ingerir frutos ou animais maiores. Nessas primeiras etapas o jogador controla um lagarto e deve sobreviver, se desenvolver e reproduzir. O jogo, que incluiu as duas primeiras etapas, pode ser visto na figura 1.1

A proposta da terceira etapa, por sua vez, envolve os lagartos como população, de forma que o jogador pode observar as dinâmicas populacionais e as relações entre

²Disponível em: <<http://expedicaoorc.blogspot.com/2017/01/dunas-do-sao-francisco.html>>

indivíduos de uma mesma espécie ou de espécies diferentes. Essa, foi iniciada por Izidoro e Silva (2012), que desenvolveram uma simulação focada nos seus conceitos. Porém, apesar de conseguir simular os fenômenos ecológicos, esse trabalho não teve proposta de ser usada como ferramenta de ensino, também não tem características lúdicas e não pode ser considerado um jogo. Assim, o Calangos 3, foco desta dissertação, foi desenvolvido para cobrir esta terceira etapa na forma de um jogo, sendo um *software* novo e independente dos dois primeiros jogos da série.

A quarta e última etapa deverá introduzir conceitos de evolução e trabalhar com diversas gerações de lagartos e os impactos de suas mudanças genéticas. É importante notar que a ordem das etapas foi pensada de forma a seguir uma lógica didática, e cada nova etapa irá fazer uso dos conceitos trabalhados nas anteriores. Dito isto, esta etapa não foi desenvolvida ainda e não será contemplada neste trabalho, ficando a cargo de futuros trabalhos deste grupo de pesquisa.

Retornando às primeiras etapas do Calangos, essas já foram aplicadas em um contexto educacional como forma de validar os resultados esperados em sua concepção. Em seu artigo, Machado et al. (2014) descrevem a aplicação do Calangos e propõem a utilização do jogo com o acompanhamento e mediação do professor para garantir um ensino mais amplo e evitar concepções erradas sobre o tema. Eles ressaltam o potencial destes jogos como ferramenta motivadora. Porém, como neste trabalho foi dado um foco especial ao tema de Nicho ecológico e por este ser um tema complexo, os autores encontraram dificuldades em desenvolvê-lo com os estudantes. Subtemas importantes e conceitos considerados estruturantes para o ensino de Nicho apresentaram uma boa absorção por parte dos alunos, mas, como dito anteriormente, uma mediação e algumas estratégias didáticas como a análise de gráficos gerados pelo jogo foram necessários para garantir uma melhor compreensão dos temas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver e avaliar um jogo didático digital para auxiliar o ensino-aprendizagem de dinâmica populacional e das relações intra e interespecíficas, dentro do conteúdo de Ecologia do ensino médio.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos propostos no presente trabalho são:

1. Criar uma ferramenta que permita ao estudante uma compreensão mais ampla das relações intra e interespecíficas presentes em uma população de lagartos.

2. Projetar um modelo computacional que simule de maneira adequada os fenômenos ecológicos representados no jogo.
3. Colaborar com o ensino-aprendizagem das dinâmicas populacionais a partir de uma população de lagartos do Médio São Francisco através do objeto de aprendizagem do jogo.
4. Avaliar a ferramenta a partir da sua aplicação ao seu público-alvo de estudantes do ensino médio.

1.3 Organização do trabalho

No capítulo, a seguir serão abordados alguns conceitos de jogos e sua aplicação na educação (Seção 2.1). Em sequência, alguns dos temas importantes da Ecologia do ensino médio, que serão trabalhadas no Calangos serão explicados de forma breve para facilitar o entendimento do texto (Seção 2.2). Por fim, os Trabalhos relacionados serão apresentados e descritos (Seção 2.3).

Já o terceiro capítulo traz os passos metodológicos utilizados durante a pesquisa. Ele se inicia introduzindo o tipo de modelagem escolhido para simular o fenômeno trabalhado no jogo (Seção 3.2). Depois, as etapas do processo de desenvolvimento do Calangos 3 são descritas (Seção 3.3). E por fim, ocorre o planejamento da etapa de avaliação em conjunto com o levantamento das ferramentas que serão utilizadas para a captura e a análise dos dados de pesquisa (Seção 3.4).

No que diz respeito ao quarto capítulo, descreve-se o jogo desenvolvido sob diversos aspectos: suas tecnologias e a sua plataforma alvo (Seção 4.1); os objetivos do jogador (Seção 4.2); os modelos de comportamentos dos indivíduos representados no jogo (Seções 4.3 e 4.4); as mecânicas de clima (Seções 4.5); as interações entre os indivíduos, segundo a modelagem do jogo (Seção 4.6) e a descrição das fases do jogo (Seção 4.7).

No que se refere ao quinto capítulo, são introduzidos os resultados obtidos nesta pesquisa. Aqui serão abordados os resultados da modelagem utilizada por meio de uma comparação com o fenômeno real (Seção 5.1), bem como os resultados de uma aplicação do jogo em sala de aula, a partir de dados coletados durante esta intervenção (Seção 5.2).

O sexto e último capítulo será o encerramento deste trabalho trazendo as considerações finais e descrevendo as suas possíveis aplicações e caminhos de pesquisa que podem ser trilhados futuramente.

Capítulo 2

Jogos e o ensino de Ecologia

2.1 Jogos

É muito difícil encontrar um consenso sobre o que define um jogo. Para tentar formular o que compõe essa atividade cultural, muitos autores elencam características que podem ser atribuídas a ele. Segundo Huizinga (2003), o jogo:

“é uma atividade ou ocupação voluntária, exercida num certo nível de tempo e espaço, segundo regras livremente consentidas e absolutamente obrigatórias, dotado de um fim em si mesmo, atividade acompanhada de um sentimento de tensão e alegria, e de uma consciência de ser que é diferente daquela da vida cotidiana”.

Ainda segundo Huizinga (2003), jogos funcionam muitas vezes como uma fuga da realidade e trazem em si regras diferentes das que a regem. Estas regras são obrigatórias e servem para limitar o escopo do jogo e o número de ações possíveis dos jogadores. Estas limitações moldam-no e o ajudam a dar o senso de desafio e propósito que mantém o jogador focado. Em um jogo, os jogadores participam com um objetivo final, e para isso procuram a melhor forma de alcançá-lo. Como todo jogo traz em si riscos e recompensas, mesmo que sejam apenas o ato de perdê-lo ou vencê-lo, ele exige dos jogadores uma dedicação e atenção mínima para sua execução. As regras e objetivos dos jogos também definem seu fim. Diferente da vida real, o jogo tem uma duração muito menor e isso permite a fixação dos jogadores no momento e possibilita a repetição de sua execução. Desta forma, jogos podem ser repetidos diversas vezes e ações podem ser repensadas, melhorados, testadas e validadas.

Como explica Suits (1967), diferente de regras ou leis da vida real em sociedade, as regras dos jogos são livremente aceitas e seguidas pelos jogadores com o único objetivo de permitir que o jogo seja possível. Desse modo, os objetivos e regras de um jogo estão intimamente ligados. Em um jogo de golfe, por exemplo, o objetivo não é

só o de colocar a bola no buraco, mas juntamente com outras demais regras, colocá-la a uma determinada distância por meio de uma tacada, utilizando, obrigatoriamente um taco. Desta forma, colocar a bola com as mãos não cumpre o objetivo. Vale ressaltar aqui que a participação voluntária do jogador é necessária para que o jogo ocorra. O jogo é, antes de mais nada, uma expressão de liberdade. A capacidade dos jogos de entreter e motivar é possível, dentre outros motivos graças ao estado de *flow* que será explicado na próxima subseção.

2.1.1 Jogos e o Estado de Fluxo

Durante uma sessão de jogos pode ser observado em jogadores um estado de total concentração, no qual o indivíduo perde a noção do fluxo normal do tempo. Esse estado é muitas vezes associado à sensação de divertimento e é conhecido como estado de *flow* ou estado de fluxo. Csikszentmihalyi (2013) descreve as condições desse estado como um sistema em que há uma sensação de que suas habilidades são adequadas para lidar com as situações e de que os desafios não são muito fáceis nem muito difíceis, em que há um objetivo claro e há um senso de controle de suas próprias ações. Nesse estado, se atinge um nível de concentração, no qual todo o senso de tempo é perdido e o indivíduo não tem mais atenção sobrando para outros fatores externos. Nesse estado o sentimento de satisfação é tão grande que este indivíduo irá voluntariamente participar desta atividade independente de qualquer retorno.

Ao desenvolver um jogo, *designers* buscam sempre permitir que esse estado de fluxo ocorra e se mantenha durante curso do jogo. Porém mantê-lo é uma tarefa árdua já que repetições incessantes, grandes penalidades ou fenômenos que gerem uma interrupção de um estado de suspensão da realidade podem desencadear em uma quebra desse estado. Pavlas (2010) tenta avaliar, entre outros pontos, as influências de algumas características de jogos no *Flow*, na motivação e, conseqüentemente, no aprendizado baseando-se no trabalho de Csikszentmihalyi (1990). Ele resume quatro principais características: desafio, feedback, objetivos claros e controle. O equilíbrio entre o desafio e a habilidade do jogador influencia na dificuldade percebida e é um dos pontos chaves para alcançar esse estado. Para Feedback, ter conhecimento sobre o resultado de suas ações no jogo é importante e traz um sentimento de recompensa. Objetivos claros permitem que o jogador tenha uma noção clara de sua performance e de sua posição em relação à vitória em qualquer momento do jogo. Por último, controle envolve o poder do jogador de modificar o mundo do jogo e controlá-lo e apresenta grande influência na busca pelo estado de *Flow*.

2.1.2 Jogos Eletrônicos

Jogos existem há muito tempo e, segundo Huizinga (2003), precedem até mesmo à cultura, já que existem mesmo fora da humanidade. Animais participam de jogos e

brincadeiras desde muito novos e isso faz com que fiquem mais preparados para lidar com outros aspectos da natureza, como a caça, por exemplo. Quanto à humanidade, seus jogos sempre estiveram presos a interações físicas e analógicas. Até algumas décadas atrás, as formas mais populares de jogos eram representadas por esportes ou jogos de carta e tabuleiros, por exemplo.

Com o desenvolvimento dos computadores pessoais, foi possível a criação de jogos digitais, que fazem uso de ferramentas computacionais para mediar o andamento de uma sessão de jogo. Em um jogo digital, as regras e as condições de vitória são regidas por um *software*. A capacidade de jogos eletrônicos de simularem a realidade fez com que eles pudessem ser mais imersivos, possibilitando aos jogadores uma maior sensação de presença. Tamborini e Skalski (2006) descrevem a sensação de presença como um estado psicológico, no qual a experiência subjetiva de uma pessoa é criada por uma mídia tecnológica sem muita noção da forma na qual esta mídia molda sua percepção. Assim, jogos eletrônicos podem criar condições pelas quais o jogador, com o foco deslocado da sua realidade, consegue manter uma maior concentração na experiência que o jogo o proporciona.

Essa capacidade de simular fenômenos reais fez com que o conceito de jogos se confundisse ao de simulações. Jogos, no entanto, são fundamentalmente diferentes de simulações em suas características mais básicas e, apesar de poderem conter elementos de simulação, estes são entidades independentes. Estas diferenças serão abordadas em mais detalhes na subseção a seguir.

2.1.3 Jogos x Simulação

Simulações podem ser utilizadas para aprender ou praticar determinada tarefa ou para entender melhor o comportamento de um determinado fenômeno. No contexto de simulações com objetivos instrucionais ou educacionais, Gredler (1996) descreve dois tipos principais de simulações: experimentais e simbólicas. No primeiro caso encontram-se aquelas em que o aluno é colocado em um papel dentro de uma realidade simulada. Aqui, o aluno fica encarregado de realizar as tarefas deste papel, tomando decisões e trilhando caminhos possíveis dentro dessa simulação. Um exemplo disso pode ser o de alunos de Direito simularem sua atuação em um tribunal fictício. Este tipo de simulação não requer recursos de computação para ocorrer e tem o aluno como um dos atores principais da simulação.

A simulação simbólica, por sua vez, trabalha em cima de interações dinâmicas entre duas ou mais variáveis, como por exemplo, a simulação ecológica do comportamento de populações de organismos. Neste cenário, o aluno não fará parte diretamente da simulação e se colocará como um observador externo, que terá poder de manipular as variáveis dessa simulação. Este tipo de simulação, então, se difere da primeira pela mudança no papel do aluno em sua dinâmica e na forma como os comportamentos do aluno podem ser reforçados positivamente e negativamente. Em simulações experimentais é mais claro para os alunos os impactos diretos de suas ações. Gredler

(1996) exemplifica essa situação por meio de uma simulação experimental médica. Uma ação errada nesta simulação pode diretamente gerar a morte de um paciente. Na simbólica, porém, o estudante pode aplicar diversas estratégias sem uma noção total de suas consequências, já que muitas delas ocorrem de forma indireta. Tendo isto em mente, a forma de se reforçar esses comportamentos pode ser a de instruir previamente o aluno sobre as dinâmicas presentes na simulação como uma forma de facilitar a criação de modelos mentais que descrevam o comportamento de suas variáveis. Em contrapartida, simulações simbólicas, tem como objetivo gerar aprendizado por meio de livre experimentação por parte do usuário. Assim, um estudante pode, por exemplo, entender melhor um fenômeno, se livrar de algum entendimento equivocado, desenvolver melhores estratégias ao abordar determinada situação e fugir de uma compreensão superficial do tema trabalhado.

Deste modo, jogos eletrônicos podem ser facilmente confundidos com simulações em algumas situações. Muitos jogos trabalham com simulações e são categorizados como jogos de simulação. Jogos, porém apresentam características próprias, as quais foram descritas anteriormente. Eles apresentam objetivos claros, o que não é o caso de algumas simulações. Jogos também possibilitam competição e podem conter elementos de fantasia. Desafios também são um fator importante já que simulações não são desenvolvidas com o objetivo de desafiar o usuário. A principal diferença entre os dois, então, é o claro objetivo dos jogos em gerar entretenimento e motivar os jogadores, o que não é o foco da simulação. Esta diferença fica evidente no trabalho de Amory (2007), onde ele traz a afirmação de Crawford (1982) de que uma simulação é criada com propósitos computacionais e avaliativos, enquanto jogos são criados para entretenimento e educação.

Essa capacidade dos jogos de entreter e motivar é um dos principais motivos de jogos terem passado a ser utilizados como ferramenta de educação e profissionalização. Ser capaz de promover ao usuário um aprendizado sem perda de foco, por meio da execução de tarefas claras, em um ambiente imersivo e sem penalidades punitivas tem sido o caminho de muitos jogos educacionais desenvolvidos de promover resultados reais por intermédio de interações virtuais, divertidas e motivadoras. Esta relação entre jogos e educação será trabalhada com mais detalhes na próxima subseção.

2.1.4 Jogos e Educação

Jogos educacionais têm surgido como uma ferramenta alternativa de ensino-aprendizado. Eles permitem que os estudantes sejam atores do seu processo de aprendizagem (KAFAI; BURKE, 2015), enquanto estimulam por meio de sua ludicidade uma maior participação e motivação do aluno.

Jogos educativos não são novos e já existem há décadas (GREDLER, 1996). Porém, mesmo com o grande número de jogos educacionais desenvolvidos, poucos destes foram avaliados em relação aos resultados de sua aplicação, como forma de validar sua relevância. Neste contexto, em sua revisão da literatura, Young et al. (2012)

tentaram analisar os resultados qualitativos da aplicação destes jogos no rendimento acadêmico. Para a área de ciências, os autores apontaram conclusões variadas: algumas intervenções apresentaram resultados positivos, outras, negativos em relação ao grupo de controle, outros não apresentaram nenhum impacto significativo. Alguns dos problemas apontados nos jogos relacionados ao ensino de ciências é a de que muitos destes jogos lidam com o assunto que desejam abordar de forma isolada e não contextualizam com o mundo real, além do curto espaço de tempo, no qual os alunos são expostos a estes jogos, gerando um aprendizado muito superficial. Os autores ressaltam a necessidade de se planejar jogos mais significativos e do acompanhamento por parte do professor para garantir um ensino mais completo.

Essa necessidade de um ensino mais significativo e que gere aceitação por parte dos estudantes é reforçada por Ninaus et al. (2017). Para que estas tecnologias possam atingir com mais eficiência estes alunos e trazer uma melhor qualidade de ensino porém, segundo Psotka (2013), faz-se necessária uma total reestruturação do ensino como conhecemos. E estas mudanças estão estimulando o uso de novas tecnologias, como os jogos educacionais. Estes novos paradigmas, porém, ainda sofrem resistência, segundo o mesmo autor, por conta de uma mão-de-obra sem conhecimento de informática e de uma indústria tradicional da educação (produtoras de livros, apostilas) que se sente ameaçada pela quantidade de informação que se faz disponível com as atuais tecnologias.

A tecnologia e os jogos digitais não são apenas ferramentas a serem desenvolvidas para os alunos, mas também podem ser desenvolvidas pelos alunos. Isso fica claro no trabalho de revisão de Kafai e Burke (2015). Nele, é defendido que por meio de um ensino construtivista, os alunos podem vivenciar experiências mais significativas e conectadas, trazendo não só uma gama de conhecimentos técnicos que envolvem o processo de criação de jogos mas também estimulando uma maior imersão e motivação do aluno nas dinâmicas e gerando uma compreensão mais ampla dos temas abordados.

Alguns artigos (ZYDA, 2005)(CHARSKY, 2010) (YOUNG et al., 2012) associam jogos educacionais com jogos mal trabalhados e de pouco resultado. Eles atrelam esse mal resultado a jogos que são, no fim, aulas disfarçadas, nos quais o objetivo do jogador é sempre o próprio objetivo didático e o *gameplay* é baseado em repetição de atividades didáticas com interface de jogos e diálogos que tentam chamar a atenção do jogador. Zyda (2005) se refere a estes jogos como uma combinação de *softwares* educacionais com um leve toque de interfaces similares a de jogos e diálogos bonitos. Ele alega que houve um fracasso dos jogos educativos por conta dos desenvolvedores não darem a devida atenção a aspectos de entretenimento, que são necessários para gerar engajamento por parte dos jogadores. Outro ponto importante para a falha de alguns jogos para educação é o fato de muitos serem baseados em repetição ou o que alguns autores como Charsky (2010) chamam de *Drill and Practice*, que comumente focam no aprendizado apenas de competências de nível mais baixo ao invés de focar em aprendizado de competências de mais alto nível que demandam raciocínio lógico e crítico, por exemplo.

Ainda segundo Charsky (2010), os jogos para educação têm que focar em cinco características básicas de jogos que são importantes para gerar motivação e diversão. Essas são Competição, regras, escolhas, desafio e fantasia. Para além dos atributos apresentados por Charsky (2010), que se aplicam a jogos em geral, jogos educacionais trazem consigo novas demandas e, conseqüentemente, novos conjuntos de características próprias. Em seu trabalho, intitulado Diretrizes para Game Design de Jogos Educacionais, Leite e Mendonça (2013) definem algumas características essenciais para jogos educacionais. Entre essas características os autores citam um aprendizado não punitivo, mas que estimule novas tentativas e o desenvolvimento de novas habilidades, um desenvolvimento progressivo, a adequação ao seu estilo de aprendizagem e o controle na forma de aprender o conteúdo. O aluno deve ser exposto a novos conteúdos e mecânicas de forma progressiva de modo que ele não se sinta pressionado mas note o seu avanço a medida que adquire novas habilidades. O aluno também deve ser capaz de, tendo o controle sobre aquele universo, escolher o modo como quer aprender e abordar o conteúdo.

Além dos elementos citados anteriormente para um jogo educacional, os autores Leite e Mendonça (2013) definem alguns outros relacionados ao jogo como ferramenta de auxílio ao educador. Segundo eles, o jogo deve ser capaz de ser utilizado como ferramenta avaliativa e deve ser capaz de promover o desenvolvimento de habilidades específicas. Além disso, o educador deve ter consigo ferramentas que o auxiliem na aplicação do jogo, como manuais ou tutoriais. Por fim, o jogo deve ter seus objetivos de aprendizagem bem definido, facilitando assim que o professor possa planejar corretamente a sua utilização.

2.2 A Ecologia de Populações e as Relações entre Organismos

Ecologia é um tema importante do ensino da Biologia. Em seu trabalho Borges e Lima (2007) aponta a Ecologia como um tema recorrente geralmente, atrelado a atividades prática e extracurriculares. Ela gira em torno de organismos e suas aglomerações, tentando estudar o onde, o como e o porquê de suas distribuições e quantidades. Em seu livro, Begon, Townsend e Harper (2009) descreve Ecologia como:

”...o estudo científico da distribuição e abundância dos organismos e das interações que determinam a distribuição e a abundância.”

Os autores dividem a Ecologia em três principais níveis: organismo, população e comunidade (que pode envolver mais de uma população). No nível de organismos são estudados fatores fisiológicos e a forma como um organismo é afetado ou pode afetar o seu ambiente. No nível populacional, a Ecologia se preocupa com a raridade ou abundância de uma determinada espécie em uma região e com as variações no

número de uma população no decorrer do tempo. Em nível de comunidade, são analisadas as distribuições e a organização de diversas populações em uma comunidade, além das interações entre estas.

2.2.1 Organismos e espécies

Ainda segundo Begon, Townsend e Harper (2009), os diversos organismos existentes na Terra, em diferentes locais, expostos a diferentes fatores biológicos apresentam grandes variações em suas características e seus comportamentos. Dito isso, não há uma variação gradual nas diferenças entre esses organismos e pode-se observar um afastamento em alguns tipos de organismos. Esses afastamentos permitem organizá-los em grupos que podem ser chamados de Espécies. Assim, diferentes organismos podem apresentar diferenças biológicas e comportamentais e se especializam de acordo com o ambiente em que fazem parte.

O isolamento geográfico e a falta de hibridização aliados às diferentes formas de seleção natural são algumas das forças que levam ao surgimento de diferentes novas espécies. Hibridização é aqui tratada como a reprodução entre indivíduos de diferentes sub-populações em diferentes locais. Seleção natural, por sua vez, é o processo introduzido por Darwin (2003), no qual animais mais adaptados ao seu ambiente têm mais chances de sobrevivência e conseqüentemente tem mais chance de passar adiante suas características. Mesmo que o tema de especiação seja importante e também pertença ao currículo do ensino médio, nesta dissertação o foco residirá nas populações de organismo e nas interações entre estes indivíduos. Antes de abordar conceitos mais complexos relacionados a populações, porém, as interações entre organismos serão trabalhadas como forma de compreender o todo a partir das partes que o compõem. Entender como organismos interagem a nível individual permite compreender a forma como populações de organismos podem impactar umas às outras. Desta forma, na próxima seção serão trabalhadas algumas formas de interação entre organismos que fazem parte do conteúdo trabalhado no Calangos 3.

2.2.2 Relações entre organismos

Organismos alteram o espaço onde vivem, e como consequência podem influenciar outros que se encontram no mesmo ambiente. Por conta dessa característica, eles comumente apresentam diferentes tipos interações entre si. Isso ocorre tanto para indivíduos de mesma espécie, como de espécies diferentes. Essas interações podem ser harmônicas, positivas para um ou ambos indivíduos, sem que nenhum deles seja prejudicado, ou desarmônicas, nas quais ocorre o contrário e ao menos um dos indivíduos é prejudicado. Existem diversos tipos de relações, porém aqui serão trabalhadas aquelas que são relevantes para este trabalho: competição e predatismo. As relações são chamadas de intra-específicas quando envolvem indivíduos de uma mesma espécie e inter-específicas quando envolvem espécies diferentes.

Competição

A competição, em termos mais amplos, ocorre quando um indivíduo consome um recurso que estaria disponível e poderia servir para outro indivíduo, resultando em um crescimento reduzido, risco maior de morte ou menor reprodução do indivíduo prejudicado (BEGON; HARPER; TOWNSEND, 1986). Isso ocorre, por exemplo, quando indivíduos, de mesma espécie ou não, disputam por algum tipo recurso, muitas vezes escasso. A competição pode ocorrer por alimentos, espaço ou por fêmeas (para reprodução).

Predatismo

Já o predatismo é descrito por Begon, Harper e Townsend (1986) como um conjunto mais amplo de interações que envolvem tanto situações em que um indivíduo consome o outro, matando-o no processo, como situações as quais apenas uma parte da presa é consumida, parte a qual pode crescer para ser consumida novamente em outra situação. Essa definição envolve tanto herbivorismo como carnivorismo. O primeiro, existe quando um animal se alimenta de um vegetal; há o carnivorismo, por sua vez, quando um animal se alimenta de outro.

Estas relações, apesar de ocorrerem em nível de organismo, acontecem em larga escala, envolvendo um grande número de interações diárias e um grande número de indivíduos. Como consequência dessas interações, variações nas densidades de populações podem acontecer. Espécies predadoras podem levar populações de presas à extinção, por exemplo. Essas dinâmicas de populações serão trabalhadas na próxima subseção.

2.2.3 Dinâmicas de população

A Ecologia de populações trabalha a relação entre a população e o ambiente (HAWLEY, 1982). Isso envolve não só questões ambientais como o espaço, recursos e condições naturais, como também interações com outras populações. Variações no tamanho de uma população, nascimentos, mortes e consequências no crescimento ou controle populacional, todos estes são tópicos de estudo dessa área. Estes tópicos e mais especificamente, a forma como diversos fatores podem levar a um consequente equilíbrio populacional são importantes e devem ser abordados, principalmente, na formação de estudantes ecologicamente conscientes.

Por isso, avaliar populações de indivíduos e entender sua distribuição e abundância é uma parte importante da Ecologia. Ao se trabalhar estes aspectos das populações, algumas ferramentas podem ser utilizadas para mensurar e entender o modo como essas variáveis se comportam em um determinado cenário, tais como taxas de natalidade, mortalidade, imigração e emigração (BEGON; HARPER; TOWNSEND, 1986). Taxas de natalidade envolvem a quantidade de indivíduos gerados

em uma população em função do tempo e impactam diretamente no crescimento de uma população junto com a imigração. Imigração, por sua vez, é o processo, no qual novos indivíduos de uma espécie são inseridos em um ambiente, proveniente de outros espaços. Essas migrações ocorrem muitas vezes de maneiras cíclicas e são um comportamento natural de muitas espécies. Já as taxas de mortalidade indicam a quantidade de indivíduos mortos em uma população em função do tempo. A mortalidade, de forma inversa à natalidade, é a principal ferramenta utilizada para se entender a diminuição de uma população, assim como a emigração, que é o processo contrário ao da imigração, e envolve a saída de indivíduos de um ambiente.

Populações de indivíduos, dados os recursos necessários, tendem a crescer exponencialmente (SEBENS, 1987). Isso acontece por conta das baixas taxas de mortalidade e altas taxas de natalidade. Isso pode mudar caso algumas ferramentas de controle populacional estejam presentes. Uma destas ferramentas é a competição, citada anteriormente. Isso porque o próprio crescimento da população gera um aumento da competição entre os indivíduos da mesma espécie, gerando uma autorregulação. Ademais, competição com outras espécies e a predação também servem para gerar um controle no crescimento da população (BEGON; HARPER; TOWNSEND, 1986).

Consequências da predação em uma população

Tratando-se de predação, não se pode afirmar que ela sempre terá um efeito definido na população de presas. Em alguns casos, essa população pode ser levemente afetada enquanto em outras situações, como descrito por Begon, Harper e Townsend (1986), a população predada pode ser fortemente impactada, chegando à sua erradicação. Estas alterações na densidade da população, é claro, não podem ser avaliadas de forma isolada, sem levar em consideração os demais fatores e populações envolvidas. Algumas populações podem sofrer mudanças por outros fatores que não a predação e uma avaliação mais detalhada precisa ser feita para averiguar as causas desta. Porém, comumente, um aumento de uma população pode gerar uma diminuição significativa na disponibilidade de recursos, mais especificamente, na população de indivíduos consumidos por ela. Este resultado, por sua vez, gera com o tempo uma consequente redução na população desta primeira espécie por falta de alimento. Com o tempo e a com a redução de sua predação, a espécie consumida pode ter sua população aumentada. Estas oscilações entre as populações acontecem de maneira cíclica e é um comportamento típico das relações presa-predador (BERRYMAN, 1992).

Alguns modelos podem ser utilizados para se entender as dinâmicas de populações presa-predador. Um deles é o modelo Lotka-Volterra (VOLTERRA, 1926; LOTKA, 1932), que é simplificado e por conta disso não pode ser generalizado para todos os casos, porém, serve de ponto de partida para se entender essa dinâmica e pode ser trabalhado como um modelo simplificado dessas relações. Neste modelo, assume-se

que uma população de presas (N), sem a presença de um predador tende a crescer exponencialmente:

$$\frac{dn}{dt} = rn$$

Aqui, r é uma constante que define uma taxa de crescimento baseada no tamanho da população. Em um cenário onde há um predador, a população será reduzida cada vez que houver um encontro entre indivíduos, presa e predador, e este encontro gerar uma predação bem-sucedida. A chance de haver predação aqui é representada por A e a taxa de predação em função do tempo pode ser obtida através do produto desta constante A pela densidade das duas populações: presa (N) e predador (P). O resultado final desse modelo para a população de presas é:

$$\frac{dn}{dt} = Rn - Apn$$

De maneira análoga, sem presas a população de predadores tende a diminuir baseado em uma taxa de mortalidade definida como Q :

$$\frac{dp}{dt} = -Qp$$

Ao se inserir presas neste cenário, para se contrapor à queda da população pela mortalidade, há um aumento baseado no número de presas, de predadores, na eficiência da predação descrita anteriormente como a constante A e na capacidade de transformar alimento em prole definido pela constante F . Isso resultará na seguinte equação que descreve a população de predadores:

$$\frac{dp}{dt} = FApn - Qp$$

Estas equações demonstram flutuações cíclicas que podem ser vistas na Figura 2.1. Estes ciclos não são estáveis na natureza como os descritos nesta imagem ou no modelo utilizado. Mas, a fim de que haja um entendimento do fenômeno trabalhado, modelos como esse servem de facilitadores.

Consequência de fatores climáticos em populações

Populações são afetadas por fatores climáticos e podem ter seus números alterados drasticamente a depender de como uma espécie está adaptada (GOTTHARD, 2001). Répteis, como os lagartos, são animais ectotérmicos, o que significa que não há um controle interno de sua temperatura corporal. Essa é controlada pela temperatura do ambiente em que se encontram. Isso tem bastante impacto em sua capacidade de sobreviver e reproduzir. Assim, altas temperaturas podem ser fatais, ao passo que baixas temperaturas podem impactar a sua velocidade de locomoção, atrapalhando sua capacidade de predação e o deixando mais vulnerável para predadores.

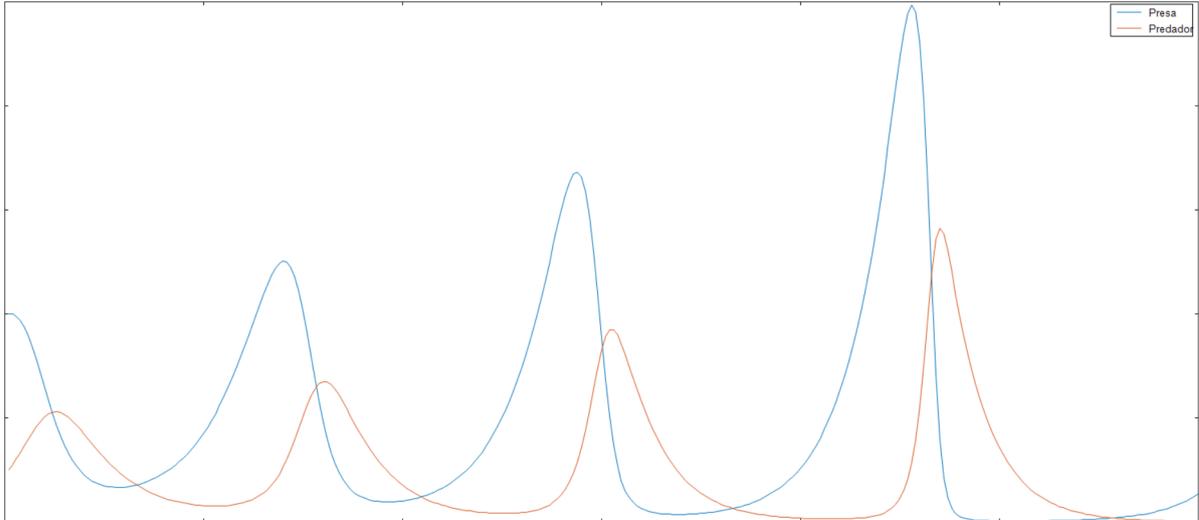


Figura 2.1: Exemplo do comportamento do sistema de equações diferenciais Lotka-Volterra. Fonte: Próprio Autor.

Dessa maneira, esses animais devem criar diversas estratégias que lhe permitam sobreviver e reproduzir, possibilitando um crescimento de sua população. Não só os lagartos, mas diversas populações de animais, principalmente ectotérmicas, tiveram que desenvolver estratégias para garantir seu crescimento (GOTTHARD, 2001).

Potencial biótico e resistência ambiental

Já o potencial biótico se refere à capacidade de uma população de crescer sob condições ideais. Esse potencial é representado normalmente por uma proporção em relação ao seu total, na qual uma população cresce, dado que não haja nenhuma resistência ambiental (BEGON; HARPER; TOWNSEND, 1986). Resistência ambiental, por sua vez, se refere a fatores que inibem o crescimento de uma população. Eles podem ser bióticos e estarem relacionados a fatores provocados por outros indivíduos como relações desarmônicas como predação ou competição ou abióticos e estarem relacionados a fatores físicos e/ou químicos como a luz, temperatura, ph, entre outros. Ao considerar o potencial biótico e a resistência ambiental, se obtém a taxa de crescimento real de uma população. As curvas de potencial biótico e de crescimento real podem ser vistas na figura 2.2. Nela, podemos notar que, sem a resistência ambiental, a curva de crescimento seria regida apenas pelo potencial biótico e a população tenderia a crescer exponencialmente de forma descontrolada. A curva real, porém, é controlada pela resistência existente e apresenta uma saturação definida pela capacidade de suporte, que é o limite que um sistema ecológico pode suportar sem perder o equilíbrio.

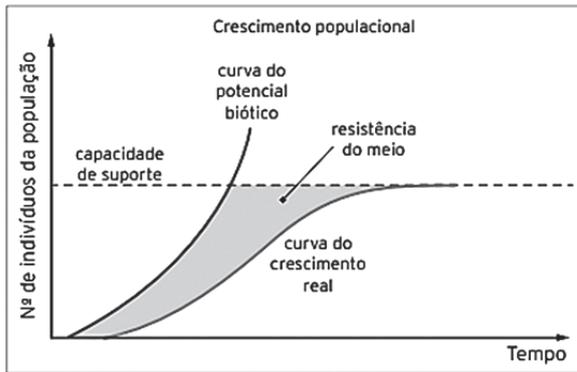


Figura 2.2: Curvas de potencial biótico e crescimento real. Fonte: Repositório da cosultec, vestibular da UESB de 2015²

Esses são os principais conceitos ecológicos que foram abordados pelo jogo apresentado nessa dissertação. Conhecê-los é importante para entender as decisões de projeto e a modelagem dos fenômenos que foi desenvolvida e será abordada mais adiante. Porém, antes de apresentar os detalhes desse jogo faz-se necessário entender a sua importância, ao apresentar os trabalhos que já foram desenvolvidos na área de jogos para a educação de Ecologia. Isso será feito na próxima seção.

2.3 Trabalhos relacionados

Dentro do contexto de Ecologia, existem diversas ferramentas além do Calangos 3 que abordam esta ciência e seus conceitos. Algumas possuem um foco comercial, outras foram desenvolvidas do ponto de vista acadêmico. Ademais, algumas foram criadas com o intuito de simular os fenômenos ecológicos como fonte de estudo, enquanto outras são dedicadas ao ensino e aprendizagem dos seus temas para estudantes. Dito isso, o foco dessa seção será o de apresentar algumas das ferramentas, que incluem simulações e jogos analógicos e digitais, voltados para o ensino e aprendizagem. Elas serão brevemente descritas como forma de contextualizar o que já existe no momento do desenvolvimento do Calangos 3. O objetivo, então, é o de evidenciar o que já existe e quais são as lacunas presentes nesta área de estudo.

Sem fazer uso de ferramentas computacionais, alguns jogos trabalham conceitos ecológicos importantes por meio de jogos de tabuleiro (JUAN; CHAO, 2015; HEWITT, 1997). Este é o caso de Azteca Chess, jogo desenvolvido por Barrios, Perfecto e Vandermeer (2016). Esse jogo tem como objetivo trabalhar temas complexos relacionados às interações entre cinco espécies de animais presentes em plantações de café em áreas tropicais do México. As interações entre estes animais resultam em um controle natural de pragas e os autores acreditam que o jogo é capaz de facilitar o

²Disponível em: <http://www.consultec.com.br/provas/UESB2015_cad3_mod1.pdf>. Acesso em agosto de 2019.

entendimento dessa complexa dinâmica. Resultados positivos foram descritos pelos autores, de forma que o jogo aumentou o interesse dos jogadores em relação à pesquisa ecológica. Porém, os autores explicitam o desafio de se manter a atenção dos jogadores durante a explicação das regras por conta da complexidade do tema. Essa necessidade de se explicar todas as regras para que ocorra uma seção de jogo é uma das desvantagens da abordagem com jogos físicos. Neste sentido, jogos digitais, por terem suas regras regidas pelo próprio programa, podem ser mais rápidos de serem apresentados e jogados.

Saindo do contexto de jogos analógicos, diversos trabalhos abordam a modelagem computacional de fenômenos ecológicos e simulam os resultados das relações entre indivíduos e populações com o auxílio de uma variedade de ferramentas de análise. Alguns *softwares*, como o AVIDA (OFRIA; WILKE, 2004), podem abordar essas relações sem representar um indivíduo como uma forma de vida existente mas como uma forma de vida genérica; um programa que apresenta características gerais de um indivíduo que evolui por meio de mutações e seleção natural, abstraindo o indivíduo e focando nas interações e suas consequências na evolução. Essa abordagem de simulação a partir de modelos de comportamento também pode ser observada no trabalho de Ohshima e Kojima (2017). Esses, porém, se focam nas relações de presa e predador e em sua consequência para as populações das espécies envolvidas. Além disso, eles fazem uso de tecnologia de Realidade Aumentada para conseguir criar uma experiência interativa. Isso difere do que é feito no Calangos em que os indivíduos são modelados para representar animais existentes na região da bacia do São Francisco, já que, além das interações entre populações e indivíduos, o jogo tem como objetivo familiarizar os estudantes com os animais deste Bioma.

Alguns jogos também trazem como proposta trabalhar biomas e seus animais. Lo et al. (2008) apresenta um jogo desenvolvido para ensinar sobre a Ecologia presente em um ambiente marinho. Este jogo tem como ator uma tartaruga que deve percorrer os cenários desenvolvido resolvendo pequenos desafios e conversando com personagens. Os acontecimentos no jogo podem levar a finais diferentes e os autores apontam este fator como motivador para os jogadores, estimulando a reutilização do jogo. Alguns pontos deste trabalho se assemelham ao Calangos, como a decisão de utilizar uma espécie como protagonista. Porém, a principal fonte de informação ocorre da interação com outros personagens, os quais apenas falam com o estudante, passando a informação verbalmente, de forma similar a uma aula expositiva. Não há, então, uma demonstração prática dos fenômenos trabalhados. Além disso, o seu foco é em Ecologia marinha, que apesar de se embasar em alguns conceitos ecológicos importantes, tais quais os trabalhados nesta dissertação, não cobre as características específicas do bioma da bacia do São Francisco.

No âmbito de jogos, Ecologia e sustentabilidade, Katsaliaki e Mustafee (2014) abordam a importância da conscientização da população sobre os conceitos que envolvem o desenvolvimento sustentável e as ferramentas que tornam este processo possível. Tal processo de conscientização, no artigo, é feito com o auxílio de jogos. Não somente esse, mas outros trabalhos descrevem jogos digitais desenvolvidos, com o

objetivo de ensinar a importância desses conhecimentos no nosso dia-a-dia. Jogos que exigem do jogador decisões relacionados ao meio ambiente ao lidar com o gerenciamento de lixo urbano (WU; HUANG, 2015) ou que ensinam conceitos relacionados ao aquecimento global (EISENACK, 2013) são importantes não só do ponto de vista do ensino de ciência e Ecologia, como na formação do aluno como cidadão.

Tratando temas da Ecologia como ecossistemas e seus processos, ciclos de matéria, classificação de seres vivos e conservação ambiental, o E-junior (WRZESIEN; RAYA, 2010) se mostrou uma importante ferramenta para o ensino fundamental na Espanha. Esse jogo utiliza-se de realidade virtual para gerar uma maior imersão dos estudantes no seu ambiente virtual, que simula um ecossistema do mar mediterrâneo. Porém, ao colocar o estudante no papel de um peixe, se aproxima mais das versões anteriores do Calangos e se distancia da proposta de proporcionar ao estudante uma visão mais geral do ecossistema, lidando com populações em vez de indivíduos.

Saindo do escopo mais amplo que é a Ecologia e focando de maneira mais específica no ensino de dinâmicas populacionais e relações ecológicas, o Sim-Colmeia (FIGUEIREDO, 2012) simula uma colmeia de abelhas para o ensino de dinâmica populacional. No entanto, não há a interação da população de abelhas com outras populações a não ser com as flores, fonte de sua alimentação. Além disso, esta simulação não tem as características lúdicas de um jogo.

O ControlHarvest (ALVES et al., 2014), por sua vez, é um jogo digital educativo que introduz aos estudantes do ensino médio técnico temas de dinâmica de populações, usando como base o conceito de Controle Biológico, que é uma técnica na qual seres vivos de outras espécies são introduzidos a um sistema como forma de se obter um controle populacional de alguma espécie. Neste caso, a espécie a ser controlada é uma praga que assola o meio agrícola. Esse jogo apresenta temas ecológicos em comum com o Calangos 3, apesar de diferir em relação ao contexto. Ele traz um modelo mais simplificado do que o que se planeja utilizar no Calangos 3. Além disso, não trata de temas como relações entre indivíduos de mesma espécie, focando somente na relação de predação.

As primeiras fases do projeto Calangos, citadas anteriormente, também tratam de temas relacionados à Ecologia, contudo, os objetivos didáticos dessas fases envolvem temas concernentes à Ecologia no nível de organismo. Assim, no papel de um lagarto, os alunos aprendem a forma como um organismo molda e é moldado pelo meio, suas estratégias de sobrevivência e suas relações com outros organismos. As relações trabalhadas nesta dissertação estão presentes nestes jogos, porém a perspectiva é diferente, já que o ponto de observação parte de um único indivíduo e não de uma população. Essas fases se complementam a esta terceira e não são repetições com o mesmo objetivo. Assim, a aplicação delas em conjunto pode e deve ser estimulada, para que se possa obter um espectro mais amplo de conceitos trabalhados.

Nesta seção, diversos objetos didáticos foram apresentados. Todos abordam algum tema específico de ecologia e alguns destes temas se fazem presentes nos objetivos

didáticos do Calangos 3. Estes objetos porém, se focam apenas nestes temas e não trabalham as dinâmicas complexas geradas pelas diferentes relações e interações entre indivíduos, populações e o clima. O calangos 3, neste caso, tenta preencher esta lacuna e se difere dos demais ao trabalhar de forma conjunta estes temas e seus impactos na sobrevivência dos lagartos.

Capítulo 3

Metodologia

Como visto na seção anterior, jogos apresentam um grande potencial motivador para o ensino e apesar da existência de ferramentas para o ensino de Ecologia, não foi encontrada uma que abordasse todos os temas centrais do Calangos 3 de forma lúdica e que envolvessem conhecimentos sobre o bioma do Rio São Francisco e da Caatinga. Este trabalho então, surge com o objetivo de preencher esta lacuna a partir do desenvolvimento de um jogo que cobrisse tais temas e fosse voltado para alunos do ensino médio. Esta seção irá cobrir os passos metodológicos envolvidos nesta pesquisa: processo de modelagem dos fenômenos abordados, desenvolvimento do jogo como software e avaliação da ferramenta em sala de aula.

3.1 O caso real

As dunas do Médio São Francisco, palco do jogo, apresentam uma topografia variada com cumes, vales, encostas e platôs (ROCHA; RODRIGUES, 2005). A distribuição de plantas e animais varia em conjunto com ela, já que algumas espécies possuem afinidade com determinadas áreas, por conta de temperatura, umidade e exposição ao Sol. A temperatura nesta região, tanto do solo quanto do ar varia de acordo com o horário do dia e dia do ano. No entanto, segundo Rocha, Queiroz e Pirani (2004), sua temperatura média de 28° a coloca entre uma das regiões semi-áridas mais quentes do mundo e suas chuvas são escassas e mal distribuídas tanto espacialmente como temporalmente. Essa distribuição dos recursos, gerada por fatores como topologia e clima, faz com que as espécies de animais também se adaptem afetando sua distribuição.

A Caatinga apresenta uma grande variedade de espécies endêmicas, especialmente se tratando da flora. Espécies endêmicas são espécies exclusivas de uma região e que não são encontradas em demais localidades. No caso da Caatinga, elas representam 30% da flora encontrada (RIZZINI, 1976). Além disso, uma grande variedade de espécies endêmicas de animais também pode ser encontrada na região do médio são

francisco, como descreve Rocha, Queiroz e Pirani (2004). Essa quantidade de espécies exclusivas dessa região reforçam a importância de se estudá-la, especificamente seus lagartos que apresentam 6 espécies endêmicas dentre as 7 mais abundantes da região, segundo Rocha e Rodrigues (2005).

Neste ambiente, essas espécies de lagartos sobrevivem se alimentando de insetos e frutos, lagartos estes que são conhecidos na região como Calangos. Estes animais, porém, não são os únicos habitantes dessa região, e diversos outros convivem com eles. Alguns competem por alimento com os lagartos por apresentarem uma dieta similar, como Sapos por exemplo. Outros, são predadores e se alimentam dessas espécies de lagarto para sobreviver, como gatos, raposas, aves etc. A vegetação, por sua vez, pode ser aliada dos animais, gerando sombra e proteção. Essas sombras são essenciais para sua sobrevivência, já que os lagartos são animais ectotérmicos e não tem regulação interna de sua temperatura. Isto significa que uma exposição exagerada ao Sol pode significar a morte. Saber regular sua temperatura utilizando as diversas temperaturas, sob o Sol e sombra, é uma habilidade importante para estes animais.

Esta importante região, que engloba a Caatinga, com suas características, animais, e plantas, foi utilizado como modelo para o jogo Calangos 3. Assim espera-se que além dos conceitos ecológicos apresentados na seção anterior, os alunos possam conhecer um pouco mais sobre uma região exclusivamente brasileira e sua diversidade de espécies. Para isto, é necessário que estes indivíduos e suas dinâmicas sejam representados por modelos, que foram utilizados no jogo. Este é um processo importante e que demanda atenção, pois uma representação errada pode fazer com que os alunos aprendam os conceitos incorretamente.

3.2 Modelagem computacional

Para que a terceira fase do Calangos pudesse ser implementada, uma modelagem dos processos envolvidos no tema de dinâmica de populações e dos indivíduos presentes no bioma abordado se fez necessária. Já havia sido feita, nas fases anteriores do projeto Calangos, uma modelagem computacional que contemplava a dinâmica do ecossistema e o comportamento dos animais e plantas trabalhados neste projeto (LOULA et al., 2014), como descrito nas seções passadas. Esta, porém, foi desenvolvida tendo em mente um jogo que foca na experiência de um lagarto como indivíduo e suas relações com o meio.

Nesta terceira fase o foco é mais abrangente e retrata populações inteiras de indivíduos, necessitando uma modelagem diferente, com novos aspectos a se considerar. Uma modelagem voltada para a terceira fase do Calangos também já foi feita por Izidoro e Silva (2012), porém, esta foi realizada com o objetivo final de desenvolver um simulador, e não um jogo. Jogos necessitam muitas vezes de níveis maiores de abstração para manter aspectos de ludicidade e de uma modelagem que tenha

em mente os impactos na jogabilidade (experiência do jogador), com execução em tempo real. Desta forma, apesar de servirem como base, essas modelagens anteriores não foram utilizadas integralmente, mas modificadas e ampliadas para servirem ao propósito do jogo desenvolvido.

Desta forma, tornaram-se necessárias a atualização e a criação de novos modelos que representassem os fenômenos relacionados a dinâmica de populações que são foco deste jogo sem deixar de lado os comportamentos individuais de cada organismo. Isso porque o objeto didático deve abordar também as relações entre indivíduos. Foi descartada a ideia de se utilizar de uma modelagem matemática para descrever estes fenômenos, já que essa não consegue descrever todos os detalhes que envolvem um indivíduo e suas relações com os demais e o meio. É neste cenário que a Modelagem Baseada em Indivíduo (GRIMM; RAILSBACK, 2013) se apresentou como uma alternativa adequada.

3.2.1 Modelagem baseada em indivíduos

A abordagem de Modelagem Baseada em Indivíduo é usada a mais de quatro décadas pela Ecologia (DEANGELIS; GRIMM, 2014). Nela cada indivíduo é modelado individualmente gerando, a partir de sua interação com os demais, o resultado da simulação como um todo. Cada um destes apresenta um conjunto de atributos e comportamentos que representam uma abstração do verdadeiro indivíduo na natureza. Este método de simulação permite que o comportamento do organismo seja trabalhado de forma individual. Isto se encaixa muito bem em alguns modelos de jogos, que representam visualmente cada um dos indivíduos e permite ao jogador acompanhar os fenômenos em nível de organismos.

Relações entre diferentes espécies acontecem das mais variadas formas. Porém, com o intuito de apresentar essas relações sem sobrecarregar o estudante, estas dinâmicas foram simplificadas e mapeadas em alguns arquétipos definidos durante a modelagem. Estes arquétipos são: competidores e predadores (Ver Fig. 3.1). Competidores são animais que competem com a espécie principal por alimento por terem uma dieta similar, seja por se alimentar dos mesmos animais menores que os lagartos ou por se alimentar das mesmas frutas. Predadores são animais que podem se alimentar dos lagartos e conseqüentemente exercem controle populacional destes répteis.

Os lagartos não só apresentam interações com animais (fauna) mas também com as diferentes espécies de plantas (flora) encontradas no local. No jogo, três interações principais com a vegetação foram modeladas: a proteção do sol pela sombra projetada das plantas, o esconderijo proporcionado por alguns tipos de vegetação e alimentação por meio das frutas geradas pelas plantas e insetos atraídos por ela. Cada uma dessas interações tem papel fundamental na sobrevivência do lagarto, reduzindo os riscos de morte causado por insolação, inanição e predação (Fig. 3.2). A tabela 3.1 lista os atributos de cada uma das espécies de flora dentro do modelo desenvolvido.

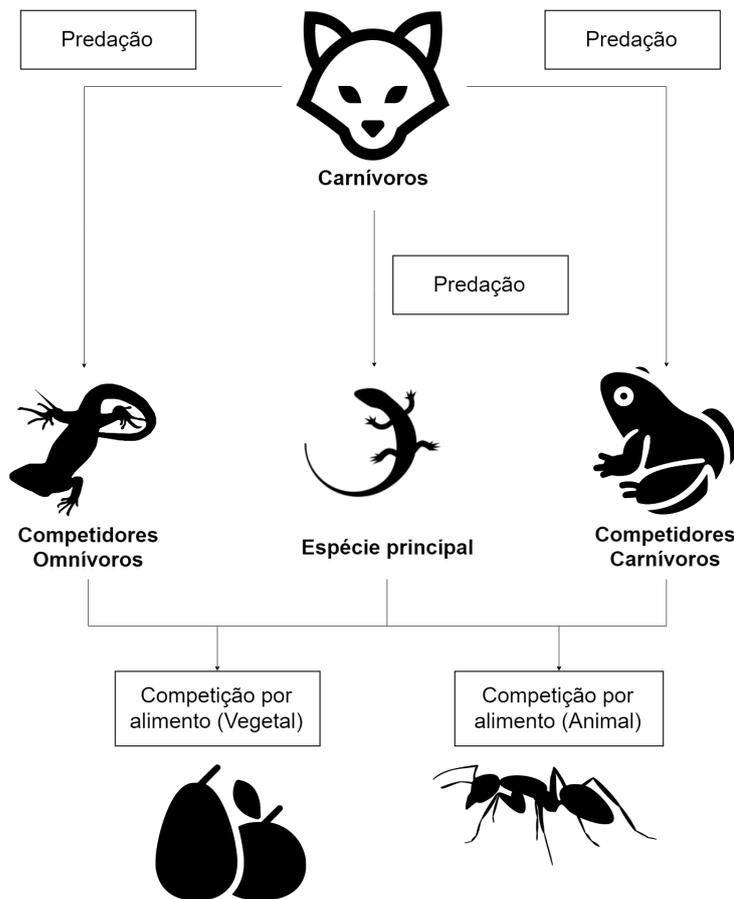


Figura 3.1: Relações entre os diferentes arquétipos no Calangos.

Definido o tipo de modelagem, os arquétipos de indivíduos e interações que seriam seguidas pelo jogo, era necessário o levantamento dos requisitos, ferramentas e metodologias de desenvolvimento.

Tabela 3.1: Tabela com as plantas presentes no Calangos 3 e seus atributos

Planta	Alimento(Insetos)	Alimento(Frutas)	Esconderijo	Sombra
Copaífera	NÃO	SIM	NÃO	SIM
Bromélia	SIM	NÃO	SIM	NÃO
Murici	NÃO	SIM	SIM	NÃO

3.2.2 Requisitos

Para garantir a qualidade do jogo que viria ser desenvolvido, alguns requisitos funcionais e não funcionais foram levantados. Requisitos funcionais, neste trabalho, se referem ao que se espera do software como um serviço, qual papel ele deve de-

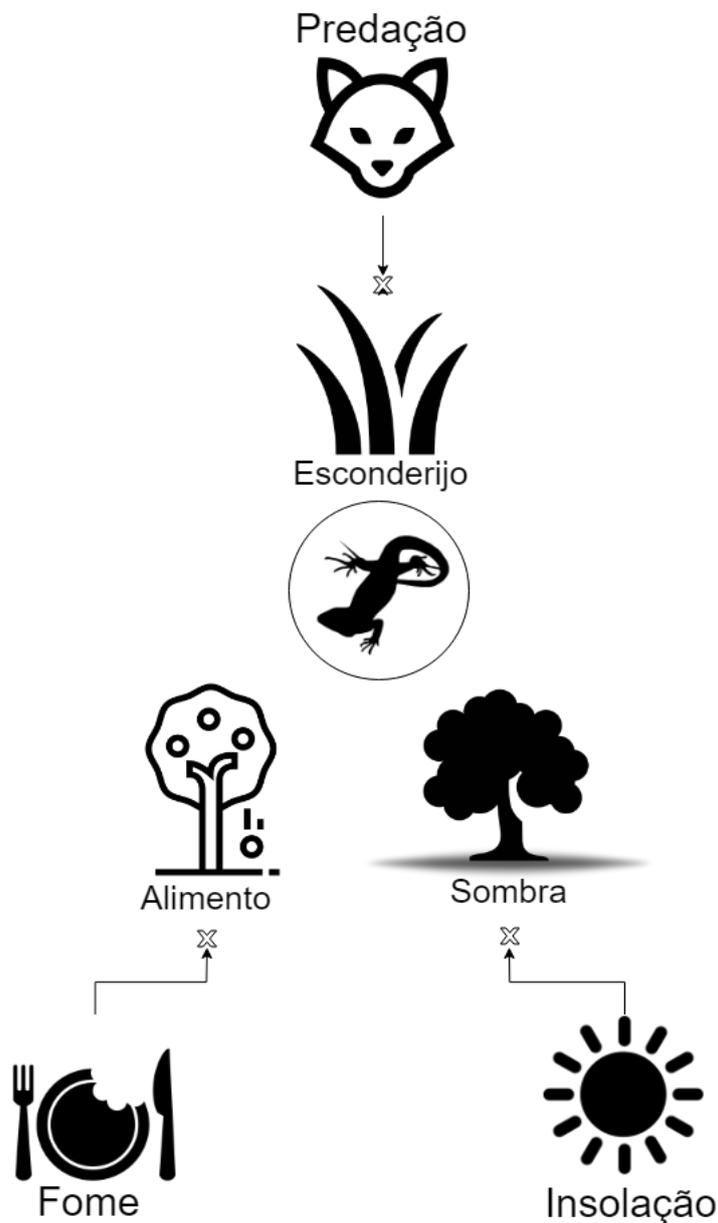


Figura 3.2: Diferentes tipos de interações entre os lagartos e plantas no jogo

sempenhar e quais saídas são esperadas dadas as devidas entradas. Requisitos não funcionais, por sua vez, estão atrelados às características que são necessariamente funcionalidades, mas que são desejáveis como por exemplo alta performance, confiabilidade, segurança etc.

Os requisitos funcionais do Calangos 3 podem ser divididos em três categorias, dada a sua natureza híbrida: Requisitos de jogo, de simulação e de objeto didático. Como Jogo, é esperado que o Calangos 3 apresente as características essenciais de um jogo de modo a ser capaz de possibilitar o alcance do estado de *Flow*, descrito

anteriormente. Além disso, ele deve ter sua dificuldade e complexidade ajustada para o público alvo, alunos do ensino médio. Assim, suas mecânicas não devem ser apresentadas todas de uma vez, de forma a facilitar o entendimento do jogador. Por fim, como jogo, o Calangos 3 deve proporcionar objetivos e desafios, os quais o diferirão de uma simples simulação.

Por outro lado, como Simulação, espera-se que ele seja capaz de simular os fenômenos ecológicos relacionados aos temas já citados. Isto é importante porque uma simulação que não retrate corretamente tais fenômenos poderá contribuir para um entendimento equivocado por parte dos estudantes. Além disso, se faz necessário que os modelos que compõem a simulação sejam simplificados, como forma de facilitar a sua compreensão e a capacidade de processamento exigida. Esta simplificação, porém, não pode tornar a simulação incapaz de replicar a essência dos fenômenos observados. Ou seja, deve haver cuidado para que não se perca o valor da simulação como uma ferramenta de compreensão e análise.

Como objeto educacional, por sua vez, o Calangos 3 deve contribuir para o ensino de Ecologia, permitindo ao professor fazer seu uso em conjunto com as aulas expositivas para garantir um aprendizado mais completo, fugindo de entendimentos superficiais. Por completo, entende-se um aprendizado em que o aluno possa não só conhecer os conceitos, mas também entender o modo como estes estão relacionado e ser capaz de traçar paralelos entre eles e a sua realidade.

Finalmente, no âmbito dos requisitos não funcionais, o objeto deve ser capaz de gerar diversão para o usuário, característica essencial de um jogo. Além disso espera-se que o software seja capaz funcionar de forma estável, sem erros e comportamentos não esperados como forma de não afetar a experiência de usuário, que é importante para a motivação. Outro requisito é o de que o jogo apresente um desempenho capaz de promover uma experiência de jogo sem quedas bruscas de desempenho mesmo em um hardware simples, como os encontrados em muitas instituições públicas de ensino.

Com isto definido, todos estes requisitos serviram de base para o processo de desenvolvimento do jogo. As decisões de projeto, as metodologias, técnicas e etapas de desenvolvimento, todas fizeram uso destes requisitos durante todo o seu processo de planejamento e execução.

3.3 Desenvolvimento do jogo

Antes da produção do jogo de fato houve uma fase de pré-produção. Nela, um *Game Design Document* (GDD) foi elaborado. Esse é um documento de descrição de software detalhado, onde todas as características e especificações do jogo são documentadas. Geralmente este documento é utilizado por equipes de desenvolvimento como forma de garantir que as informações relacionadas ao projeto sejam compartilhadas de forma clara, impedindo que falhas de comunicação gerem problemas pelo

fato de diferentes pessoas terem diferentes ideias sobre o que deve ser desenvolvido. Tendo isso em mente e considerando que o Calangos é um projeto colaborativo de pesquisa, esse documento foi escolhido como forma de alinhar as expectativas e objetivos do projeto. Além disto, uma documentação detalhada como esta pode facilitar o trabalho de futuros pesquisadores e desenvolvedores que possam vir a trabalhar com o Calangos 3.

O GDD, então, foi desenvolvido com a descrição dos elementos principais que envolvem o jogo a ser implementado (KANODE; HADDAD, 2009). Nele, foram listadas as regras do jogo, a modelagem dos elementos, a jogabilidade, os controles do jogador, entre outras informações que possam descrever o que se planeja desenvolver. Esse documento, porém, não é estático e recebeu atualizações durante o processo de produção. Ele pode ser encontrado no apêndice C.

O Calangos 3 apresenta diversos aspectos da Ecologia populacional que devem ser trabalhados de forma lúdica, e para que este objetivo fosse atingido houve uma necessidade de validação constante da experiência de usuário e do aspecto 'diversão' do jogo. Desta forma o desenvolvimento segue etapas cíclicas de desenvolvimento em que versões intermediárias do jogo são testadas e validadas. Cada versão incremental contém novos elementos didáticos que devem ser inseridos ao jogo alterando desta forma aspectos de sua jogabilidade. Estas validações são feitas junto ao grupo de pesquisa envolvido no projeto Calangos, citado na seção anterior. Este método de desenvolvimento descrito, se assemelha ao modelo espiral de desenvolvimento (BOEHM, 1987), com a especificidade de que as principais temáticas são separadas pelos ciclos da espiral, em que a cada nova versão, as falhas ou necessidades encontradas na versão anterior são tratadas e melhoradas antes de se implementar novas funcionalidades.

3.3.1 Decisões de Projeto

O Calangos 3 é um jogo que tem como foco estudantes de ensino médio e tenta alcançar o máximo possível desses estudantes. Para isso o jogo deve manter o aspecto lúdico para atrair mais atenção e motivação e como software, deve ser leve para que possa ser utilizado na maioria das plataformas. Para que estas características pudessem ser mantidas, algumas decisões de projeto foram tomadas. Para reduzir as exigências do jogo em termos de recursos de hardware, algumas modelagens e comportamentos foram simplificados. As espécies que não a principal, por exemplo, tiveram seu processo de reprodução simplificado. Algumas outras relações como predação e competição foram simplificadas para que o resultado fosse mais acessível. Isso sem abrir mão, é claro, dos conceitos chaves dessas relações que fazem parte dos objetivos didáticos deste projeto. Além disso, a simulação irá trabalhar com uma quantidade de indivíduos em uma escala reduzida em relação ao fenômeno original como forma de exigir menos capacidade de processamento e gráfica. Outro motivo

para esta decisão foi a de facilitar a visualização e entendimento dos acontecimentos pelo observador ao reduzir a quantidade de elementos na tela.

Uma segunda importante decisão foi a de se utilizar de uma quantidade reduzida de espécies no jogo. Nele, as seis espécies presentes, além da espécie principal de Calango, apresentam funções bem específicas de forma a trabalhar a partir de cada uma delas, um comportamento ou relação presente no currículo de Ecologia sem sobrecarregar o aluno com uma quantidade desnecessariamente grande de informação. Assim, as relações citadas na seção 3.2.1 podem ser compreendidas a partir das três espécies de plantas, que podem gerar alimento, sombra e esconderijo e das três espécies de animais, que podem competir ou preda os lagartos. Dessa forma, este número reduzido permite que as relações possam ser apresentadas de forma objetiva, sem distrações e sem perda das informações realmente importantes.

Decididas as técnicas e ferramentas necessárias, o próximo passo foi o de desenvolvimento do jogo didático (software). Este ocorreu em três etapas distintas, que dividiram as principais funcionalidades e requisitos levantados. Os passos que compuseram cada etapa serão descritos nas próximas subseções.

3.3.2 1ª Etapa - Relações intraespecíficas

Durante esta etapa, o foco do desenvolvimento foram as relações intraespecíficas e nas dinâmicas básicas que envolvem a sobrevivência dos lagartos. Aqui não houve interação com predadores e outras espécies concorrentes nem efeitos do clima nos lagartos. Nesta etapa alguns dados sobre a população de lagartos já podia ser vista pelo jogador. Porém por falta de predação e efeitos de insolação, a única causa de mortalidade dos lagartos, além da sênioridade, era a de desnutrição. Os comportamentos e relações intraespecíficas exibidas pelos lagartos nesta primeira etapa são: Busca por alimento, reprodução e competição entre indivíduos de mesma espécie. As disputas entre indivíduos ocorrem nesta etapa por alimento, já que ao se alimentar de um recurso um lagarto estará privando o outro do mesmo, e por fêmeas, já que estes têm uma chance de entrar em conflito físico caso ambos tenham interesse na mesma fêmea. Na natureza pode haver conflito também por território, mas este não está presente no jogo como forma de não sobrecarregar o estudante com muitas interações diferentes. O único comportamento presente no jogo relacionado ao território é o de os lagartos tentarem manter um afastamento mínimo de outros animais, mesmo os de mesma espécie. Algo como um espaço pessoal.

3.3.3 2ª Etapa - Relações Interespecífica

Durante esta etapa o foco residiu nas relações interespecíficas. A partir daqui, espécies que se alimentam de recursos os quais a espécie principal se alimenta foram

introduzidos. Desta forma, uma competição por alimentos é gerada e os lagartos podem ter mais dificuldade de obter alimento, aumentando a incidência de morte por desnutrição, caso estas espécies sejam inseridas no ambiente. Predadores também passaram a existir no jogo, proporcionando um novo tipo de interação: a predação. Estas novas espécies trouxeram novas formas de se controlar a população de lagartos, que até a etapa anterior crescia exponencialmente por falta de fatores de resistência ambiental. Junto com estes animais, plantas capazes de gerar esconderijo de predadores também foram adicionadas, reduzindo, caso inseridas no ambiente, a quantidade de predações bem-sucedidas.

3.3.4 3ª Etapa - Relações indivíduo ambiente

Nesta etapa, foram implementados os aspectos relacionados à interação entre os indivíduos e o ambiente, trabalhando assim os impactos do ambiente na sobrevivência das espécies presentes no jogo. Fatores ambientais como temperatura podem influenciar na sobrevivência dos lagartos que necessitam da sombra gerada por alguns tipos de plantas para sobreviver. A temperatura, assim, pode ser uma das principais causas de morte da espécie principal e a presença de plantas capazes de protegê-los do sol pode afetar o crescimento da população.

3.4 Avaliação

Antes de aplicar o jogo à estudantes como forma de avaliação, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética da Universidade Estadual de Feira de Santana por se tratar de uma pesquisa que envolve seres humanos. A aplicação porém não apresenta grandes riscos aos seus participantes e foi aprovada após alguns ajustes em sua proposta. Obtida a aprovação do comitê de ética e da escola para utilização de seu espaço, foi iniciada a sua aplicação junto a um grupo de 17 alunos do ensino médio da Escola Estadual Instituto De Educação Gastão Guimarães na cidade de Feira de Santana. Eles foram convidados pessoalmente mediante visita à sala de aula. Todos os alunos são menores de 18 anos, por isso, antes da aplicação do jogo, um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi enviado aos pais para sua aprovação. O contato com os pais foi inicialmente indireto, pois foi feita uma visita a sala de aula para explicar a proposta da pesquisa e convidar os alunos para atividade de pesquisa, entregando o TCLE e o TALE. Neste momento, foi informado que TCLE era um convite que deveria ser lido pelos responsáveis e caso estes concordassem com o convite, deveria ser assinado. Além disso foi informado que o TALE era um convite que deveria ser lido pelo menor e após a aceitação dos responsáveis, caso o menor também concorde, deveria ser assinado. Caso o responsável ou o menor necessitasse de informações sobre o estudo proposto, poderiam manter contato por telefone ou e-mail, que estavam presentes no TCLE e TALE.

A intervenção ocorreu no próprio espaço da escola, mas no turno oposto ao de aula, em dia que havia outras atividades extras programadas pela escola, de forma a não impactar as aulas normais destes estudantes e conciliar o tempo deles no momento de ida à escola. Ela teve início com uma breve introdução do projeto, do jogo e dos temas trabalhados, após essa explicação os alunos participaram de uma sessão de 40 minutos do jogo Calangos 3 utilizando computadores da própria escola. Cada aluno teve seu próprio computador e os jogos ocorreram de forma simultânea. Por fim, foram aplicados questionários objetivos em escala Likert que seguem o modelo MEEGA+ (PETRI; GRESSE VON WANGENHEIM; BORGATTO, 2018), que será detalhado na subseção seguinte. A aplicação do questionário teve uma duração de 10 minutos e os resultados deste questionário foram analisados com o objetivo verificar possíveis aumentos de motivação por parte dos alunos submetidos à sessão de jogo e ficarão disponíveis para estes em forma de relatório digital que será enviado ao e-mail dos participantes após o término da pesquisa. O questionário pode ser encontrado no final deste documento no apêndice A.

Um roteiro de aplicação do Calangos 3 foi criado como forma de planejar a aplicação na escola Gastão Guimarães que viria a acontecer. Além de servir como forma de planejamento, ela pode vir a facilitar o trabalho do professor ou outro pesquisador que deseje aplicar este jogo em sala de aula. O roteiro conta com cinco etapas. Estas apresentam tempos sugeridos de duração e algumas sugestões de falas. Este guia pode ser encontrado no apêndice B.

Instrumentos de coleta

Os únicos dados coletados nesta pesquisa foram as respostas dos questionários. Estes foram respondidos por alunos voluntários após a sessão de jogo e os dados desses questionários foram então organizados para posterior análise.

O modelo MEEGA+ utilizado para o questionário tem como objetivo avaliar a experiência do usuário e usabilidade, sob o ponto de vista da percepção dos alunos. Este modelo, foi criado inicialmente com o intuito de avaliar jogos para o ensino de engenharia de software, e foi motivado pela ausência em muitos casos de uma avaliação mais formal da eficácia dos jogos educacionais (PETRI; GRESSE VON WANGENHEIM; BORGATTO, 2018). Embora criado com este propósito inicial, sua abordagem pode ser generalizada e aplicada para outras áreas do conhecimento. Este questionário é resultado de uma revisão de seu modelo anterior, o MEEGA, desenvolvido por Savi, Wangenheim e Borgatto (2011), que promoveram uma ferramenta de avaliação da qualidade de um jogo educacional, definindo um jogo de qualidade como um jogo que "tem objetivos educacionais bem definidos, motiva os alunos para os estudos e promove a aprendizagem de conteúdos curriculares através de atividades divertidas, prazerosas e desafiadoras...". O modelo inicial do MEEGA avaliava os jogos nas categorias de motivação, experiência de usuário e aprendizagem. Ela, porém, continha subcomponentes de avaliação que, segundo Petri, Gresse

von Wangenheim e Borgatto (2018), se sobrepunham. Estes componentes eram a Motivação e a experiência de usuário.

O novo modelo do MEEGA+ propõe, portanto, dois subcomponentes: Usabilidade e experiência de usuário. Estes subcomponentes são posteriormente subdivididos em dimensões menores e mais especializadas. Essas dimensões podem ser vistas na Figura 3.3. Neste modelo, a aprendizagem é avaliada apenas do ponto de vista de percepção do próprio aluno e os resultados não podem ser generalizados. Porém, esta ferramenta apresenta uma grande facilidade de aplicação, gera pouca interrupção no fluxo das atividades de sala de aula e permite uma avaliação em cima de uma escala padronizada, o que permite uma comparação sistemática com desígnios diferentes. Essas características foram levadas em consideração na hora de escolher o questionário MEEGA+ como ferramenta de coleta deste trabalho.

Além dos componentes descritos anteriormente, o questionário do MEEGA+ apresenta algumas questões relacionadas a dados demográficos como idade, sexo e frequência de utilização de jogos digitais e não digitais. O questionário também apresenta a possibilidade de inserção de afirmações específicas aos objetivos didáticos do jogo trabalhado. A recomendação dos autores é que seja criada uma afirmação para cada objetivo. Essas, afirmações foram compostas a partir de um verbo que represente o nível do objetivo seguido de sua descrição. Por exemplo, uma das perguntas foi a seguinte: O jogo contribuiu para que eu pudesse diferenciar os diferentes tipos de Relações entre organismos. Nessa questão a percepção de melhora na habilidade de diferenciar as relações está sendo avaliada.

No seu final, o questionário traz consigo três questões abertas com o objetivo de capturar informações adicionais sobre o jogo na percepção dos estudantes. Estas questões pedem aos alunos que descrevam o que gostaram, o que poderia ser melhorado e qualquer comentário que os alunos possam ter para o jogo. O resultado das respostas abertas também foram utilizados neste trabalho e serão abordadas na seção de resultados.

3.4.1 Análise dos resultados

A análise dos resultados coletados foi feita por meio do uso de estatística descritiva e inferencial. A parte descritiva envolveu a geração de gráficos de barra com dados de distribuição de frequência e média para cada ponto do questionário. Além disso foram gerados gráficos de pizza com informações demográficas da população de estudantes. O objetivo aqui é o de organizar e sumarizar os dados. Esta análise foi possível por meio de uma planilha desenvolvida pelos próprios autores do MEEGA+ (PETRI; GRESSE VON WANGENHEIM; BORGATTO, 2018) que permite a geração destes gráficos de forma automática a partir das respostas do questionário.

Para, além de organizar e avaliar, entender melhor esses dados, uma análise inferencial foi feita com o auxílio do SPSS, um software estatístico. O objetivo aqui era o de

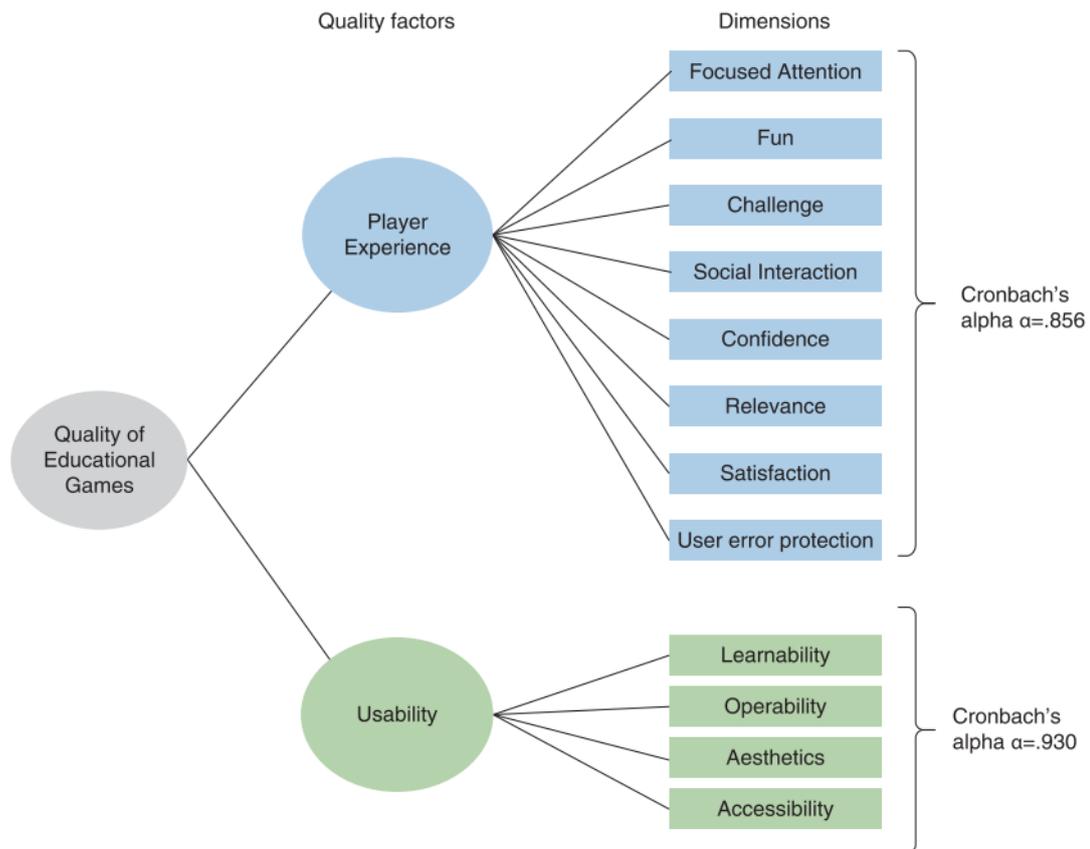


Figura 3.3: MEEGA+. Decomposição dos componente avaliativos. Fonte.: Petri, Gresse von Wangenheim e Borgatto (2018)

avaliar se houve uma relação entre a experiência prévia dos estudantes com jogos e a percepção desses estudantes em relação ao Calangos 3. Os resultados dessas análises podem ser vistos na seção 5.2. Porém, antes de abordar os resultados obtidos pela aplicação do Calangos 3, faz-se necessário conhecê-lo em mais detalhes e entender o seu funcionamento.

Em relação as questões abertas, estas foram codificadas e categorizadas como forma de se entender melhor os resultados obtidos. Os códigos foram criados com base no que foi respondido em relação ao que foi perguntado. Isto ocorreu porque cada questão solicita do estudante respostas com objetivos diferentes, que irão pesar de forma diferente em relação a qualidade do software. Por exemplo, em um questão que questiona do aluno o que ele gostou no jogo, a resposta "O gráfico" significa uma avaliação positiva do gráfico do jogo. Por outro lado, na pergunta relacionada ao que poderia ser melhorado, essa mesma resposta tem uma carga negativa, e irá significar que o gráfico do jogo não condiz o que o estudante esperava. Assim, trechos de respostas que apontam o gráfico como ponto de melhoria foram atreladas a códigos como "Baixa qualidade gráfica".

Por fim, foi utilizada uma escala desenvolvida por Petri (2018) para avaliar a qualidade dos jogos que fizeram uso do MEEGA+. Esta escala posiciona o jogo em uma escala que varia de de baixa qualidade até de alta qualidade e se baseia nas respostas dos alunos às perguntas presentes no questionário.

3.4.2 Escala de qualidade

O MEEGA+ propõe uma escala de qualidade para os jogos baseados na Teoria da Resposta ao Item (TRI). Ela é uma teoria que tenta relacionar variáveis observáveis, que neste caso são os itens dos questionários e traços latentes (ou variáveis hipotéticas), que neste caso é a qualidade do jogo educacional. Nela cada pergunta do questionário é avaliada individualmente em relação ao traço latente que se deseja avaliar. Cada item apresenta valores específicos de discriminação e dificuldade. O primeiro, se refere ao quão correlacionado esse item está em relação ao que se está avaliando, ou seja, o quão as respostas variam em conjunto com o traço latente estudado. Nesse caso, quanto maior seu valor, mais relacionado à qualidade do jogo o item estará. O segundo avalia o quão difícil é um item do questionário. Nesse caso, quanto maior a dificuldade de um item, mais difícil é de se conseguir que um estudante concorde com a afirmação dele.

No trabalho de Petri (2018), ele descreve o processo utilizado para calcular os valores de discriminação de dificuldade dos itens do MEEGA+. Para isso foram utilizados os resultados das aplicações do MEEGA+ em jogos educacionais para 1048 alunos em 8 diferentes instituições de ensino. Os dados coletados com estas aplicações foram utilizados para definir valores individuais de cada um desses parâmetros. Após isto, ele se baseou no artigo de Tezza, Bornia e Andrade (2011), que define um limiar (0.7) de qualidade para um item de questionário ser válido na escala de medidas, e removeram itens com parâmetro de discriminação menor do que o definido. Estes itens foram considerados inválidos para calcular o traço latente (qualidade) e por isso foram removidos da escala. Ao todo são 31 questões fixas no MEEGA+, dessas, 5 foram removidas. Os demais itens tiveram seus parâmetros apresentados na tese de Petri (2018) e foram utilizados para calcular a pontuação do Calangos 3 nesta escala.

Obter a pontuação do Calangos 3 foi facilitado graças a um script em R disponibilizado pelo grupo de pesquisa do MEEGA+. R é uma linguagem de programação utilizada para estatística computacional e geração de gráficos, então, por meio desse script, podemos calcular os escores de cada aluno tendo como média 0 e desvio padrão 1. É importante pontuar que além das questões removidas pelo autor da escala, não foram incluídas as perguntas adicionadas inseridas com os objetivos de aprendizagem deste trabalho, pois por serem exclusivas desse jogo não apresentam um referencial para ser utiliza com relação aos parâmetros de discriminação e dificuldade. Assim das trinta e oito questões, sete foram removidas por serem específicas

ao Calangos 3, e cinco por não atingirem a discriminação requerida, restando então vinte e seis questões para serem utilizadas.

Apesar de calculados os escores individuais por meio do script, o jogo ainda precisa ser avaliado como um todo. Neste caso, Petri (2018) descreve que a média dos escores deve ser utilizada para calcular a qualidade do jogo. Após calcular este valor ainda se faz necessário verificar sua posição nos níveis de qualidade definidos pelo autor. Segundo ele, a média deve ser convertida em uma escala (50:15), onde a média é 50 e o desvio padrão é 15 . Após calculada a pontuação nessa nova escala, o jogo deve ser comparado em relação aos três níveis de qualidade definidos pelo autor e presentes na tabela 3.2.

Tabela 3.2: Níveis de qualidade de um jogo educacional

Pontuação	Nível de qualidade
$\theta < 42.5$	Baixa qualidade
$42.5 \leq \theta < 65$	Boa qualidade
$\theta \geq 65$	Excelente qualidade

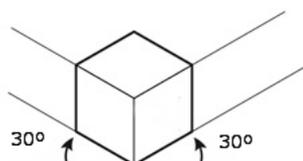
Capítulo 4

O jogo

4.1 Tecnologias e plataforma

O jogo foi construído a partir da ferramenta de desenvolvimento Unity, o que o permite ser utilizado em diversas plataformas, como Windows, Linux, MacOS ou mesmo em navegadores que suportem HTML5. O foco porém foram computadores de escola pública e esta decisão traz consigo a necessidade de um jogo leve, por conta das limitações de hardware presentes nesses computadores, muitas vezes antigos.

Com este objetivo, o jogo desenvolvido foi feito em 2D com projeção isométrica (figura 4.1). Este tipo de projeção gera uma falsa sensação de tridimensionalidade projetado sobre uma perspectiva bidimensional. Ela consegue obter este efeito ao deixar visível todos os três eixos posicionando-os a uma distância de 60° entre cada um e de 30° em relação à linha do horizonte. Assim os estudantes podem ter uma noção de profundidade ainda que do ponto de vista do jogo os objetos sejam tratados como imagens bidimensionais. Com isto, obtém-se um software mais leve do que em um jogo 3D.



Isométrico

Figura 4.1: Exemplo de projeção Isométrica

Além da questão técnica, faz-se necessário pensar o Calangos 3 do ponto de vista de um jogo de simulação. Para isto, deve-se entender os diversos elementos e mecânicas relacionadas a este tipo de atividade. Nas próximas seções, as características do Calangos 3 como jogo e também como simulação serão trabalhados e demonstrados em mais detalhes.

4.2 Objetivos do jogador

O objetivo do jogador de Calangos 3 deixa de ser o de sobreviver e reproduzir no papel de um lagarto, como era nas fases anteriores. Ele passa, então, a ser o de manter o equilíbrio de uma população, trazendo assim conceitos relacionados ao crescimento e controle populacional e interação entre os indivíduos e populações. Essa mudança fez com que as próprias dinâmicas presentes nos jogos anteriores fossem revisadas e incrementadas, dando espaço a novas, pensadas especificamente para este cenário.

Uma dessas mudanças foi a de inserir um sistema de recursos no jogo. Aqui, o jogador fará uso da biomassa, que representa todo tipo de matéria orgânica vegetal e animal (Figura 4.2). Ela é utilizada como um recurso fictício e é necessária para inserir animais e plantas de outras espécies que não a principal (Figura 4.3). Esta inserção é controlada pelo jogador e realizada com a finalidade de influenciar o crescimento ou redução de uma população e deve ser utilizada com cuidado já que um predador inserido em um ambiente de forma errada pode ser a causa de extinção da espécie foco do jogador, enquanto a falta de controle da população pode gerar um aumento rápido no seu tamanho, resultando em escassez de recursos e na extinção outras espécies de presas ou competidoras.

Ainda sobre a mecânica de inserção, o estudante tem também o controle do posicionamento dos organismos adicionados, e isto irá influenciar os impactos de sua inserção. Alimentos posicionados com muita proximidade podem não ser capazes de alimentar muitos lagartos já que estes tendem a competir por território e afastar competidores. Outro exemplo é a inserção de predadores muito longe de lugares com maior concentração de lagartos. Isto pode afetar a eficiência de sua predação. Cabe ao estudante, então, analisar a melhor abordagem para cada situação.



Figura 4.2: O medidor de biomassa informa o jogador da quantidade atual disponível

Esta não é a única grande mudança em relação aos jogos anteriores. A terceira fase do jogo apresenta como foco a ecologia a nível populacional e não de organismos. Isto reflete em uma mudança de perspectiva por parte do jogo que deixa de ser em



Figura 4.3: A barra de unidades contém informações e a quantidade de biomassa necessária para a inserção de um grupo de cada espécie

primeira pessoa e passa a se apresentar com uma visão geral do ambiente, que é visto de cima (ver figura 4.4).

4.2.1 Visualização e controles do jogador

Como já dito, o Calangos 3 apresenta uma câmera posicionada acima do cenário do jogo. Isto permite que o estudante possa ter uma visão mais ampla das populações e dos impactos de suas decisões no bioma como um todo. Obtém-se assim uma melhor compreensão de como as populações interagem e de como o equilíbrio de um ecossistema depende de todas as suas partes.

Além da câmera em posição superior, outras técnicas foram utilizadas para que o jogador pudesse entender melhor o cenário em que sua população se encontra. O jogo, portanto, contará com alguns elementos visuais facilitadores, que serão listados a seguir:

1. O jogador tem a chance de alternar entre uma visão mais focada nos indivíduos (Figura 4.5) e suas interações ou uma visão geral e holística dos fenômenos que acontecem no jogo. Isto é possível por meio de um controle que o jogador terá sobre a escala da simulação podendo se aproximar ou se afastar ampliando o alcance da câmera.
2. Durante e ao fim de cada fase Estudante poderá visualizar um gráfico das quantidades de indivíduos no tempo (Figura 4.6). Além de informações sobre o total de indivíduos de sua população, o jogador pode acompanhar a quantidade de recursos, competidores e predadores. Este gráfico é atualizado em tempo real e permite que o jogador tenha um feedback a cerca do seu progresso



Figura 4.4: Visão superior do cenário do Calangos 3.0

e entenda melhor como cada decisão impacta a sua população. Acompanha-lo permite ao estudante entender melhor as variações nas populações, possibilitando assim, analisar se elas ocorrem de forma equilibrada ou não.

3. O jogador contará com informações sobre as causas de mortes dos indivíduos de sua população, para que possa entender suas razões e impedir uma possível extinção ou redução extrema de sua população.

Outra importante ferramenta do jogador é a de controle da velocidade da simulação. Na Figura 4.3, pode ser vista a ferramenta de controle temporal do jogador. Com ela, ele pode parar o tempo do jogo ou alternar a velocidade de jogo entre 1,2 ou 3 vezes a velocidade padrão. Com isto, o jogador pode reduzir a velocidade do jogo permitindo uma análise mais cuidadosa do que acontece ou até mesmo pausá-lo, caso se sinta sobrecarregado de informação. É possível também acelerar o tempo e poder analisar os impactos de suas decisões a longo prazo de forma rápida.

4.3 Comportamentos das plantas

Como dito no capítulo anterior, as plantas podem assumir diversos papéis no Calangos 3. O mais básico e importante deles é o de proporcionar alimento. Isto ocorre de duas formas: pela geração de frutos ou pela atração de insetos. O tipo de alimento gerado por elas é importante, pois, mesmo que os lagartos possam se alimentar de ambas, o sapo, competidor dos lagartos somente se alimenta de insetos. Assim, as frutas não são disputadas por estes animais.



Figura 4.5: O painel de unidade exibe informações sobre a unidade selecionada pelo jogador. Outras espécies além da espécie principal podem ser selecionadas

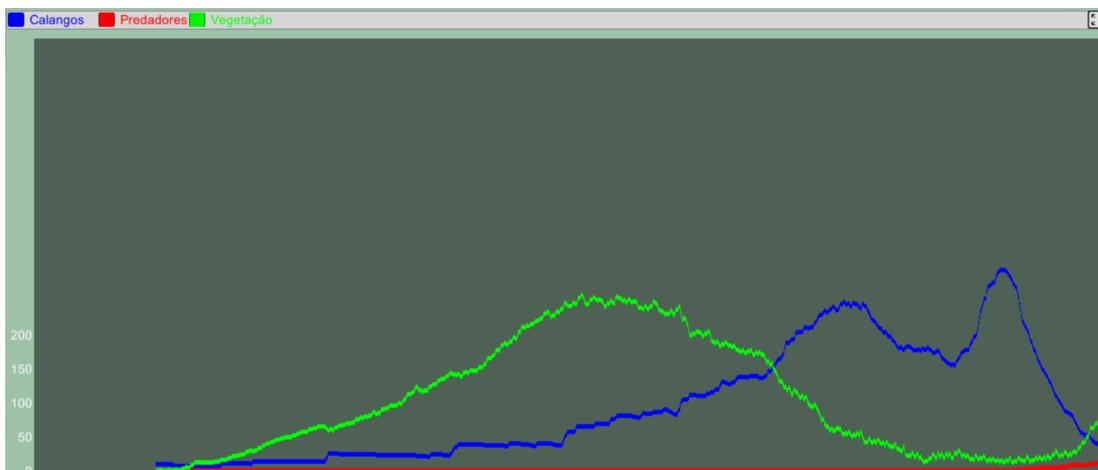


Figura 4.6: Gráfico para consulta dos jogadores. Verde: Alimento, Azul: Espécie principal, Vermelho: Predadores

Plantas frutíferas, no Calangos 3, geram frutas em intervalos de tempo individuais de cada espécie. Não só a frequência de frutas geradas varia com a espécie como também o raio de alcance dessas frutas, ou seja, plantas maiores geram frutas a uma distância maior de sua posição. Outro fator individual de cada planta é a energia proporcionada por suas frutas. Todas essas variáveis são apresentadas ao jogador antes que ele decida inserir alguma espécie, e devem ser analisadas para garantir

uma escolha favorável para cada situação.

Em relação às plantas que atraem insetos, há algumas variações a depender da espécie de planta. Cada espécie apresenta uma quantidade inicial de insetos e uma quantidade máxima suportada por ela. Além disso, cada espécie de planta apresenta um tipo de inseto que gera uma quantidade própria de energia quando consumido. A quantidade de insetos presentes em uma planta tende a crescer com o tempo seguindo uma equação (Eq. 4.1) criada para representar o nascimento e migração de novos insetos. Nesta equação, a variação na quantidade de insetos no tempo depende da quantidade de insetos total n , da taxa de crescimento r , constante que define a quantidade de novos indivíduos por tamanho da população, e da taxa de migração no tempo representada pela letra m . Essa equação segue os moldes da apresentada na seção 2.2.3, porém, adiciona a migração de novos insetos à equação.

$$\frac{\Delta n}{\Delta t} = (rn) + m \quad (4.1)$$

Ao atingir o limite máximo, a quantidade de insetos não pode aumentar e novos indivíduos só poderão surgir se os presentes forem consumidos. Esta decisão foi tomada com o objetivo de representar um limite de indivíduos em um mesma área e impedir um acúmulo exagerado de insetos, caso não haja um consumo constante por parte dos seus predadores.

Além da função de alimento, as plantas podem proporcionar sombra e esconderijo para os lagartos. Em relação à planta como esconderijo, não existe limite de animais se escondendo em uma mesma planta. Isto foi feito para aumentar a chance de sobrevivência dos lagartos e impedir que predadores reduzam demais a população de lagartos por ter uma eficiência de predação muito grande. Quanto a sombra, o raio da sombra das plantas varia de acordo com a espécie. Porém, como na versão atual do Calangos 3 só existe uma planta capaz de projetar sombra, a informação do raio de ação de cada espécie é omitido, já que não terá peso nas decisões do jogador. As interações geradas por essas duas características e os lagartos, que fazem uso delas, serão apresentadas com mais detalhes nas próximas seções.

4.4 Comportamentos dos animais

Sendo uma modelagem baseada em indivíduos, modelar corretamente o comportamento destes é fundamental para que se obtenha um resultado que represente os fenômenos trabalhados de forma verossímil. Apesar disso, uma modelagem mais detalhada do comportamento foi desenvolvida unicamente para a espécie principal. Foi delegado às outras espécies um comportamento mais simplificado como forma de reduzir o custo da simulação já que uma modelagem detalhada do comportamento de cada um dos vários indivíduos presentes em uma sessão de jogo poderia se tornar algo muito custoso.

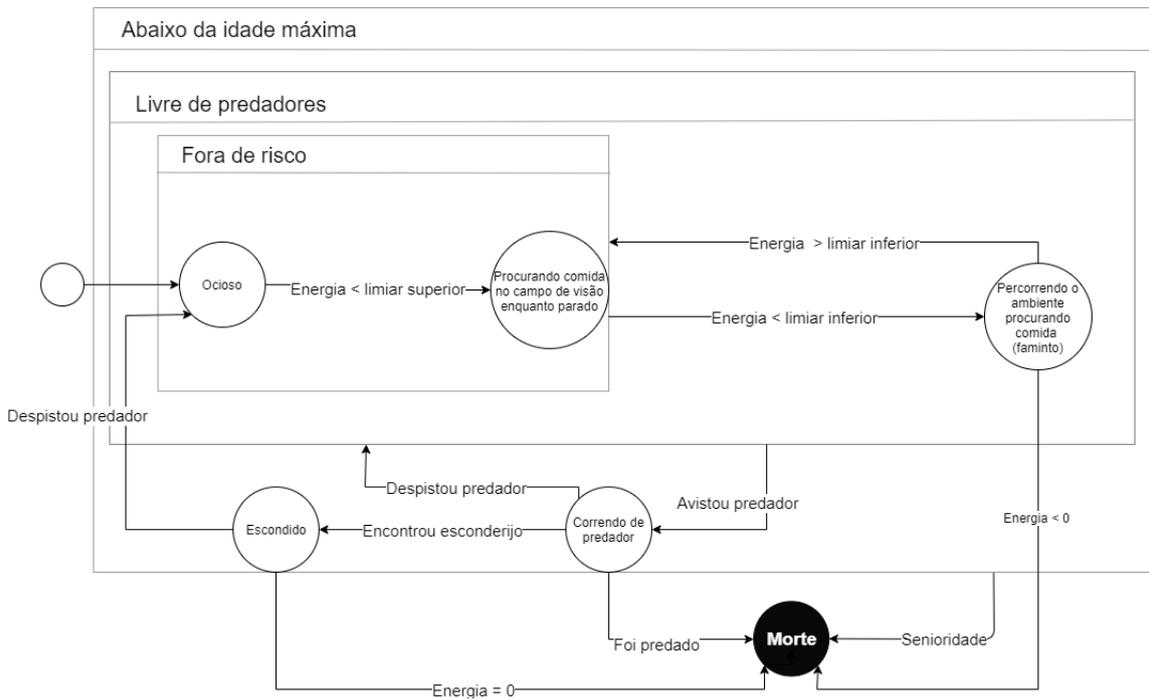


Figura 4.7: Máquina de estados dos competidores

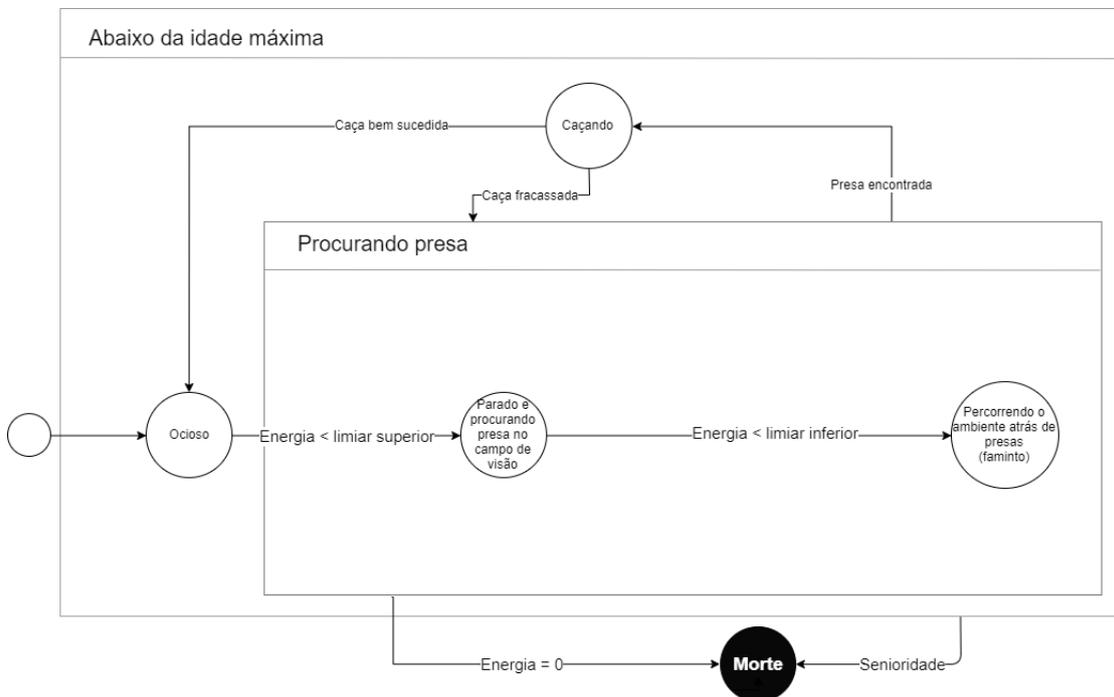


Figura 4.8: Máquina de estados dos predadores

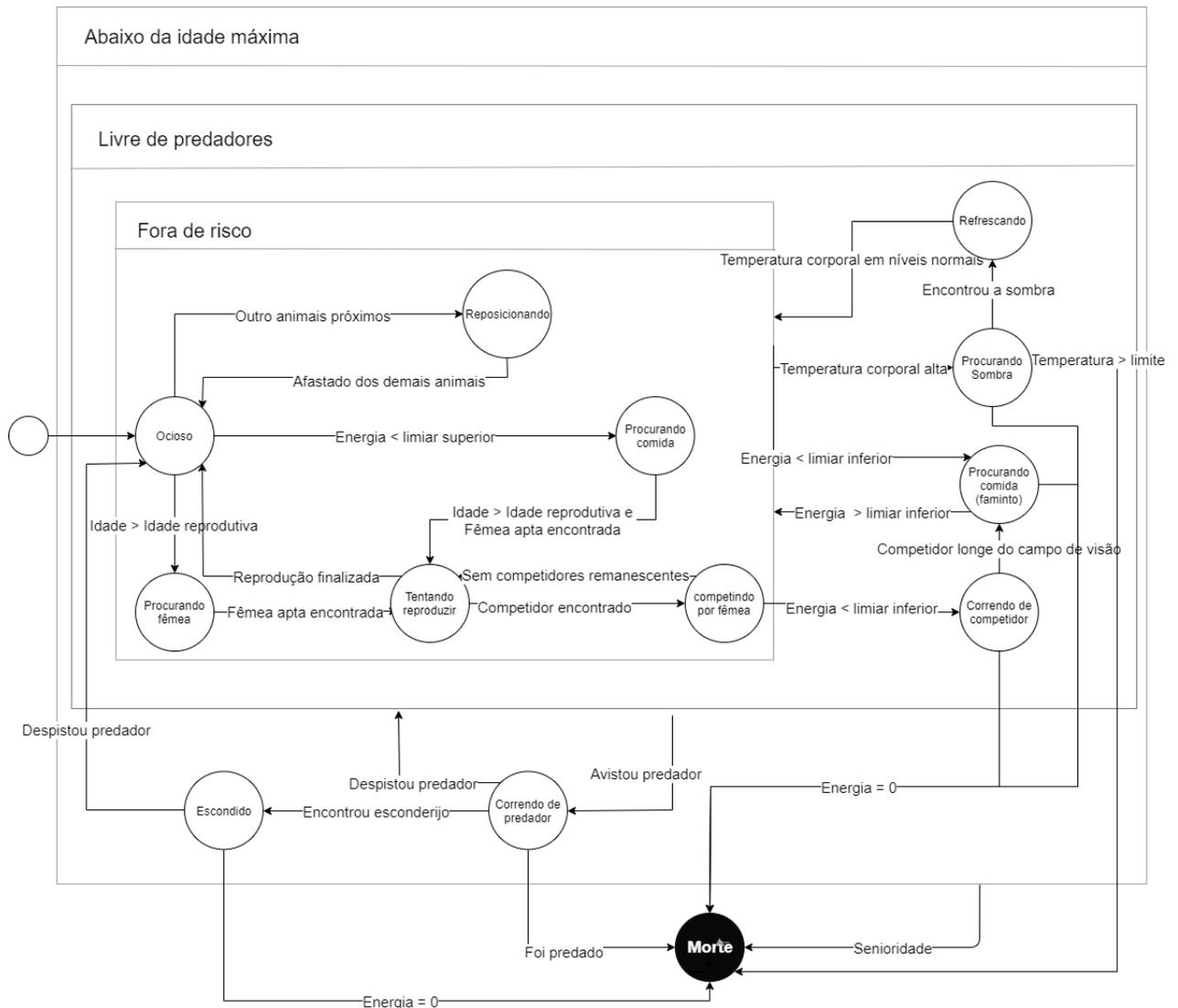


Figura 4.9: Máquina de estados do lagarto macho

O comportamento de todos os animais é representado por máquinas de estado e mudanças de estado ocorrem como consequência dos estímulos externos. Os diferentes arquétipos, citados no capítulo anterior, possuem diferentes comportamentos (Ver figuras 4.7 e 4.8). Essas diferenças, porém, não se limitam só a eles, lagartos de diferentes gêneros possuem também diferentes comportamentos. Estes, podem ser vistos nas figuras 4.9 e 4.10. Uma das principais diferenças de comportamento entre lagartos de sexo diferentes é a competição por parceiros. Os lagartos machos competem entre si para poder se reproduzir com uma fêmea de sua espécie. A última, porém, não se envolve nesta competição e apenas espera pelo macho vencedor. Esse comportamento pode ser observado nas máquinas de estado.

Apenas analisando as máquinas de estado podemos ver as diferenças de comporta-

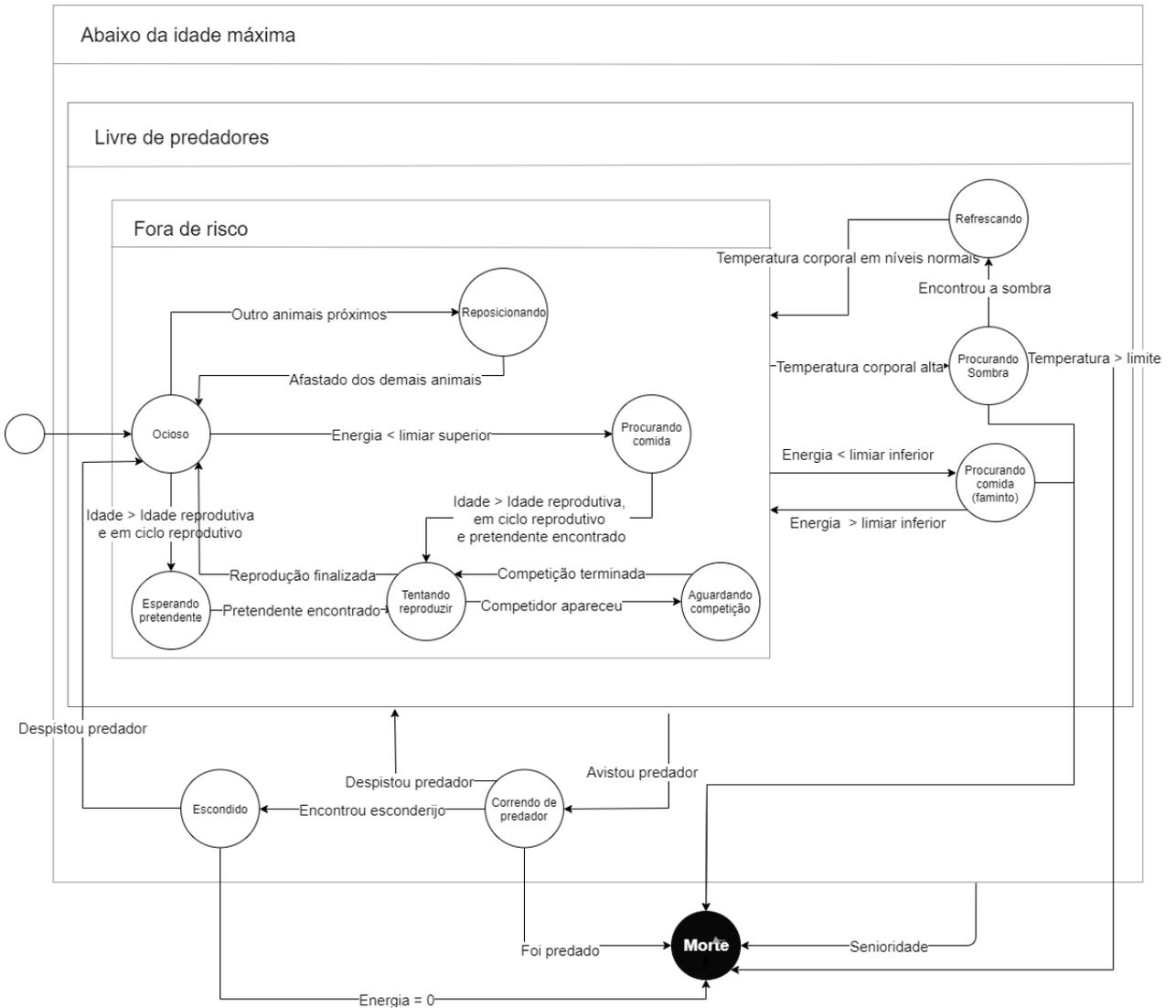


Figura 4.10: Máquina de estados do lagarto fêmea

mento de cada um dos tipos de animais. Competidores e predadores não apresentam comportamentos relacionados à reprodução, já que para eles ela ocorre apenas na forma de uma equação matemática que será apresentada nas próximas seções. Alguns comportamentos, como busca por alimento e fuga de predadores são compartilhados entre lagartos e seus competidores. No jogo a energia do animal é contabilizada por uma variável interna. Todo animal aumenta sua energia ao ingerir alimentos, porém, ela não pode passar de um limite específico a cada espécie. As espécies apresentam também limiares inferiores e superiores de energia, esses limiares indicam o nível de fome do animal. Com energia abaixo do limite inferior, por exemplo, o animal está faminto e irá priorizar a busca por alimento. Caso esteja acima do inferior mas abaixo do superior, ele estará com fome moderada e irá se alimentar apenas caso

haja um alimento próximo, dentro do seu campo de visão, e não haja nenhum risco de predador por perto.

Todos os animais estão vulneráveis a morrer de fome ou de idade. Cada um deles tem idade inicial igual zero. Esta, é aumentada em um a cada ano do jogo a partir do momento em que são inseridos. Ao atingir a idade máxima preestabelecida para cada espécie no jogo, o animal morre de idade. Tendo isto em mente, o jogador pode consultar a idade máxima de cada espécie antes de inseri-la.

Uma importante diferença entre os comportamentos dos lagartos e dos demais animais é o de ter que manter a temperatura interna por meio da temperatura ambiente. Este comportamento está presente somente na modelagem dos lagartos por serem seres ectotérmicos e será descrito em mais detalhes na próxima seção.

4.5 Mecânica de clima

A temperatura do ambiente representa um papel importante na sobrevivência dos lagartos por conta de sua inabilidade de controlar internamente sua temperatura. Na natureza, a temperatura do ambiente pode mudar de acordo com diversas variáveis: A temperatura do chão não é a mesma do ar, bem como esta exposta ao sol não é a mesma que em uma área de sombra. Além disso, hora do dia, dia do ano, todos estes fatores influenciam na temperatura ambiente. No Calangos 3, porém, este fenômeno foi simplificado para que o jogo não se tornasse complexo demais para os estudantes. Nele, a temperatura no Sol e na sombra são diferentes entre si mas são constantes independentes do tempo. Desta forma os lagartos ainda precisam buscar a sombra quando estão com temperaturas muito altas, pois a temperatura na sombra é menor. Estas temperaturas porém, permanecem as mesmas durante todo o jogo, variando somente a temperatura interna do lagarto.

Como forma de calcular a variação de temperatura interna dos lagartos uma equação que simplifica a variação de temperatura em função do tempo foi criada. Para isso, foram simplificados os cálculos de duas grandezas: A Capacidade térmica e o fluxo de calor. A primeira representa a variação de temperatura sofrida por corpos a partir de uma quantidade de calor e pode ser vista na equação 4.2. A quantidade de calor é representada pela letra Q , e a variação de temperatura por $\Delta\theta$. Já o fluxo de Calor representa a quantidade de energia transferida entre corpos no tempo e pode ser visto na equação 4.3.

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta} \quad (4.2)$$

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} \quad (4.3)$$

Ambas as equações podem ser reorganizadas da seguinte forma (Eq. 4.4 e 4.5):

$$Q = C * \Delta\theta \quad (4.4)$$

$$Q = \Phi * \Delta t \quad (4.5)$$

Juntando as duas equações obtemos as seguintes (Eq. 4.6 e 4.7):

$$C * \Delta\theta = \Phi * \Delta t \quad (4.6)$$

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\Phi}{C} \quad (4.7)$$

Como dito anteriormente, para simplificar a modelagem do fenômeno, a capacidade térmica e o fluxo de Calor foram simplificados. O primeiro se tornou igual à diferença de temperatura entre o lagarto e o meio e o segundo é uma constante que não varia independente do indivíduo e de sua massa. Assim, resultado do modelo final pode ser observado na equação 4.8.

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{(T_{ambiente} - T_{animal})}{C} \quad (4.8)$$

O resultado então é que a variação da temperatura do animal no tempo irá depender da diferença entre ela e o meio. Se o lagarto estiver exposto a uma temperatura alta fora de uma região de sombra sua temperatura irá subir rapidamente. Caso passe de um limite predefinido, o animal irá falecer. Para evitar isso, o lagarto deverá procurar uma sombra, onde a temperatura ambiente é menor que a sua temperatura corporal.

4.6 Interações

As relações intra e interespecíficas citadas nos capítulos anteriores são trabalhadas na versão atual do Calangos. A forma como foram modeladas e como são apresentadas ao estudante será descrita nesta seção.

Intraespecíficas

Durante o jogo, o estudante poderá observar as relações intraespecíficas de competição por alimento e por fêmeas. A competição por alimento pode ser observada quando dois ou mais indivíduos procuram o mesmo alimento. No jogo, não existe

confronto físico por alimento, o que ocorre é que o lagarto que alcança primeiro o alimento o consome, privando os demais deste recurso. Como consequência, esses têm que procurar por outros alimentos no ambiente para se manterem nutridos.

A competição por fêmeas, porém, envolve processos mais complexos dentro de sua modelagem no jogo. Caso não esteja com a energia abaixo do limiar crítico (Fome alta, ver Fig. 4.9), um lagarto macho adulto procura em seu campo de visão, de raio predefinido, por fêmeas em período Reprodutivo. Caso haja uma fêmea e um competidor próximo, há uma chance de iniciar um combate com este competidor ou de fugir. Quanto mais energia o indivíduo tem, maior a chance de um embate. O combate ocorre com a diminuição gradativa da energia do oponente, até que um concorrente com baixa energia desista e fuja. A energia é reduzida em uma quantidade constante a cada ataque do oponente. O vencedor, acasala com a fêmea e há uma chance de que ocorra uma reprodução bem-sucedida e novos indivíduos sejam gerados. Este processo está representado no diagrama da Figura 4.11 e pode ser acompanhado pelos alunos por meio de símbolos atrelados aos indivíduos que representam o estado atual do lagarto.

Para que uma reprodução aconteça, ambos os indivíduos devem se encontrar em idade reprodutiva, acima de um limiar definido na modelagem. Além disso a Fêmea deve estar em um ciclo reprodutivo, ou seja, existem intervalos reprodutivos na modelagem como forma de representar o que acontece no fenômeno real e impedir um crescimento irregular da população de lagartos (um potencial biótico irreal).

Esta reprodução descrita cabe apenas à espécie principal. A reprodução das espécies secundárias, como já foi dito anteriormente, é feita por meio de uma modelagem matemática e não tem representação visual. Novos indivíduos são apenas inseridos no ambiente com base em uma taxa que representa a variação do número de indivíduo em função do tempo, taxa que foi descrita na seção 2.2.3.

Interespecíficas

As duas principais relações interespecíficas presentes no jogo são a competição por alimento com outras espécies de dieta similar e a predação. Esta competição ocorre da mesma forma que entre indivíduos de mesma espécie, como descrita na seção anterior. A predação, porém, traz consigo novas mecânicas. Ao avistar um predador, o animal interrompe o que estiver fazendo e foge. Durante o processo de fuga ele procura por alguma vegetação que possa disponibilizar esconderijo dos predadores. Caso consiga se esconder, ele permanece imóvel até que o predador se retire de seu campo de visão. Caso ele não consiga fugir a tempo e o predador o alcance, ele será consumido imediatamente. Por outro lado, se o predador o forçar a ficar escondido por tempo demais, o lagarto pode morrer de fome por não conseguir buscar comida. Cada organismo no jogo, planta ou animal, que pode ser consumido e propicia uma quantidade de energia fixa e individual a cada espécie independente do seu nível atual de energia interna. Os animais predadores, e isso se estende aos lagartos,

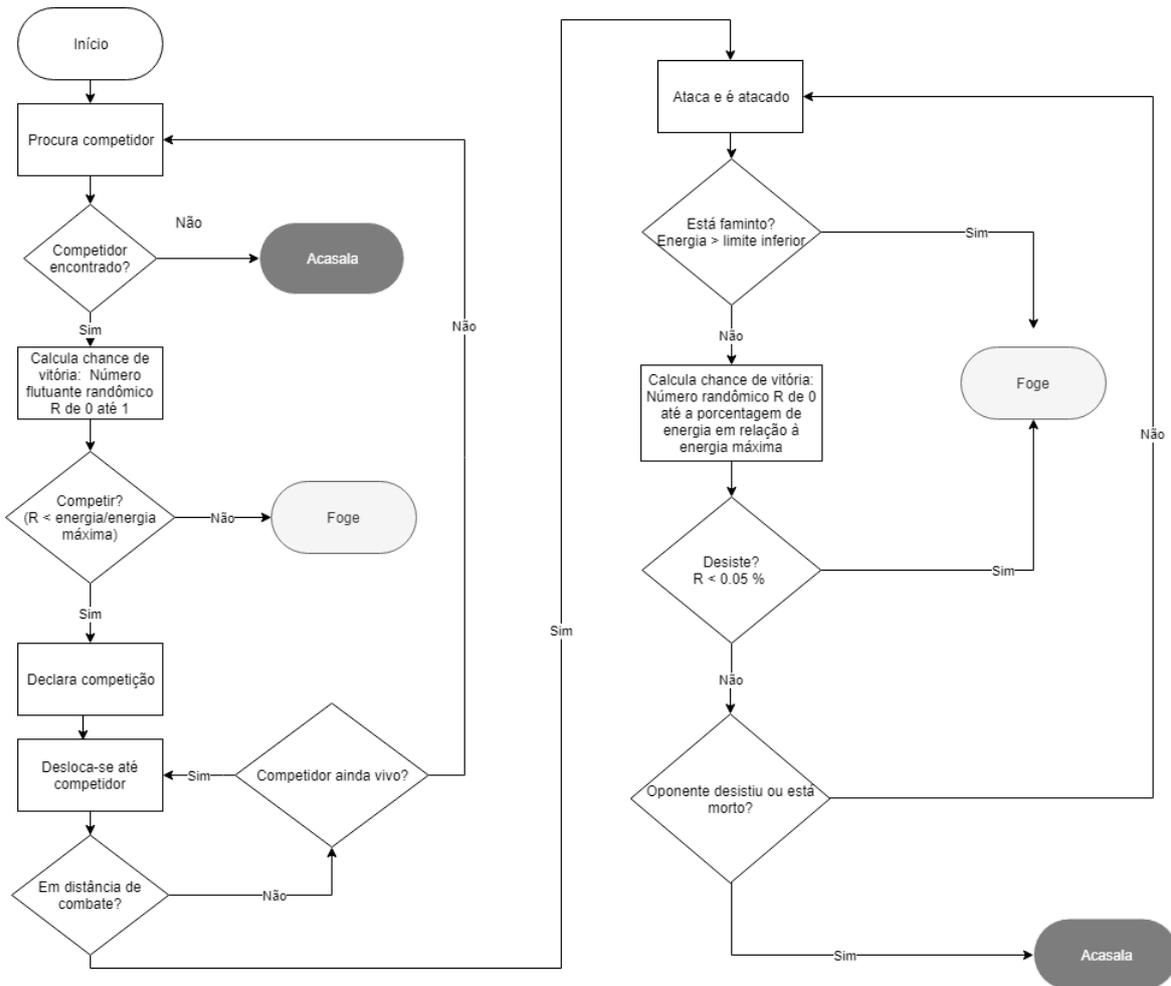


Figura 4.11: Diagrama de fluxo de decisão do Lagarto em competição

aumentam sua energia interna com base na energia proporcionada pelo organismo predado.

Desta forma, os animais e plantas presentes no Calangos 3 apresentam uma variedade de relações necessários a sua sobrevivência. Essas relações, no entanto, são apresentadas individualmente para o estudante e de forma sequencial. Ou seja, cada uma delas é abordada em uma fase separada. Os detalhes envolvendo cada uma destas fases serão vistos na próxima seção.

4.7 Fases do jogo

Todas as mecânicas citadas anteriormente são apresentadas de forma gradual, portanto, o jogo é dividido em 5 fases. Ao avançar entre estas fases, novos conceitos

vão sendo apresentados aos estudantes. Esta abordagem de dividir os conceitos em fases foi utilizada como forma de evitar que o jogador fosse sobrecarregado pela grande quantidade de conceitos diferentes. Desta maneira, o aluno seria capaz de se concentrar em cada um dos temas trabalhados, reduzindo a chance de algum deles fosse negligenciado.

O jogo é dividido em 4 fases tutoriais seguidas de uma fase final. As quatro primeiras fases tem o intuito de apresentar ao jogador as mecânicas de jogo e os conceitos ecológicos necessários e apresentam objetivos pensados a partir destas necessidades. A última, chamada de modo livre, não apresenta nenhum novo conceito e tem o objetivo de testar os conhecimentos adquiridos pelo jogador nas etapas anteriores. Essa fase termina somente quando o jogador perde o controle de sua população e desafia-o a tentar manter o controle de sua população pelo maior tempo possível. Espera-se aqui que esta forma de se medir o desempenho gere não somente desafio como também competição, já que diferentes alunos podem competir por melhores resultados.

Cada fase apresenta variações próprias de regras, configuração inicial, objetivos de jogo e objetivos didáticos. Cada uma delas foi pensada a partir do que se esperava do entendimento do aluno a cerca dos conceitos ecológicos. Estes conceitos então foram ordenados de uma forma na qual, os mais simples ou os que eram pré-requisitos para outros, eram apresentados primeiro. Assim, na primeira fase por exemplo, conceitos mais complexos, como relações interespecíficas com outros animais e clima são deixados de lado com o objetivo em focar em relações precedentes como herbivorismo e relações intra-específicas. O planejamento das fases seguiu o modelo completo descrito na seção de fases do GDD, que pode ser encontrado no apêndice C. No entanto, uma versão resumida do design dessas fases será apresentado nas próximas subseções.

4.7.1 Tutorial 1

O Tutorial 1 começa com uma população pequena de lagartos e não há vegetação. Não existe nesta fase o efeito de clima, ou seja, os lagartos não morrem em altas temperaturas. Nele, o objetivo é aumentar a população de lagartos até uma quantidade exigida dentro de um limite de tempo. O jogador perderá se os lagartos entrarem em extinção ou se os Calangos não excederem a quantidade mínima dentro do tempo definido.

Nesta fase, espera-se que os alunos possam aprender sobre as mecânicas de inserção de espécies e sobre a moeda do jogo. Espera-se também que ele conheça os diferentes tipos de vegetação do jogo e possa acompanhar o crescimento da sua população por meio dos gráficos e contadores. O objetivo didático é o de introduzir conceito de população, herbivorismo, reprodução e competição por fêmea.

4.7.2 Tutorial 2

O Tutorial 2, por sua vez, começa com uma população grande de lagartos, há muita vegetação com insetos e o efeito de clima continua inativo. O objetivo dessa vez é o de manter uma população, já muito grande, sob controle, impedindo seu crescimento desequilibrado. O jogador vencerá se mantiver a população abaixo de um limite durante uma quantidade de anos. Por outro lado, perderá se os lagartos excederem essa quantidade quando o tempo da partida chegar ao fim ou se os animais se extinguirem. Nesta segunda fase, espera-se que o aluno possa conhecer espécies competidoras e os efeitos de sua inserção. Do ponto de vista didático, espera-se introduzir o conceito de competição interespecífica.

4.7.3 Tutorial 3

O Tutorial 3 começa com uma população ainda maior de lagartos. Nela, há muita vegetação com frutas e o efeito de clima permanecerá inativo. O jogador tem como objetivo manter essa população ainda maior e em um área com abundância de alimento sob controle impedindo seu crescimento descontrolado. Ele vence se mantiver a população abaixo de um limite durante uma quantidade de anos e perde se ela exceder esse limite ou se houver a extinção da espécie principal. Este tutorial foi concebido de forma a garantir que o jogador conheça e aprenda a usar espécies predadoras, já que os Sapos não comem as frutas e não serão uma ferramenta útil de controle de população neste cenário. Nesta fase, é importante para o jogador entender que a predação exagerada pode gerar a extinção da espécie principal. Desta forma, o objetivo didático é o de introduzir o conceito de predação, seus efeitos e seus riscos.

4.7.4 Tutorial 4

A quarta e última fase tutorial estabelece uma população pequena de lagartos. Nela, não há alimento nem Sombra e o efeito de clima está ativo. Isso significa que sem uma intervenção do jogador, os lagartos morrerão em altas temperaturas pela falta de sombra. O objetivo do jogador é o de aumentar a população de Lagartos até uma quantidade estabelecida dentro do limite de tempo. Ele irá perder se seus lagartos não ultrapassarem essa quantidade mínima dentro do tempo da partida ou se acontecer uma extinção da espécie principal. Espera-se que após essa fase o jogador passe a conhecer os efeitos do clima nos lagartos e entender que a inexistência de zonas de baixa temperatura pode levar à morte do animal. Do ponto de vista didático, por sua vez, espera-se introduzir os efeitos da temperatura em animais ectotérmicos e suas estratégias de sobrevivência.

4.7.5 Modo Livre

O modo livre é a fase final do Calangos 3. Ela não é um tutorial e não serão inseridos novos conceitos. O objetivo é o de colocar em prática os conhecimentos adquiridos nos tutoriais e desafiar o aluno e melhorar seus resultados tentando novas estratégias. Haverá inicialmente uma população pequena de lagartos, não haverá alimento nem sombra e o efeito de clima estará ativo. Esta fase apresenta dois objetivos em sequência ao jogador. Primeiro, deve-se aumentar a população de lagartos até uma quantidade estabelecida. Depois, deve-se mantê-la sob controle pelo máximo de tempo possível, não excedendo um limiar inferior nem um superior. No modo livre, não há condição de vitória e o tempo mantido em equilíbrio é a pontuação. Ademais, perde-se ao atingir a extinção ou se a população exceder os limiares. Isto se torna cada vez mais provável, já que o controle da população passa a ficar mais difícil com o tempo. Desta forma, espera-se que o aluno utilize tudo o que aprendeu nos tutoriais anteriores, reforçando o conhecimento por meio do uso destes conceitos e mecânicas

Capítulo 5

Resultados

5.1 Resultados da modelagem

Inicialmente serão apresentados os dados da modelagem obtidos através de diversas sessões simuladas de Calangos 3. Estes dados serão ligados aos temas trabalhados, mostrando como cada um dos temas abaixo pode ser observado no jogo, como resultado da modelagem desenvolvida baseada em indivíduos.

5.1.1 Potencial biótico

Durante o Calangos 3, se o jogador prover a quantidade necessária de recursos e não utilizar nenhuma ferramenta de controle populacional, poderá ser observado um aumento exponencial da população da mesma forma que acontece com qualquer espécie que encontra pouca resistência do meio. Na figura 5.1, obtida em uma execução do jogo, essa curva pode ser melhor compreendida. Aqui, os lagartos foram expostos a um ambiente sem competição ou predação e com abundância de recursos o que gerou condições ideais para seu crescimento exponencial, que pode ser visto na curva de cor azul que representa a variação no tamanho desta população. Depois de um tempo, porém, a quantidade limitada de alimento fez com que houvesse uma saturação dessa curva de crescimento impedindo que a população continuasse crescendo naquele ritmo. Neste caso, a quantidade de alimento disponível ainda atuou como um fator de controle da população, mesmo que não de forma eficiente como o de um predador, por exemplo.

5.1.2 Controle populacional

Por outro lado, a inserção de novas espécies de predadores pode gerar um controle mais efetivo da população da espécie principal, reduzindo o aumento da população

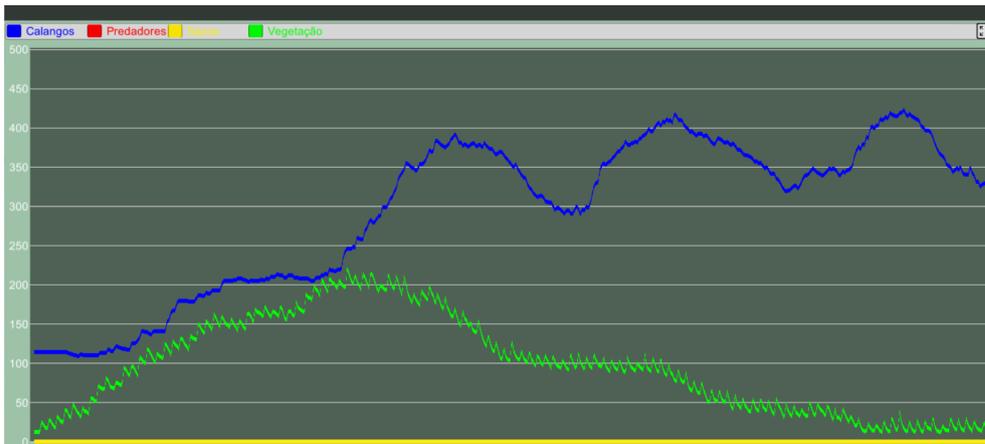


Figura 5.1: Curva exponencial da quantidade de calangos durante o tempo. Verde: Alimento, Azul: Espécie principal, Vermelho: Predadores

até o momento em que ocorre uma inversão e o número de lagartos passa a diminuir. Reduzir os números da espécie principal por conta da predação da espécie predadora inserida gera por consequência uma redução nos recursos disponíveis para a espécie predadora. Isso gera uma redução no tamanho da população de predadores como foi descrito anteriormente na secção 2.2.3. Este fenômeno pode ser visto na figura 5.2 obtida em uma das sessões de jogo. Aqui, um aumento do número de predadores gera uma redução da população de lagartos, seguido de uma redução dos predadores e consequente aumento novamente da população de calangos.

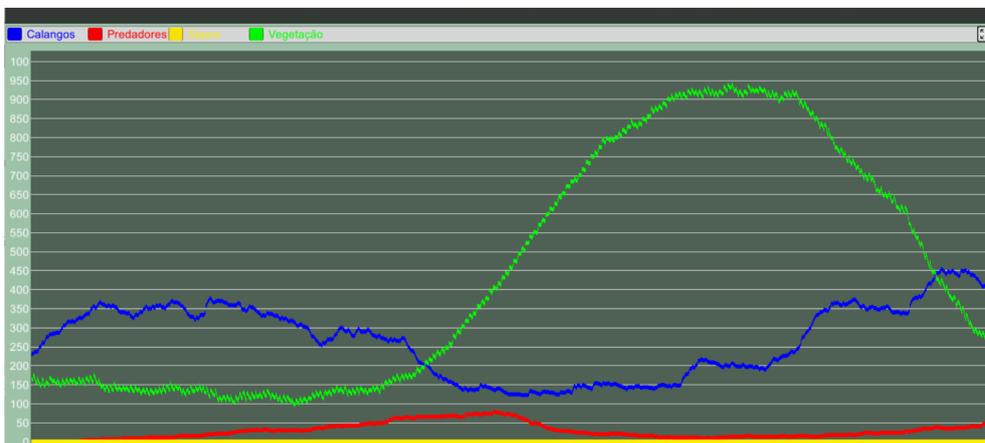


Figura 5.2: Redução da população da espécie principal após inserção de predadores. Capturada durante a execução do jogo. Verde: Alimento, Azul: Espécie principal, Vermelho: Predadores, Amarelo: Competidores

5.1.3 Extinção e causas de mortalidade

Uma predação exagerada pode causar a extinção da espécie principal. Desta forma o jogador deve ter cuidado ao inserir novas espécies no ambiente. A inserção de uma espécie errada ou em quantidade demasiada pode gerar um desequilíbrio do qual o jogador não poderá escapar gerando, no fim, extinção da espécie. Esse desequilíbrio pode ser observado pelo jogador por meio da observação da redução anormal da população da espécie principal e da análise das causas de mortalidade. Este fenômeno pode ser observado nos gráficos auxiliares, como pode ser visto na Figura 5.3. Este gráfico descreve um cenário onde uma população de calangos que inicialmente cresce sem a presença de resistência ambiental, é exposta em determinado momento a uma grande quantidade de predadores. A presença de um número grande de predadores gera um desequilíbrio que resulta na extinção dos lagartos e, conseqüentemente, na extinção dos predadores, que não tem mais animais com os quais possa se alimentar. Vale ressaltar que, o número de predadores, mesmo não parecendo grande em comparação ao de presas, ainda exerce grande influência, já que um mesmo predador pode se alimentar de diversas presas.



Figura 5.3: Extinção da espécie principal capturada durante a execução do jogo. Azul: Espécie principal, Vermelho: Predadores

5.2 Resultados da aplicação em sala de aula

O jogo foi aplicado no dia 14 de agosto no Instituto De Educação Gastão Guimarães seguindo os passos definidos no apêndice B. Ao todo, 17 alunos voluntários compareceram. Ao final da aplicação, o questionário MEEGA+ foi respondido por estes e

seus resultados serão trabalhados nessa seção como forma de avaliar os impactos do jogo em sala de aula. Além disso, será avaliada a qualidade do Calangos 3 como jogo educativo seguindo uma escala de qualidade para os jogos submetidos ao MEEGA+ apresentado por Petri (2018) em sua tese de Doutorado.

5.2.1 Descrição dos dados

No que se refere aos dados demográficos, os alunos participantes apresentaram uma grande variabilidade. Dos dezessete, sete são do sexo masculino e nove do sexo feminino. Ao serem questionados quanto a experiência com jogos digitais, as repostas foram variadas, porém a metade alegou utilizar jogos digitais diariamente. Quanto a jogos analógicos, as repostas foram um pouco diferentes, a maioria dos alunos alegou jogar raramente ou quase nunca. Estas frequências podem ser vistas em mais detalhes nas Figuras 5.4 e 5.5. Esses dados mostram que os voluntários apresentavam uma maior familiaridade com jogos digitais, que é a categoria no qual o Calangos 3 se encontra, o que poderia gerar uma melhor recepção.

Com que frequência você costuma jogar jogos digitais?

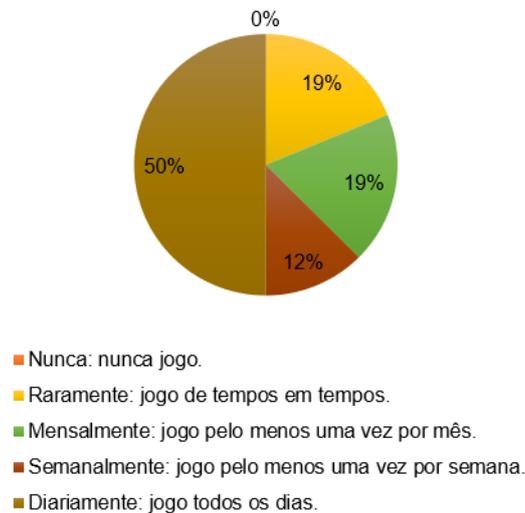


Figura 5.4: Resposta dos alunos em relação à frequência com que jogam jogos digitais

Além da parte demográfica, o MEEGA+ é composto pelos subcomponentes de usabilidade e experiência de usuário. A usabilidade tenta cobrir temas como estética, aprendibilidade, operabilidade e acessibilidade e está relacionada ao quão fácil é para o aluno aprender a jogar e se manter jogando o jogo. Uma usabilidade ruim pode gerar dificuldade para o aluno e isso poderá afetar toda a sua experiência. Desta forma, esse subcomponente é muito importante do ponto de vista do jogo como ferramenta. As respostas às perguntas relacionadas a este subcomponente estão organizadas na Figura 5.6. A experiência de usuário, por sua vez, apresenta

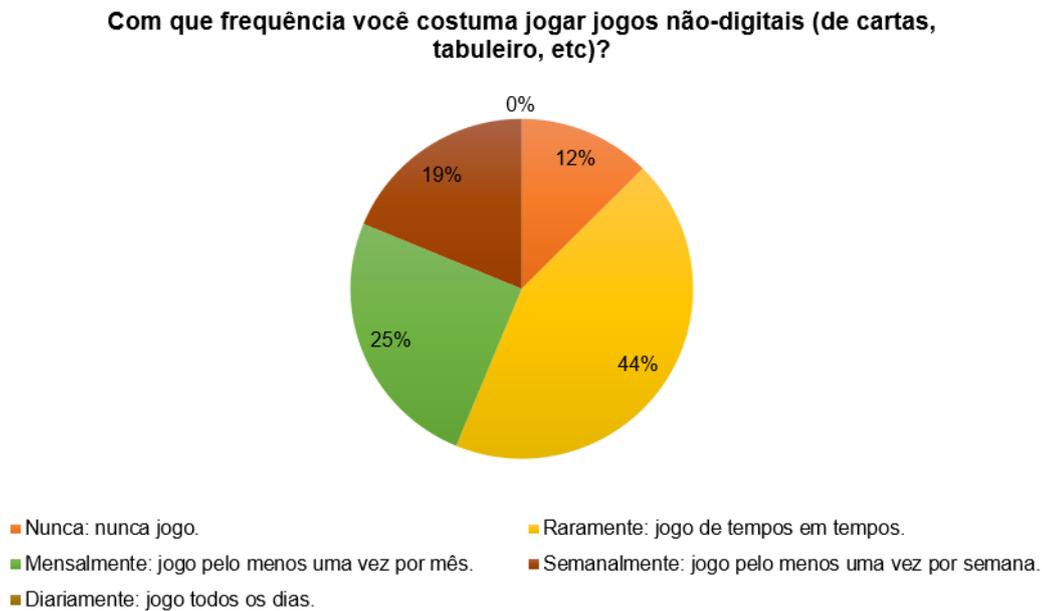


Figura 5.5: Resposta dos alunos em relação à frequência com que jogam jogos analógicos

um grande leque de subcomponentes ainda menores. Ela irá abordar temas como desafio, satisfação, interação social, diversão, atenção focada, relevância e percepção de aprendizagem. Os primeiros temas estão intimamente ligados às características de jogos, abordadas na seção 2.1. Relevância e percepção de aprendizagem, por sua vez, tentam avaliar os resultados do jogo como objeto didático. As respostas desse subcomponente se encontram na Figura 5.7.

Em relação às questões abertas, as respostas foram codificadas e categorizadas, como descrito na modelagem. Os códigos foram divididos em categorias para permitir um melhor entendimento e estas categorias são baseadas parcialmente nas dimensões do MEEGA+. Estas categorias são experiência de usuário, usabilidade, objetivos didáticos, sugestões e críticas. Nesta organização, códigos relacionados a sugestões de melhoria e críticas foram reunidos em uma mesma categoria. Os códigos, suas categorias e suas frequências podem ser vistos na figura 5.8.

5.2.2 Resultado da análise

As respostas obtidas com o questionário serviram de base para entender melhor o que funcionou e o que precisa ser melhorado no Calangos 3. Como dito anteriormente, os estudantes responderam as questões em uma escala Likert de 5 níveis. A cada um desses níveis foi atribuído um peso que varia de -2 (discordo completamente) a 2

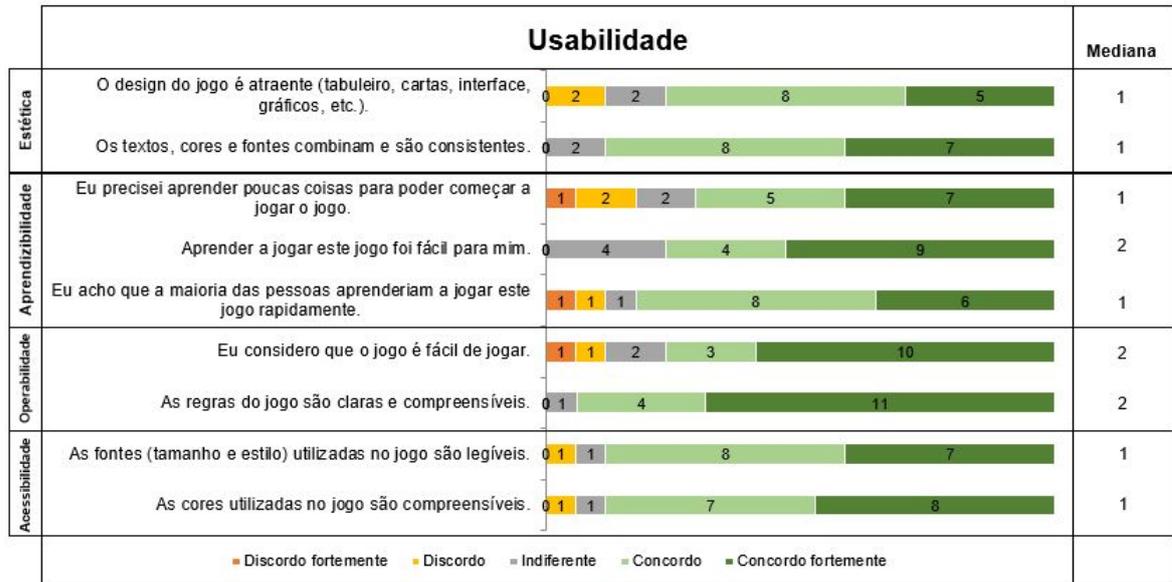


Figura 5.6: Resposta dos alunos em relação à usabilidade.

(concordo completamente). Partindo desses resultados algumas estatísticas descritivas foram feitas como o cálculo da média e da mediana para cada questão.

Do ponto de vista de usabilidade, a operabilidade se destaca positivamente (Ver Figura 5.6), isso porque ela apresenta as maiores médias e medianas entre as perguntas de usabilidade e tem a maioria de suas respostas concentradas entre os dois mais altos níveis. Esse resultado demonstra que o jogo é fácil de ser utilizado e as regras, compreensíveis. Alguns alunos, porém, reportaram a necessidade de se aprender muitos conceitos e ou mecânicas previamente e acreditam que nem todas as pessoas aprenderiam rápido a jogar, isso é evidenciado nas respostas atreladas a aprendizagem. Em conclusão, a maioria das repostas foram favoráveis a este sub-componente, o que reforça a capacidade da ferramenta de ser utilizável sem muitas dificuldades ou rejeições.

No que se refere à experiência de usuário, destaca-se o risco do jogo de se tornar monótono e não ser desafiador para alguns estudantes. Isso porque as respostas relacionadas a desafio obtiveram uma concentração em níveis inferiores (de menor peso) se comparados às demais perguntas, como pode ser visto na Figura 5.7. O Calangos 3 dispõe de três modos de dificuldade diferentes, que variam entre fácil, normal e difícil. Esses, modos porém não foram eficazes o bastante, evidenciando a necessidade de alguns ajustes partindo dos resultados de sua aplicação a mais jogadores. Outro ponto que deve ser levado em consideração é falta de interação social no Calangos 3. Esta falta de interação pode ser inferida com base nos resultados das perguntas relacionadas a este tema na Figura 5.7. Nas respostas, a quantidade de alunos que discordam das afirmações relacionadas a interação social é grande em

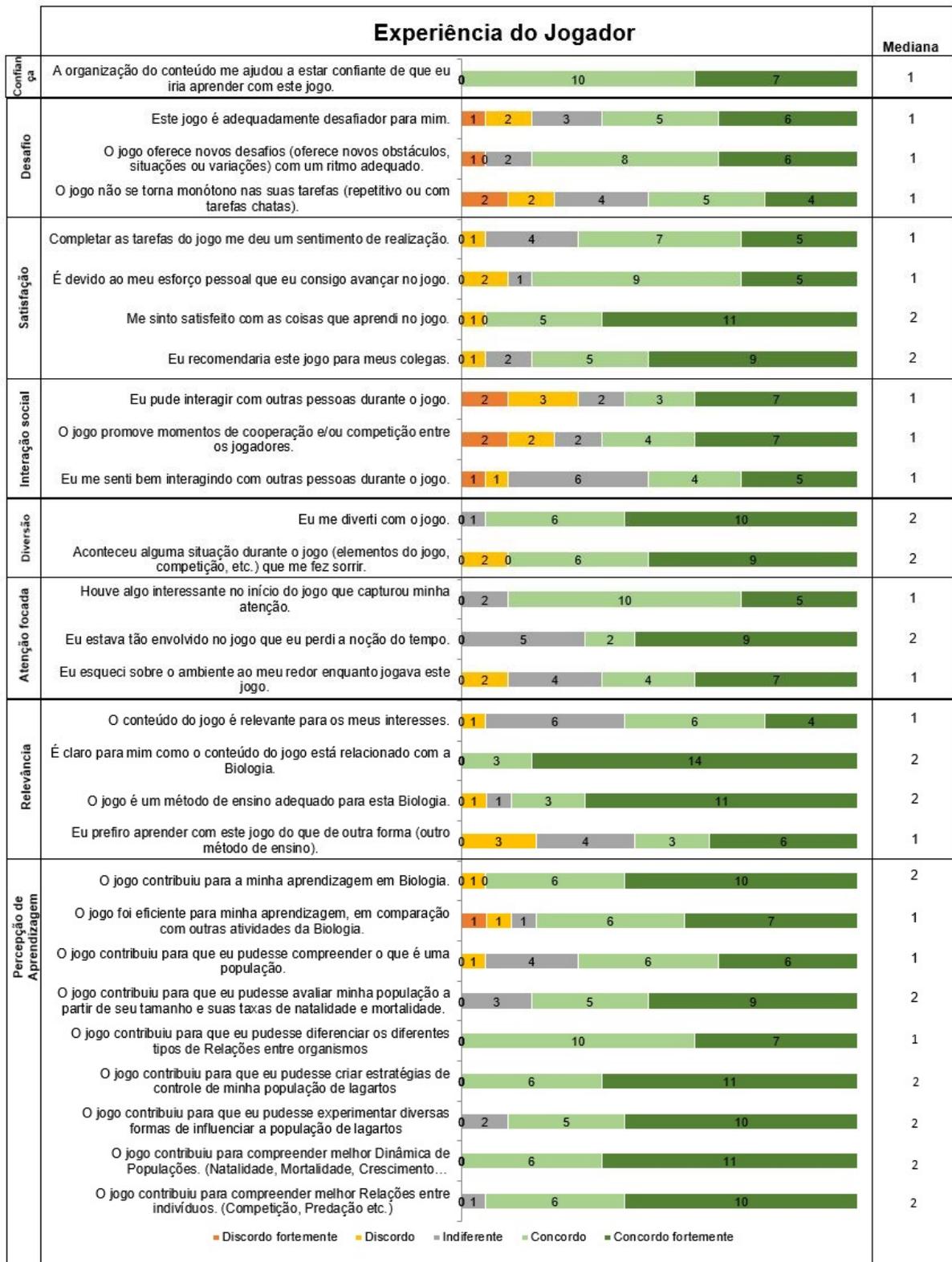


Figura 5.7: Resposta dos alunos em experiência de usuário.

	Count	% Codes	Cases	% Cases
 Experiencia de Usuário				
• Diversão	2	3,6%	1	100,0%
• Desafio	1	1,8%	1	100,0%
• Satisfação	7	12,5%	1	100,0%
• Mecânicas de jogo	1	1,8%	1	100,0%
• Motivação	1	1,8%	1	100,0%
 Sugestões				
• Maior variedade	9	16,1%	1	100,0%
• Maior Interação	2	3,6%	1	100,0%
• Novas plataformas	1	1,8%	1	100,0%
 Objetivos didáticos				
 Conceitos				
• Relações	3	5,4%	1	100,0%
• População	5	8,9%	1	100,0%
• Aprendizado	4	7,1%	1	100,0%
• Equilíbrio ambiental	1	1,8%	1	100,0%
• Calangos	1	1,8%	1	100,0%
 Usabilidade				
• Animações	1	1,8%	1	100,0%
• Atenção	1	1,8%	1	100,0%
• Apredizibilidade	1	1,8%	1	100,0%
• Estética	1	1,8%	1	100,0%
 Críticas				
• Ambientação ruim	1	1,8%	1	100,0%
• Jogabilidade difícil	2	3,6%	1	100,0%
• Cansativo	1	1,8%	1	100,0%
• Metodologia insuficiente	1	1,8%	1	100,0%
• Ritmo lento	1	1,8%	1	100,0%
• Baixa qualidade gráfica	5	8,9%	1	100,0%
• Dificuldade de leitura	2	3,6%	1	100,0%
• Baixo desempenho	1	1,8%	1	100,0%

Figura 5.8: Códigos obtidos através das respostas dos alunos.

comparação com outras perguntas, especialmente da afirmação "Eu pude interagir com outras pessoas durante o jogo", da qual cinco dos dezessete alunos discordaram. Isto ocorre principalmente porque o Calangos 3 é um jogo de um único jogador e não há interação direta com os demais. Apesar de o jogo permitir níveis diferentes de vitória por meio de pontuações, estas não foram o bastante para gerar muita competitividade. Isto porque a pontuação de outros alunos não estava disponível para os demais por meio digital e qualquer competição deveria ocorrer fora do computador por meio do diálogo permitido pela proximidade física dos participantes. Isto pode ser resolvido com a criação de tabelas com informações das melhores pontuações no jogo. Esses pontos foram observados partindo da comparação com os resultados de outras perguntas, porém, as respostas às perguntas relacionada a interação social e desafio ainda apresentam resultados, em geral, positivas.

Ainda sobre o questionário de experiência de usuário, pôde ser notada uma tendência positiva em relação a capacidade do Calangos 3 de divertir e capturar a atenção dos alunos. Isto se dá por meio da concentração de respostas positivas em relação aos temas de divertimento e atenção focada, como pode ser visto na Figura 5.7. A maioria dos estudantes, por exemplo, concordou, fortemente ou não, com Afirmações como "Eu me diverti com o jogo" e "Houve algo interessante no início do jogo que capturou minha atenção". Como visto no capítulo 2, estas são características essenciais de um jogo e permitem validar o Calangos 3 sob essa perspectiva.

Finalmente, ao se voltar para a relevância do jogo como ferramenta de ensino-aprendizagem, pode-se notar na Figura 5.7, partindo da seção relacionada a percepção de aprendizagem dos alunos, respostas majoritariamente positivas. Isto fica mais evidenciado nas afirmações relacionados aos conceitos de dinâmicas de população e relações entre organismos que apresentam medias e medianas altas. As respostas, no entanto, não são unânimes e alguns alunos discordam da eficiência do jogo em relação a outras atividades de Biologia e preferem aprender com outros métodos de ensino, como pode ser observado na última pergunta sobre Relevância. Essa discordância diminui quando se trata da validade do jogo como ferramenta de ensino, como pode ser observado na afirmação "O jogo é um método de ensino adequado para a Biologia", que apresentou bons resultados. Concordar com a relevância do jogo como método de ensino mas preferir outros métodos que não o jogo pode ser interpretado como uma rejeição dos alunos à total substituição de aulas expositivas por outras formas de ensino, como esta. Isso, porém, não é um problema já que o Calangos 3 foi pensado como um complemento ao ensino de Ecologia e não deve ser utilizado como único método de ensino-aprendizagem.

Em relação às questões abertas, grande parte das respostas evidenciaram a satisfação dos alunos, como pode ser visto nas contagens de códigos presentes na figura 5.8. Outros pontos bastante mencionados nas respostas foram a percepção de aprendizado e os conceitos de ecologia trabalhados pelo Calangos 3. A partir disso pôde-se observar um interesse dos alunos pelos temas de Relações e Dinâmica de população. Essa satisfação e percepção de aprendizagem pode ser observada em trechos como "Eu gostei do desenvolvimento do jogo, muito bom para você saber equilibrar

a população” e “Gostei bastante de criar minha própria população e saber como eles vivem de uma forma divertida”. Por outro lado, ao questionar os alunos por pontos de melhoria para o Calangos 3, muitos mencionaram a baixa qualidade gráfica, dificuldade de jogar e de ler os textos da interface do jogo. Estes pontos podem e devem ser trabalhados em futuras versões do Calangos 3. Um dos motivos para dificuldade de jogar vinha do fato de os notebooks utilizados não apresentarem mouse o que forçava os alunos a utilizarem o *touchpad* para realizar alguns comandos do jogo. Essa dificuldade pode ser observada no seguinte comentário: “Poderia ter mudado a forma de jogar, a movimentação do mouse do notebook é pouco ruim para pegar algumas coisas”. Por fim, grande parte dos estudantes sugeriu uma maior variedade de mapas, animais e plantas. A quantidade reduzida de elementos foi proposital e tinha como objetivo não sobrecarregar os estudantes. Estas respostas porém evidenciam que essa abordagem deve ser repensada.

Na procura de correlação entre os resultados dos alunos e sua experiência com jogos, foram feitas análises de variância simples (ANOVA), que tem como função verificar se as médias de duas ou mais populações são estatisticamente diferentes. Foram feitas duas análises, uma para jogos digitais e uma para jogos analógicos. As populações nesse caso eram alunos que tinham a mesma experiência com jogos daquele tipo e as variáveis dependentes analisadas foram a média e o score baseado na escala de qualidade do MEEGA+. Os valores de significância para a média foram de 0,878 para os jogos digitais e 0,924 para os analógicos. Já para o score foram de 0,732 para os digitais e 0,828 para os analógicos. Por todas serem maiores que 0,05, nenhuma dos resultados apresentou diferenças estatisticamente relevantes. Isso significa que a experiência prévia em jogos não afetou de forma relevante a sua percepção do Calangos 3. Desta forma, este resultado pode indicar que o Calangos 3 atinge de forma igual alunos com diferentes experiências em jogos e não exige que os alunos pratiquem jogos, analógicos ou digitais, com frequência.

Sobre o posicionamento do Calangos na escala de qualidade apresentada na subseção 3.4.2, a média obtida pelo Calangos foi a de 0.5224307 na escala 0.1. Este resultado, porém, deve ser convertido para a escala 50.15 assim, obtemos um valor de 57.836460. Isto posiciona o Calangos 3 como um jogo de boa qualidade e acima da média segundo a ferramenta desenvolvida por Petri, Gresse von Wangenheim e Borgatto (2018) e Petri (2018). Essa pontuação, porém, não atinge o último nível de excelência. A causa disso pode estar atrelada aos pontos levantados no início dessa seção, como falta de interação social e a tendência do jogo de se tornar monótono para alguns jogadores.

Capítulo 6

Considerações Finais

Este trabalho surgiu com o intuito de desenvolver e avaliar um jogo didático digital para auxiliar o ensino-aprendizagem de dinâmica populacional e das relações inter e intra específicos. Como resultado, O Calangos 3 foi desenvolvido. Além dos temas relacionados ao ensino da ecologia, ele também trouxe mais informações sobre a região da bacia do São Francisco, suas espécies e seu clima e foi desenvolvido na forma de um jogo de simulação com ambientação na Caatinga presente na região nordeste da Bahia. Ao desenvolver essa ferramenta, cuidados foram tomados para que o resultado fosse de fato um jogo e não apenas uma simulação. As características essenciais a um jogo foram reforçadas com o objetivo de alcançar os benefícios trazidos pelos jogos em relação à motivação, diversão etc. Com isto em mente, a modelagem dos fenômenos do Calangos 3 foi simplificada para se obter um jogo de pouca demanda de recurso e fácil de jogar e aprender. No entanto, mesmo simplificado, fenômenos importantes como o crescimento populacional, dinâmicas de presa-predador e competição entre animais apresentam comportamentos similares aos reais, cumprindo com o objetivo específico de simular de maneira adequada estes fenômenos ecológicos.

Em relação aos resultados de sua aplicação, com a ferramenta desenvolvida, o Calangos pôde ser utilizado em sala de aula e seus resultados foram positivos em sua maioria. O questionário MEEGA+ (PETRI; GRESSE VON WANGENHEIM; BORGATTO, 2018) aplicado aos estudantes gerou informações a cerca da percepção destes em relação ao jogo. Nos dados obtidos, pôde ser identificado uma reação positiva dos alunos em relação ao jogo. Pontos como percepção de aprendizagem, atenção, satisfação, diversão e demais características relacionadas a usabilidade tiveram bons resultados. Por outro lado, pontos como desafio e interação social apresentaram respostas menos favoráveis que os demais. Isto permitiu elencar os pontos fracos e fortes do jogo atual e planejar futuros ajustes na ferramenta. Quanto aos dados demográficos do questionário relacionados à frequência com que estudantes os estudantes costumam jogar, eles não apresentaram nenhuma correlação com os resultados das percepções em relação ao Calangos 3, o que pode indicar que a per-

cepção do jogo não depende de uma grande familiaridade do jogador com jogos e pode atingir públicos mais variados.

Finalmente, por meio de um processo desenvolvido por um dos autores do MEEGA+ (PETRI, 2018), um escore foi calculado para o calangos 3. Este escore é utilizado para descobrir a posição do jogo em uma escala de qualidade desenvolvida pelo mesmo autor. Nesta escala o calangos foi classificado como um jogo de qualidade, reforçando, assim, um dos objetivos dessa dissertação. Esta escala faz uso do teoria de resposta ao item, que permite avaliar os diferentes itens do questionário em relação à um traço latente que se deseja estudar, neste caso, a qualidade do jogo.

O resultado final do Calangos 3, então, pode ser aplicado em sala de aula como suporte ao professor no ensino de Ecologia. Ele é voltado especificamente a alunos do primeiro ano e funciona em qualquer computador com acesso a internet e pode ser facilmente utilizado mesmo em computadores mais simples, como Chromebooks, que foram utilizados na aplicação descrita nesta dissertação. Pesquisas futuras podem envolver uma melhoria dos pontos negativos do Calangos 3 evidenciados nesta pesquisa e um trabalho mais focado no ponto de vista pedagógico de sua aplicação em sala de aula. O desenvolvimento da quarta etapa do projeto Calangos, que envolve temas como evolução, é também um dos próximos passos deste grupo de pesquisa e deverá ser iniciado assim que a terceira fase for completamente trabalhada.

Referências Bibliográficas

ALVES, G. et al. ControlHarvest : Ensino de Ecologia por Meio de Gamificação do Controle Biológico. *SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, n. Cbie, p. 342–351, 2014. ISSN 2316-6533. 20

AMORY, A. Game object model version ii: A theoretical framework for educational game development. *Educational Technology Research and Development*, v. 55, p. 51–77, 02 2007. 10

BARRIOS, L. G.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Azteca chess: Gamifying a complex ecological process of autonomous pest control in shade coffee. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 232, p. 190 – 198, 2016. ISSN 0167-8809. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016788091630408X>>. 18

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. *Ecology. Individuals, populations and communities*. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications, 1986. 14, 15, 17

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. *Ecologia: De indivíduos a ecossistemas*. Artmed Editora, 2009. ISBN 9788536309545. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=cAAIn606VrIC>>. 1, 12, 13

BENSUSAN, N.; BRASIL, I. I. de Educação do. *Biodiversidade: é para comer, vestir ou para passar no cabelo? : para mudar o mundo!* Editora Peirópolis, 2006. 77–78 p. ISBN 9788575960714. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=JqGcwTEafN0C>>. 4

BERRYMAN, A. a. The Orgins and Evolution of Predator-Prey. *Ecology*, v. 73, n. 5, p. 1530–1535, 1992. ISSN 0012-9658. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1940005>>. 15

BOEHM, B. W. A Spiral Model of Software Development and Enhancement. *Computer*, v. 21, n. May, p. 61–72, 1987. ISSN 0018-9162. 28

BOOTH, P. R.; SINKER, C. A. The teaching of ecology in schools. *Journal of Biological Education*, v. 13, n. 4, p. 261–266, 2010. ISSN 21576009. 1

BORGES, R. M. R.; LIMA, V. d. R. Tendências contemporâneas do ensino de biologia no brasil. *Revista eletrônica de Enseñanza de las Ciências*, v. 6, n. 1, p. 165–175, 2007. 12

- CALMON, J. H. et al. Computational modeling for a creature editor in the educational game calangos. 2013. 4
- CARVALHO, Í. N.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Como selecionar conteúdos de biologia para o ensino médio? *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, v. 1, n. 1, 2011. 2
- CHARSKY, D. From edutainment to serious games: A change in the use of game characteristics. *Games and Culture*, v. 5, n. 2, p. 177–198, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/1555412009354727>>. 2, 11, 12
- CRAWFORD, C. The art of computer game design. 1982. 2, 10
- CSIKSZENTMIHALYI, M. Flow: The psychology of optimal experience. 01 1990. 8
- CSIKSZENTMIHALYI, M. *Flow: The Psychology of Happiness*. Ebury Publishing, 2013. 71–73 p. ISBN 9781448177707. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=KTQXAgAAQBAJ>>. 8
- DARWIN, C. On the origin of species, 1859. 2003. 13
- DEANGELIS, D. L.; GRIMM, V. Individual-based models in ecology after four decades. *F1000Prime Reports*, v. 6, n. June, 2014. ISSN 20517599. Disponível em: <<http://www.f1000.com/prime/reports/b/6/39>>. 24
- EISENACK, K. A Climate Change Board Game for Interdisciplinary Communication and Education. *Simulation & Gaming*, v. 44, n. 2-3, p. 328–348, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/1046878112452639>>. 20
- FIGUEIREDO, J. Sim-colmeia: Ambiente de simulação da dinâmica de uma colmeia para o ensino de biologia. 2012. 20
- FINN, H.; MAXWELL, M.; CALVER, M. Why does experimentation matter in teaching ecology? *Journal of Biological Education*, v. 36, n. 4, p. 158–162, 2002. ISSN 0021-9266. 2
- GOTTHARD, K. Growth strategies of ectothermic animals in temperate environments. In: _____. *Animal developmental ecology*. [S.l.: s.n.], 2001. p. 287–304. 16, 17
- GREDLER, M. E. Educational games and simulations: A technology in search of a (research) paradigm. Citeseer, 1996. 9, 10
- GRIMM, V.; RAILSBACK, S. *Individual-based Modeling and Ecology*. Princeton University Press, 2013. (Princeton Series in Theoretical and Computational Biology). ISBN 9781400850624. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=fbbVAQAAQBAJ>>. 24
- HAWLEY, A. H. Ecology. New York Free Press 1982., 1982. 14

HEWITT, P. Games in instruction leading to environmentally responsible behavior. *The Journal of Environmental Education*, Routledge, v. 28, n. 3, p. 35–37, 1997. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00958964.1997.9942827>>. 18

HUIZINGA, J. *Homo Ludens*. Routledge, 2003. (International Library of Sociology Series, v. 86). ISBN 9780415175944. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=ALeXRMGU1CsC>>. 7, 8

IZIDORO, V. N. L.; SILVA, L. N. d. C. *Uma análise ecológica e evolutiva dos lagartos em um simulador para o jogo calangos*. Tese (Doutorado) — Mackenzie, Universidade Presbiteriana, 2012. 5, 23

JUAN, Y.-K.; CHAO, T.-W. Game-based learning for green building education. *Sustainability*, v. 7, n. 5, p. 5592–5608, 2015. ISSN 2071-1050. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/7/5/5592>>. 18

KAFAI, Y. B.; BURKE, Q. Constructionist Gaming: Understanding the Benefits of Making Games for Learning. *Educational Psychologist*, v. 50, n. 4, p. 313–334, 2015. ISSN 00461520. 2, 10, 11

KANODE, C. M.; HADDAD, H. M. Software engineering challenges in game development. *ITNG 2009 - 6th International Conference on Information Technology: New Generations*, p. 260–265, 2009. 28

KATSALIAKI, K.; MUSTAFEE, N. Edutainment for Sustainable Development. *Simulation & Gaming*, SAGE Publications Inc, v. 46, n. 6, p. 647–672, nov 2014. ISSN 1046-8781. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/1046878114552166>>. 19

KORFIATIS, K. et al. An investigation of the effectiveness of computer simulation programs as tutorial tools for teaching population ecology at university. *International Journal of Science Education*, v. 21, n. 12, p. 1269–1280, 1999. ISSN 14645289. 2

LACREU, L. I. Ecologia, Ecologismo e Abordagem Ecológica no Ensino das Ciências naturais: Variações sobre um Tema. *Didática das Ciências naturais: contribuições e reflexões*. Porto Alegre: ArtMed, p. 53–76, 1998. 1

LEITE, P.; MENDONÇA, V. Godoy de. Diretrizes para game design de jogos educacionais. In: . [S.l.: s.n.], 2013. 12

LO, J.-J. et al. Developing a digital game-based situated learning system for ocean ecology. In: _____. *Transactions on Edutainment I*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. p. 51–61. ISBN 978-3-540-69744-2. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69744-2_5>. 19

LOTKA, A. J. The growth of mixed populations: Two species competing for a common food supply. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, Washington Academy of Sciences, v. 22, n. 16/17, p. 461–469, 1932. ISSN 00430439. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/24530449>>. 15

LOULA, A. C. et al. Modeling a Virtual World for the Educational Game Calangos. *International Journal of Computer Games Technology*, v. 2014, 2014. 4, 23

MACHADO, R. F. et al. Aplicação do jogo eletrônico Calangos no ensino do conceito de nicho ecológico. *SBEEnBio*, v. 7, p. 6588–6598, 2014. 5

MOTOKANE, M. T.; TRIVELATO, S. L. Reflexões Sobre O Ensino De Ecologia No Ensino Médio. In: *II encontro nacional de pesquisa na educação em ciências*. [S.l.: s.n.], 1999. p. 3. 1

NINAUS, M. et al. Acceptance of Game-Based Learning and Intrinsic Motivation as Predictors for Learning Success and Flow Experience. v. 4, n. 3, p. 15–30, 2017. 11

OFRIA, C.; WILKE, C. O. Avida: A software platform for research in computational evolutionary biology. *Artificial Life*, v. 10, n. 2, p. 191–229, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1162/106454604773563612>>. 19

OHSHIMA, T.; KOJIMA, K. Mitsudomoe: Ecosystem simulation of virtual creatures in mixed reality petri dish (2). In: *ACM SIGGRAPH 2017 Posters*. New York, NY, USA: ACM, 2017. (SIGGRAPH '17), p. 24:1–24:2. ISBN 978-1-4503-5015-0. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/3102163.3102198>>. 19

PAVLAS, D. A model of flow and play in game-based learning: The impact of game characteristics, player traits, and player states. 01 2010. 8

PETRI, G. *A method for the evaluation of the quality of games for computing education*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 11 2018. 34, 35, 55, 61, 63

PETRI, G.; GRESSE VON WANGENHEIM, C.; BORGATTO, A. F. MEEGA+, Systematic Model to Evaluate Educational Games. *Encyclopedia of Computer Graphics and Games*, p. 1–7, 2018. ix, 31, 32, 33, 61, 62

PSOTKA, J. Educational Games and Virtual Reality as Disruptive Technologies. *Journal of Educational Technology & Society*, International Forum of Educational Technology & Society, Palmerston North, v. 16, n. 2, 2013. ISSN 11763647. Disponível em: <<http://search.proquest.com/docview/1355669617/>>. 11

RIZZINI, C. *Tratado de fitogeografia do Brasil*. Editora de Humanismo, Ciência e Tecnologia, 1976. (Tratado de fitogeografia do Brasil, v. 2). Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=MvxfAAAAMAAJ>>. 22

ROCHA, P. L.; RODRIGUES, M. T. Electivities and resource use by an assemblage of lizards endemic to the dunes of the são francisco river, northeastern brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)*, SciELO Brasil, v. 45, n. 22, p. 261–284, 2005. 22, 23

ROCHA, P. L. B. d.; QUEIROZ, L. P. d.; PIRANI, J. R. Plant species and habitat structure in a sand dune field in the brazilian caatinga: a homogeneous habitat

- harbouring an endemic biota. *Brazilian Journal of Botany*, SciELO Brasil, v. 27, n. 4, p. 739–755, 2004. 4, 22, 23
- SANTOS, J. C. et al. Caatinga: The scientific negligence experienced by a dry tropical forest. *Tropical Conservation Science*, v. 4, n. 3, p. 276–286, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/194008291100400306>>. 4
- SAVI, R.; WANGENHEIM, C. G. v.; BORGATTO, A. F. A Model for the Evaluation of Educational Games for Teaching Software Engineering. In: *2011 25th Brazilian Symposium on Software Engineering*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 194–203. 31
- SEBENS, K. P. The ecology of indeterminate growth in animals. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 18, n. 1, p. 371–407, 1987. Disponível em: <<https://doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.002103>>. 15
- SILVA, M. D. E. C. Ensino De Ecologia : Dificuldades Encontradas E Uma Proposta De Trabalho Para Professores Dos Ensinos Fundamental E Médio De João Pessoa , Pb . Ensino De Ecologia : Dificuldades Encontradas E Uma. p. 15, 2012. 1, 2
- SUITS, B. What is a game? *Philosophy of Science*, Philosophy of Science Association, v. 34, n. 2, p. 148–156, 1967. 7
- TAMBORINI, R.; SKALSKI, P. The role of presence in the experience of electronic games. *Playing video games: Motives, responses, and consequences*, p. 225–240, 2006. 9
- TEZZA, R.; BORNIA, A. C.; ANDRADE, D. F. de. Measuring web usability using item response theory: Principles, features and opportunities. *Interacting with Computers*, v. 23, n. 2, p. 167–175, 02 2011. ISSN 0953-5438. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.intcom.2011.02.004>>. 34
- VOLTERRA, V. Fluctuations in the Abundance of a Species considered Mathematically. *Nature*, v. 118, n. 2972, p. 558–560, 1926. ISSN 0028-0836. Disponível em: <<http://www.nature.com/doi/10.1038/118558a0>>. 15
- WRZESIEN, M.; RAYA, M. A. Learning in serious virtual worlds: Evaluation of learning effectiveness and appeal to students in the e-junior project. *Computers & Education*, v. 55, n. 1, p. 178 – 187, 2010. ISSN 0360-1315. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131510000060>>. 20
- WU, K.-C.; HUANG, P.-Y. Treatment of an Anonymous Recipient. *Journal of Educational Computing Research*, v. 52, n. 4, p. 568–600, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0735633115585928>>. 20
- YOUNG, M. F. et al. Our Princess Is in Another Castle: A Review of Trends in Serious Gaming for Education. *Review of Educational Research*, v. 82, n. 1, p. 61–89, 2012. ISSN 0034-6543. Disponível em: <<http://rer.sagepub.com/cgi/doi/10.3102/0034654312436980>>. 10, 11

ZYDA, M. From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, v. 38, n. 9, p. 25–32, Sep. 2005. ISSN 0018-9162. 2, 11

Apêndice A

Questionário ao alunos

Questionário para a avaliação da qualidade de jogos

Nome do jogo: _____

Gostaríamos que você respondesse as questões abaixo sobre a sua percepção da qualidade do jogo para nos ajudar a melhorá-lo. Todos os dados são coletados anonimamente e somente serão utilizados no contexto desta pesquisa. Algumas fotografias poderão ser feitas como registro desta atividade, mas não serão publicadas em nenhum local sem autorização.

Nome do pesquisador responsável: _____

Local e data: _____

Informações Demográficas	
Sexo:	<input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Feminino
Com que frequência você costuma jogar jogos digitais?	<input type="checkbox"/> Nunca: nunca jogo. <input type="checkbox"/> Raramente: jogo de tempos em tempos. <input type="checkbox"/> Mensalmente: jogo pelo menos uma vez por mês. <input type="checkbox"/> Semanalmente: jogo pelo menos uma vez por semana. <input type="checkbox"/> Diariamente: jogo todos os dias.
Com que frequência você costuma jogar jogos não-digitais (de cartas, tabuleiro, etc.)?	<input type="checkbox"/> Nunca: nunca jogo. <input type="checkbox"/> Raramente: jogo de tempos em tempos. <input type="checkbox"/> Mensalmente: jogo pelo menos uma vez por mês. <input type="checkbox"/> Semanalmente: jogo pelo menos uma vez por semana. <input type="checkbox"/> Diariamente: jogo todos os dias.

Por favor, **marque uma opção** de acordo com o quanto você concorda ou discorda de cada afirmação abaixo.

Usabilidade					
Afirmações	Marque uma opção conforme sua avaliação				
	Discordo totalmente	Discordo	Nem discordo, nem concordo	Concordo	Concordo totalmente
O design do jogo é atraente (tabuleiro, cartas, interfaces, gráficos, etc.).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Os textos, cores e fontes combinam e são consistentes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eu precisei aprender poucas coisas para poder começar a jogar o jogo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aprender a jogar este jogo foi fácil para mim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eu acho que a maioria das pessoas aprenderiam a jogar este jogo rapidamente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eu considero que o jogo é fácil de jogar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
As regras do jogo são claras e compreensíveis.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
As fontes (tamanho e estilo) utilizadas no jogo são legíveis.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
As cores utilizadas no jogo são compreensíveis.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Experiência do Jogador					
Afirmações	Marque uma opção conforme sua avaliação				
	Discordo totalmente	Discordo	Nem discordo, nem concordo	Concordo	Concordo totalmente
A organização do conteúdo me ajudou a estar confiante de que eu iria aprender com este jogo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Este jogo é adequadamente desafiador para mim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

O jogo oferece novos desafios (oferece novos obstáculos, situações ou variações) com um ritmo adequado.	<input type="checkbox"/>				
O jogo não se torna monótono nas suas tarefas (repetitivo ou com tarefas chatas).	<input type="checkbox"/>				
Completar as tarefas do jogo me deu um sentimento de realização.	<input type="checkbox"/>				
É devido ao meu esforço pessoal que eu consigo avançar no jogo.	<input type="checkbox"/>				
Me sinto satisfeito com as coisas que aprendi no jogo.	<input type="checkbox"/>				
Eu recomendaria este jogo para meus colegas.	<input type="checkbox"/>				
Eu pude interagir com outras pessoas durante o jogo.	<input type="checkbox"/>				
O jogo promove momentos de cooperação e/ou competição entre os jogadores.	<input type="checkbox"/>				
Eu me senti bem interagindo com outras pessoas durante o jogo.	<input type="checkbox"/>				
Eu me diverti com o jogo.	<input type="checkbox"/>				
Aconteceu alguma situação durante o jogo (elementos do jogo, competição, etc.) que me fez sorrir	<input type="checkbox"/>				
Houve algo interessante no início do jogo que capturou minha atenção.	<input type="checkbox"/>				
Eu estava tão envolvido no jogo que eu perdi a noção do tempo.	<input type="checkbox"/>				
Eu esqueci sobre o ambiente ao meu redor enquanto jogava este jogo.	<input type="checkbox"/>				
O conteúdo do jogo é relevante para os meus interesses.	<input type="checkbox"/>				
É claro para mim como o conteúdo do jogo está relacionado com a matéria.	<input type="checkbox"/>				
O jogo é um método de ensino adequado para esta matéria.	<input type="checkbox"/>				
Eu prefiro aprender com este jogo do que de outra forma (outro método de ensino).	<input type="checkbox"/>				
O jogo contribuiu para a minha aprendizagem na matéria.	<input type="checkbox"/>				
O jogo foi eficiente para minha aprendizagem, em comparação com outras atividades da matéria.	<input type="checkbox"/>				
O jogo contribuiu para que eu pudesse compreender o que é uma população.	<input type="checkbox"/>				
O jogo contribuiu para que eu pudesse avaliar minha população a partir de seu tamanho e suas taxas de natalidade e mortalidade.	<input type="checkbox"/>				
O jogo contribuiu para que eu pudesse diferenciar os diferentes tipos de Relações entre organismos	<input type="checkbox"/>				
O jogo contribuiu para que eu pudesse criar estratégias de controle de minha população de lagartos	<input type="checkbox"/>				
O jogo contribuiu para que eu pudesse experimentar diversas formas de influenciar a população de lagartos	<input type="checkbox"/>				
O jogo contribuiu para compreender melhor Dinâmica de Populações	<input type="checkbox"/>				
.					
O jogo contribuiu para compreender melhor Relações entre indivíduos	<input type="checkbox"/>				
.					

O que você mais gostou no jogo? _____

O que poderia ser melhorado no jogo? _____

Gostaria de fazer mais algum comentário? _____

Muito obrigado pela sua contribuição!

Apêndice B

Guia de aplicação

Guia de aplicação do Calangos 3 em sala de aula

1. Breve descrição do jogo e do projeto

1.1 Descrição do projeto (Tempo recomendado: 5 min)

O projeto deve ser explicado em uma linguagem amigável para o público alvo (Alunos do ensino médio menores de idade).

- Olá! Meu nome é Mateus e eu faço parte do projeto Calangos que é resultado de uma parceria da UEFS, aqui de feira, com a UFBA em Salvador e a Mackenzie em São Paulo. Esse projeto tem como objetivo trazer a Ecologia para mais perto de vocês, alunos, com informações sobre a Caatinga e a bacia do São Francisco, que é muito importante para a nossa região. Os Calangos, que dão nome ao projeto são pequenos lagartos habitantes dessa região e serão os protagonistas do jogo que vamos apresentar hoje. Os Calangos da Bacia do São Francisco não tem uma vida fácil! Eles têm que enfrentar diversos desafios diariamente para sobreviver: Predadores, temperatura e até a humidade podem ser obstáculos para sua sobrevivência.
- Hoje, trazemos até vocês o Calangos 3. Esperamos que com esse jogo vocês possam entender melhor como funciona este delicado ecossistema dessa região e, como dito anteriormente, como plantas, animais até o ambiente podem influenciar na sobrevivência destes pequenos lagartos.
- Faremos uma sessão de jogo aqui com vocês e depois aplicaremos um questionário para vocês responderem. Não se preocupem, o questionário é quase todo de marcar. Mas ainda assim peço que o preencham com calma.

1.2 Descrição do jogo (Tempo recomendado: 10min)

O jogo deve ser descrito seguindo o mesmo padrão de linguagem que o projeto. Deve-se enfatizar os assuntos curriculares envolvidos no jogo:

- Dinâmica de população
- Relações intra e interespecíficas
- Existem diversas espécies de animais e plantas na região da Bacia do São Francisco. E todos eles vivem em um delicado equilíbrio.
- Acredito que vocês já estejam familiarizados com o conceito de cadeia alimentar. Calangos podem comer pequenos frutos e insetos, mas também podem ser caçados por animais maiores como a raposa ou o Gato do mato. A essa interação damos o nome de **predação**. Assim, podemos dizer que o Gato do mato é um predador e o calango uma presa dele.
- Se uma população de lagartos, por exemplo, tiver a seu dispor alimento em grande quantidade, ela vai crescer com o tempo, já que os lagartos terão filhos, que terão outros filhos e assim por diante. A esse processo damos o nome de **reprodução**.

- Isso vai gerar um aumento da **natalidade**, Que é uma relação entre quantos lagarto existem em uma população e quantos estão nascendo.
- O que impede então que uma população dessas cresça a ponto de ter lagartos demais? Bem, vários fatores, o clima que pode fazer os animais morrerem por conta do calor extremo, a **competição** por comida e espaço com outro animais e até mesmo a própria predação que citamos anteriormente.
- Os lagartos não tem controle sobre a temperatura do corpo, diferente de nós, isso faz com que o clima seja seu principal inimigo!
- Todas essas causa de morte aumentam as taxas de **mortalidade**, que é o número de mortes de lagartos em comparação com a quantidade total de lagartos vivos. Quanto mais riscos o lagartos correm, maior a taxa de mortalidade.
- O equilíbrio entre quantos calangos nascem e quantos morrem é o que irá garantir que seus lagartos não cresçam demais a ponto de dominar tudo, nem diminuam a ponto de sumir gerando sua **extinção**.

2. Ensinando as dinâmicas de jogo (Tempo recomendado: 5 min)

Uma breve explicação sobre as dinâmicas de jogo deve ocorrer para facilitar o processo de aprendizado. Existem pequenos tutoriais em cada fase do jogo, porém é desejável uma apresentação prévia a algumas dessas mecânicas.

- Agora, sobre o jogo:
- Neste jogo vocês terão uma população de Calangos
- Vocês irão colocar novas espécies de plantas e animais para conviver com eles. Essas espécies poderão gerar alimento, esconderijo sombra ajudando seus calangos a crescerem ou podem significar a morte de seus lagartos.
- Vocês terão que escolher com cuidado suas ações
- Esperamos que durante o jogo vocês possam entender melhor como plantas e animais interagem e influenciam na sobrevivência uns dos outros.
- O jogo será dividido em cinco partes. As primeiras quatro serão tutoriais, que vão lhes ensinar os conceitos do jogo e como jogar. Após isso teremos um último desafio onde vocês devem colocar em prática o que aprenderam!
- Não precisam ter medo de errar, vocês podem recomeçar a qualquer momento.
- Se estiverem desconfortáveis com o jogo podem parar também a qualquer momento Se precisarem de ajuda ou quiserem tirar alguma dúvida estarei aqui para lhes dar suporte, mas quem tem que tomar as decisões do jogo são vocês!

3. Aplicação do jogo (Tempo recomendado: 40 min)

Após a introdução às mecânicas de jogo. Os alunos estarão prontos para começar a sessão de jogo. Durante a atividade, um mediador que tem conhecimento do jogo deve agir como facilitador do processo, auxiliando os alunos.

É importante salientar que o tempo de jogo pode variar de acordo com o aluno e que o tempo recomendado é apenas uma referência que pode ser alterada a depender da necessidade.

4. Discussão sobre o jogo (Tempo rec.: 10 min)

Após a atividade, é importante que haja um momento para discutir com os alunos o que eles entenderam. Sugestão:

- Fazer perguntas sobre o que fazia a população de Calangos crescer
- Fazer perguntas sobre o que fazia a população de Calangos diminuir
- Perguntar qual era o resultado de colocar Predadores demais no ambiente

5. Aplicação do questionário (Tempo recomendado: 10 min)

O questionário deve ser entregue aos alunos para o seu preenchimento. Deve-se enfatizar o anonimato das respostas e lembrar que eles não estão sendo obrigados a preencher este documento. Por fim, vale ressaltar a importância de se preencher o documento com atenção.

- Não precisam ter medo de responder, vocês não vão colocar seu nome e não serão identificados.
- Vocês não são obrigados a responder e se estiverem desconfortáveis com o questionário podem parar a qualquer momento
- Peço que o preencham o questionário com calma. Suas respostas são muito importantes para nosso projeto.
- Obrigado a todos pela participação! O resultado da pesquisa será divulgado com vocês por e-mail e presencialmente em um dia que iremos marcar.

Apêndice C

Game Design Document

Mateus Neves de Matos

Universidade Estadual de Feira de Santana
Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada

Calangos Parte 3

Um jogo sobre Interações ecológicas e Dinâmicas Populacionais

Resumo	2
Conceitos: Condições e Interações	2
Condições	2
Recursos	3
Indivíduos e Populações	3
Interações	3
Intraespecífica	3
Interespecífica	3
Mecânicas de jogo	3
Mapa e variáveis de ambiente	4
Visão do mapa	4
Energia e inserção de espécies	4
Ciclo de jogo	4
Ferramentas do jogador	4
Recursos Futuros	5
Modelagem	5
Espécies de Animais	5
Atributos Gerais	5
Atributos somente de presas	5
Atributos das espécies secundárias	5
Atributos da espécie principal	6
Vegetais	6
Atributos Gerais	6
Variáveis de ambiente	6
Fases do jogo	6
Tutorial 1	6
Configuração inicial	6
Regras e Objetivos	7
Sub-objetivos:	7

Objetivo didático	7
Tutorial 2	7
Configuração inicial	7
Regras e Objetivos	7
Sub-objetivos	8
Objetivo didático	8
Tutorial 3	8
Configuração inicial	8
Regras e Objetivos	8
Sub-objetivos:	8
Tutorial 4	9
Configuração inicial	9
Regras e Objetivos	9
Sub-objetivos	9
Objetivo didático	9
Modo Livre	9
Configuração inicial	10
Regras e Objetivos	10
Sub-objetivos	10
Milestones de desenvolvimento	10
1ª Etapa - Relações intraespecíficas	10
2ª Etapa - Relações Interespecífica	11
3ª Etapa - Relações indivíduo ambiente	11
Referências	11

Resumo

O Calangos 3 é um jogo didático para o ensino de ecologia populacional e relações intra e interespecíficas que se passa no Bioma da Caatinga na região da bacia do rio São Francisco. Os atores principais do jogo são os lagartos da região conhecido como Calangos. As populações de espécies presentes nesta região serão o foco deste jogo.

Conceitos: Condições e Interações

Alguns dos comportamentos e variáveis necessários para uma correta representação dos nichos das Espécies trabalhadas nesta terceira fase do jogo serão listados neste tópico.

Condições

1. Temperatura

- a. Impacto da temperatura na sobrevivência, crescimento e reprodução
- b. Estratégias de sobrevivência de seres ectotérmicos
- c. Gasto Basal em função da temperatura

Recursos

1. Preferência por tipos específicos de recursos
2. Conteúdo nutricional
3. Recursos essenciais e outros tipos de recurso
 - a. No trabalho de simulação realizado por Izidoro[1], foi utilizada uma abstração ao reduzir os recursos a alimento e água, que supriam a necessidade de energia e hidratação respectivamente.
 - b. No Calangos 3, serão considerados apenas o recurso alimento.

Indivíduos e Populações

1. Fases da vida de um indivíduo
 - a. Juvenil
 - b. Reprodutiva
2. Natalidade
3. Mortalidade
4. Taxas de reprodução

Interações

Algumas interações que estarão presentes na terceira fase do calangos serão listadas abaixo.

Intraespecífica

1. Competição - Disputa por indivíduos da mesma espécie por alimento, abrigo ou, no caso de machos, por fêmeas.

Interespecífica

1. Competição - Disputa por recursos entre espécies diferentes.
2. Herbivorismo
3. Predação

Mecânicas de jogo

Mapa e variáveis de ambiente

O mapa será diferente a cada fase do jogo. Ele será conterá uma quantidade inicial de espécies de animais e plantas de forma a gerar os desafios centrais necessários a cada objetivo. Além dos tamanhos das populações, algumas variáveis podem mudar de acordo com a fase, como a temperatura do ambiente e a quantidade de recursos iniciais.

Visão do mapa

Como forma de garantir a atenção do estudante na espécie principal,, o estudante terá visão somente das partes do mapa onde algum lagarto tem acesso. As demais áreas permanecerão inacessíveis. Apesar disso, a câmera de jogo pode se aproximar ou se afastar, a depender da necessidade do jogador.

Energia e inserção de espécies

O jogador poderá inserir grupos de outras espécies de animais e plantas com o tempo gastando um recurso que irá receber ao longo do tempo (biomassa). O objetivo desta mecânica é tornar o jogo mais atrativo para o estudante.

Ciclo de jogo

O jogo contará com fases iniciais curtas para introdução incremental das mecânicas de jogo. A etapa final do jogo, não conterá um limite de tempo. Nela, a derrota será inevitável e o jogador deverá tentar estende-la pelo máximo de tempo possível.

Ferramentas do jogador

1. Jogador deverá ter a chance de alternar entre uma visão mais focada nos indivíduos e suas interações ou uma visão geral e holística dos fenômenos que acontecem no jogo. Isto é possível por meio de um controle que o jogador terá sobre a escala da simulação podendo se aproximar ou se afastar ampliando o alcance da câmera.
2. Durante e ao fim de cada fase Estudante poderá visualizar gráficos que mostrarão o quão estável a sua população esteve ou está durante o jogo. Estes gráficos permitem que o

jogador tenha um *feedback* acerca do seu progresso e entenda melhor como cada decisão impacta a sua população. Além de informações sobre a quantidades de indivíduos de sua população, o jogador pode acompanhar a quantidade de recursos, competidores e predadores.

3. O jogador contará com informações sobre as causas de mortes dos indivíduos de sua população, para que possa impedir uma possível extinção ou redução extrema de sua população.
4. O jogador poderá influenciar a inserção de novas espécies de plantas e animais no ambiente para estimular o crescimento ou controle da população de lagartos. Para isso ele fará uso de um recurso fictício, referido no jogo como biomassa. Ela pode ser utilizada para inserir diversas populações de plantas e animais com exceção da espécie principal.

Recursos Futuros

1. Tabela com melhores resultados - para gerar maior competição e conseqüentemente motivação.

Modelagem

Espécies de Animais

Atributos Gerais

Todas as espécies de animais, tanto a principal como as demais deverão ter os seguintes atributos:

1. Velocidade padrão - pode ser alterado por fatores como temperatura interna.
2. Velocidade máxima - Quando perseguindo ou sendo perseguido.
3. Idade máxima.
4. Raio de visão.
5. Quantidade de Energia máxima + limites superiores e inferiores.
6. Gasto Basal padrão.

Atributos somente de presas

1. Rendimento nutricional - Conteúdo nutricional absorvido pelo predador

Atributos das espécies secundárias

A reprodução das espécies que não os lagartos será controlada simplesmente por uma taxa de surgimento.

-
1. Taxa de reprodução (Chance de surgir novos indivíduos baseados no tempo)

Atributos da espécie principal

1. Idade reprodutiva
2. Ciclo reprodutivo
3. Quantidade de crias.
4. Probabilidade de acasalamento

Vegetais

Atributos Gerais

Os atributos compartilhados por todos os tipos de vegetação são definidos abaixo.

1. Rendimento nutricional - Conteúdo nutricional absorvido pelo animal
1. Capacidade de produzir sombra (boolean)
2. Capacidade nutricional (boolean)
3. Capacidade de prover esconderijo (boolean)
4. Capacidade de atrair insetos (boolean)
 - a. Taxa de migração de insetos
 - b. População inicial de insetos
 - c. População máxima de insetos

Variáveis de ambiente

1. Temperatura do ambiente
 - a. Em sombra
 - b. Fora de sombra
2. Tempo
 - a. 30 segundos serão equivalente a 1 dia;

Fases do jogo

Tutorial 1

Configuração inicial

Há uma população pequena de lagartos. Não há vegetação. O efeito de clima permanecerá inativo (Calangos não morrem em altas temperaturas).

Regras e Objetivos

Objetivo: Aumentar a população de lagartos.

Condição de vitória: Aumentar a população de Lagartos até uma quantidade estabelecida dentro do limite de tempo.

Condição de derrota: Extinção. Se os Calangos não excederem a quantidade mínima dentro do tempo definido

Sub-objetivos:

- Aprender sobre a inserção de espécie.
- Aprender sobre a moeda do jogo.
- Aprender sobre os tipos de vegetação.
- Acompanhar o crescimento da população.

Objetivo didático

Introduzir conceito de população, herbivorismo, reprodução e competição por fêmea.

Tutorial 2

Configuração inicial

Há uma população grande de lagartos. Há muita vegetação com insetos. O efeito de clima permanecerá inativo.

Regras e Objetivos

Objetivos: Manter uma população já muito grande sob controle impedindo seu crescimento descontrolado.

Condição de vitória: Manter a população abaixo de um limite durante uma quantidade de anos.

Condição de derrota: Calangos excedendo uma quantidade limite dentro do tempo da partida ou a extinção da espécie principal.

Sub-objetivos

Conhecer espécies competidoras e os efeitos de sua inserção.

Objetivo didático

Introduzir conceito de competição interespecífica.

Tutorial 3

Configuração inicial

Há uma população enorme de lagartos. Há muita vegetação com frutas. O efeito de clima permanecerá inativo.

Regras e Objetivos

Objetivos: Manter uma população ainda maior em um área com abundância de alimento sob controle impedindo seu crescimento descontrolado.

Condição de vitória: Manter a população abaixo de um limite durante uma quantidade de anos.

Condição de derrota: Calangos excedendo uma quantidade limite dentro do tempo da partida ou a extinção da espécie principal.

Sub-objetivos:

Conhecer espécies predadoras, já que os Sapos não comem as frutas e não serão uma ferramenta útil de controle de população neste cenário e entender que a predação exagerada pode gerar a extinção da espécie principal.

Objetivo didático

Introduzir conceito de predação, seus efeitos e seus riscos.

Tutorial 4

Configuração inicial

Há uma população pequena de lagartos. Não há alimento nem Sombra. O efeito de clima está ativo e Calangos morrerão em altas temperaturas.

Regras e Objetivos

Objetivos: Aumentar a população de Lagartos até uma quantidade estabelecida dentro do limite de tempo.

Condição de vitória: Aumentar a população de Lagartos até uma quantidade estabelecida dentro do limite de tempo. **Condição de derrota:** Calangos não ultrapassando a quantidade mínima dentro do tempo da partida ou a extinção da espécie principal.

Sub-objetivos

Conhecer os efeitos do clima nos Calangos e entender que a inexistência de zonas de baixa temperatura pode levar à morte dos calangos.

Objetivo didático

Introduzir os efeitos da temperatura em animais ectotérmicos .

Modo Livre

Configuração inicial

Há uma população pequena de lagartos. Não há alimento nem Sombra. O efeito de clima está ativo e Calangos morrerão em altas temperaturas.

Regras e Objetivos

Objetivos: Há dois em sequência. primeiro, deve-se aumentar a população de Lagartos até uma quantidade estabelecida depois deve-se mantê-la sob controle pelo máximo de tempo possível.

Não há condição de vitória. Deve-se a manter o equilíbrio pelo máximo de tempo. O tempo de equilíbrio é a pontuação.

Condição de derrota: Extinção ou se a população de calangos exceder limiares inferiores ou superiores predefinidos na 2ª parte do jogo.

Sub-objetivos

Colocar em prática os conhecimentos adquiridos nos tutoriais e desafiar o aluno e melhorar seus resultados tentando novas estratégias

Milestones de desenvolvimento

As principais mecânicas do jogo serão divididas em três etapas de desenvolvimento.

1ª Etapa - Relações intraespecíficas

Durante esta esta etapa o foco será apenas nas relações intra específicas e nas dinâmicas básicas que envolvem a sobrevivência dos lagartos. Aqui não haverá interação com predadores e outras espécies concorrentes.

Os comportamentos e relações intra específicas exibidas pelos calangos nesta primeira etapa estão listadas abaixo.

1. Busca por alimento

-
2. Reprodução
 3. Competição entre indivíduos de mesma espécie
 - a. Disputas por recursos
 - b. Disputa por Fêmeas

2ª Etapa - Relações Interespecífica

Durante esta etapa o foco residirá nas relações interespecíficas que envolvem competição com outras espécies por recursos e a predação dos calangos por espécies maiores de carnívoros.

Aqui, serão implementados os seguintes comportamentos e relações intra específicas:

1. Competição entre espécies
2. Predação

3ª Etapa - Relações indivíduo ambiente

Nesta etapa serão implementados os aspectos relacionados à relação entre o indivíduos e o ambiente. Aqui serão implementados os impactos do ambiente na sobrevivência das espécies presentes no jogo.

Referências

1. IZIDORO, Venyton Nathan Leandro. Uma análise ecológica e evolutiva dos lagartos em um simulador para o jogo calangos. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012.