



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARAGUAÍNA  
CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

**JUSCIEL KVAN GOMES DE SOUZA**

**MODELAGEM BASEADA EM AGENTES NO NETLOGO:  
POSSIBILIDADES NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E PESQUISA AMBIENTAL**

Araguaína-TO  
2019

**JUSCIEL KVAN GOMES DE SOUZA**

**MODELAGEM BASEADA EM AGENTES NO NETLOGO:  
POSSIBILIDADES NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E PESQUISA AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Licenciatura  
em Matemática da Universidade  
Federal do Tocantins, como requisito  
parcial para a obtenção de título de  
Licenciado em Matemática.  
Orientador: Prof. Dr. Deive B. Alves

Araguaína-TO  
2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

- S729m Souza, Jusciel Kvan Gomes de.  
Modelagem Baseada em Agentes no NetLogo: possibilidades na educação matemática e pesquisa ambiental. / Jusciel Kvan Gomes de Souza. – Araguaína, TO, 2019.  
88 f.
- Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Matemática, 2019.  
Orientador: Deive Barbosa Alves
1. Educação Ambiental. 2. Formação de professores de Matemática. 3. NetLogo. 4. Modelagem Baseada em Agentes. I. Título

**CDD 510**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

**JUSCIEL KVAN GOMES DE SOUZA**

**MODELAGEM BASEADA EM AGENTES NO NETLOGO:  
POSSIBILIDADES NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E PESQUISA AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de  
Curso apresentado ao curso de  
Licenciatura em Matemática da  
Universidade Federal do Tocantins,  
como requisito parcial para a obtenção  
de título de Licenciado em Matemática.

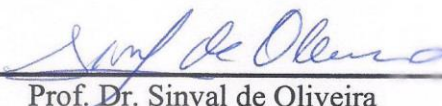
Aprovada em 18 / 12 / 2019.

**BANCA EXAMINADORA**



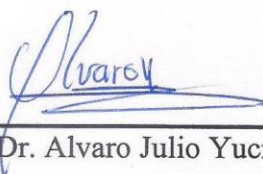
---

Prof. Dr. Deive Barbosa Alves



---

Prof. Dr. Sinval de Oliveira



---

Prof. Dr. Alvaro Julio Yucra Hanco

Dedico este trabalho a  
toda minha família e amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha mãe Maria Joraci, meu pai Juscelino, minha irmã Juciellem Bruna constituem a minha família, que sempre estiverem ao meu lado em todos os momentos sejam bons ou ruins. Ao tio João Maria e tio Domingos, que sempre me apoiaram para a realização deste sonho sem eles eu nunca teria conseguido.

Sou muito grato também ao professor, orientador, mestre e sensei Deive Barbosa Alves, que me ajudou muito nesta caminhada acadêmica, sempre que pude esteve ao meu lado dando apoio.

Agradeço ao Grupo Euklidea: Matheus, Nelly e Maria. Aos meus colegas de Turma Victor, Lara, Bruno Hevellyn, Teylane, Vanessa, Aico e Gabriel. Também aos meus colegas Romário, Pablo, Fernanda, Marcos, Loide, Elton e Djane.

A todos os meus professores em especial a Sinval, José Carlos, Alvaro, Samara, Freud, Claudenice, Misleine, Rogério, André, Fernanda e Douglas. Agradeço e é claro agradeço a todos que fizeram esse momento se tornar realidade.

*“Some look at things that are, and ask why? I dream of things that never were and ask why not?”* John F. Kennedy.

*“A descoberta não pode ser planejada; a invenção não pode ser programada.”* Seymour Papert.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo investigar as autorias de simulações baseadas em agentes de discentes da disciplina do Curso de Licenciatura em Matemática, do câmpus Araguaína, com uso do *software* NetLogo. Com uma abordagem qualitativa pautada em uma pesquisa Participante, a qual considera que o pesquisador não é neutro no desenvolvimento da pesquisa, que traz consigo a necessidade de promover transformações sociais para os envolvidos na investigação. Foram seis grupos a participarem, três com dois discentes e os outros com três alunos. Esses produziram seis simuladores de problemas ambientais: a Barragem Hidrelétrica de Belo Monte; o Incêndio da Vila Socó; a Mortalidade de Peixes no rio Lontra; os Impactos do óleo Lubrificante; o Incêndio no Tocantins; e a Poluição do Ar. Observou-se que esse último, embora fosse uma simulação não se tratava de simulação baseada em agentes, uma vez que não havia interação entre os agentes. Verificou-se que as simulações Poluição do Ar e Incêndio no Tocantins não conseguiram estabelecer conceitos matemáticos na relação de interação entre os agentes. Nas apresentações dos simuladores só o grupo do simulador Barragem Hidrelétrica de Belo Monte apresentaram conceitos matemáticos no código do simulador. Pôde-se concluir que trabalhar com a Modelagem Baseada em Agentes para a construção de simulações de problemas ambientais é muito eficaz para se discutir a Educação Ambiental, pois os alunos focam em contar a história do problema ambiental pelo simulador, se pautando em fontes de informações conseguem expressar pela simulação a dificuldade ambiental que acontece em determinadas condições. Contudo o mesmo não ocorre em relação a apresentação dos conceitos matemáticos envolvidos tanto na construção do simulador quanto no problema que é simulado. Assim uma possibilidade para melhorar tal situação é priorizar a relação entre o entrelaçamento dos saberes matemáticos e da educação ambiental, dando ênfase no que ocorre matemática com o ambiente quando o mesmo é agredido de forma insustentável pelas ações da humanidade.

**Palavras-chave:** Educação Ambiental. Formação de professores de Matemática. NetLogo. Modelagem Baseada em Agentes.



## ABSTRACT

The objective of this work was to investigate the authoring of agent-based simulations of students from the Araguaína campus undergraduate degree course, using NetLogo software. With a qualitative approach based on a participant research, which considers that the researcher is not neutral in the development of the research, which brings with it the need to promote social transformations for those involved in the research. Six groups participated, three with two students and the other with three students. These produced six simulators of environmental problems: the Belo Monte Hydroelectric Dam; the Socó Village Fire; Fish Mortality in the Otter River; the impacts of lubricating oil; the Tocantins Fire; and Air Pollution. Although the latter was a simulation, it was not an agent-based simulation, since there was no interaction between the agents. It was verified that the Air Pollution and Fire simulations in Tocantins could not establish mathematical concepts in the interaction relationship between the agents. In the simulator presentations, only the Belo Monte Hydroelectric Dam simulator group presented mathematical concepts in the simulator code. It can be concluded that working with Agent-Based Modeling to build environmental problem simulations is very effective in discussing Environmental Education, as students focus on telling the story of the environmental problem by the simulator, based on information sources. They can express by simulation the environmental difficulty that happens under certain conditions. However, the same does not occur in relation to the presentation of the mathematical concepts involved in both the construction of the simulator and the problem that is simulated. Thus, one possibility to improve this situation is to prioritize the relationship between the intertwining of mathematical knowledge and environmental education, emphasizing what happens in mathematics with the environment when it is unsustainably attacked by the actions of humanity.

**Keywords:** Environmental Education. Mathematics teacher training. NetLogo. Agent Based Modeling.



## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	MODELAGEM BASEADA EM AGENTES	18
2.1-	Por que Pensar por Modelos	18
2.2-	O que é a Modelagem Baseada em Agentes	19
3.	AGENTES	21
3.1-	Modelos Baseados em Agentes	21
3.2-	Netlogo	22
3.2.1-	<i>Uma Breve Explicação Histórica</i>	22
3.2.2-	<i>A Plataforma do Netlogo</i>	23
3.2.2.1-	<i>Patch</i>	27
3.2.2.2-	<i>Turtle</i>	27
3.2.2.3-	<i>Links</i>	28
3.2.2.4-	<i>Observador</i>	29
3.2.3-	<i>O Mundo Virtual do Netlogo</i>	29
4.	EDUCAÇÃO AMBIENTAL	31
5.	SIMULAÇÕES BASEADA EM AGENTES	33
6.	METODOLOGIA	35
6.1-	Participantes da Pesquisa	36
6.2-	Metodologia de Análise	38
6.2.1-	<i>Criação de um Modelo</i>	39
6.2.2-	<i>Analogia de um Modelo Baseado em Agentes</i>	41
7.	ANÁLISE DE DADOS	43
7.1-	Os projetos de Simulações	43
7.1.1-	<i>Os projetos do Semestre 2018/2</i>	43
7.1.1.1-	<i>Barragem Hidrelétrica de Belo Monte</i>	43
7.1.1.2-	<i>Incêndio da Vila Socó</i>	44

7.1.1.3- <i>Mortalidade de Peixes no rio Lontra</i>	45
7.1.2- <i>Análise do Semestre 2019/1</i>	46
7.1.2.1- <i>Impactos do óleo Lubrificante</i>	46
7.1.2.2- <i>Incêndio no Tocantins</i>	47
7.1.2.3- <i>Poluição do Ar</i>	47
7.2- <i>Analogia do Processo de Criação do Processo de Criação da Problemática e Hipóteses</i>	48
7.2.1- <i>Barragem Hidrelétrica de Belo Monte</i>	48
7.2.2- <i>Incêndio na Vila Socó</i>	48
7.2.3- <i>Mortalidade de Peixes no rio Lontra</i>	49
7.2.4- <i>Impactos do óleo Lubrificante</i>	49
7.2.5- <i>Incêndio no Tocantins</i>	50
7.2.6- <i>Poluição do ar</i>	50
7.2.7- <i>Sínteses dos problemas e hipóteses</i>	51
7.3- <i>Escolha da estrutura da simulação</i>	52
7.3.1- <i>Barragem Hidrelétrica de Belo Monte</i>	52
7.3.2- <i>Incêndio na Vila Socó</i>	53
7.3.3- <i>Mortalidade de Peixes no rio Lontra</i>	53
7.3.4- <i>Impactos do uso de óleo lubrificante</i>	54
7.3.5- <i>Incêndio no Tocantins</i>	54
7.3.6- <i>Poluição do Ar</i>	55
7.4- <i>Implementação da Simulação</i>	56
7.4.1- <i>Barragem Hidrelétrica de Belo Monte</i>	56
7.4.2- <i>Incêndio na Vila Socó</i>	60
7.4.3- <i>Mortalidade de Peixes no rio Lontra</i>	64
7.4.4- <i>Impactos do óleo Lubrificante</i>	66
7.4.5- <i>Incêndio no Tocantins</i>	68

7.4.6- <i>Poluição do Ar</i>	70
7.4.7- Sínteses da implementação dos simuladores	71
7.5- Análise dos Simuladores Criados	72
7.6- Validação de um Modelo Baseado em Agentes	73
7.7- Validação Matemática	74
7.8- Gráficos	74
7.9- Matematização	76
7.10- Análise Matemática por meio de uma Perspectiva Crítica	80
8- CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERENCIAS	86

## 1. INTRODUÇÃO

Vivemos em um mundo complexo, cercado por conexões, essas podem ser desde relações sociais, até interações socioambientais. Tudo está conectado, por meio de vínculos, esses podem ocasionar o acontecimento de fenômenos sociais ou ambientais, como por exemplo: para um pesquisador fazer suas anotações ele usa papel, para produzir o papel é necessário cortar árvores, cortar árvores gera desmatamento, esse leva a devastação de florestas e recursos naturais, os quais comprometem o equilíbrio do planeta, e assim por diante.

Essas conexões influenciam em vários sentidos o rumo da história, com interações entre indivíduos da própria espécie ou de outras e com o ambiente no qual estão inseridos. Cada interação e decisões tomadas podem criar uma realidade. As possibilidades são infinitas.

Mas como é possível analisar as possíveis realidades de um evento sem vivenciá-las? Podemos afirmar que uma das formas de analisar um possível cenário é por meio de simulações. Por intermédio da utilização de *software* para representar uma determinada conjuntura. Com base nas interações de indivíduos autônomos e características distintas. Mediante um método que se baseia em criar projeções que visa modelar uma determinada situação.

Esta monografia apresenta um estudo tanto teórico quanto prático das teorias de Modelagem Baseada em Agentes (Agent-Based Modeling – ABM) e da Simulação Baseada em Agentes (Agent-Based Simulation – ABS). Aplicadas na disciplina de Educação Ambiental da Universidade Federal do Tocantins, Câmpus Araguaína. Para compreender como se dá o processo de criação de simulações autorais partindo da concepção do uso da ABM e ABS aplicada na Educação Matemática na Pesquisa Ambiental.

Como este estudo trata-se da análise de eventos socioambientais por meio da Modelagem Baseada em Agentes – ABM, usou-se como recurso computacional o *software* NetLogo. Tal técnica pode ser aplicada desde a criação de modelos sobre impactos ambientais, até aos modelos sobre fenômenos sociais ou financeiros. Em virtude disso, surgiu a seguinte problemática: *Como se constitui a autoria de discentes, na disciplina de Educação Ambiental, que usam o NetLogo em uma perspectiva da Modelagem Baseada em Agentes?*

Temos como hipótese que a autoria dos alunos, da disciplina de Educação Ambiental, está na *produção da simulação baseada em agentes de problemas ambientais e é nela que se*

*projeta cenários hipotéticos para compreender, pela Matemática e/ou simulação, as consequências futuras, causadas pelas ações sociais e socioambientais.*

Para trabalhar com a Modelagem Baseada em Agentes é importante compreender do que se trata esse método. Para melhor compreensão iniciou-se definido desde conceitos básicos até os mais complexos. Partiu-se inicialmente pela definição de modelagem que, segundo Wilensky e Rand (2015), trata-se de representar de maneira simplificada a realidade. Ao sistematizar por meio de equações, temos então a modelagem matemática que, segundo Bassanezi (2002), é um processo dinâmico utilizado para a obtenção e validação de modelos matemáticos.

Na Modelagem Baseada em Equações, para Railsback e Grimm (2012), modela-se a partir de uma perspectiva geral, direcionando as condições generalizadas para um único objeto, desconsiderando durante esse processo de modelagem características singulares. A Modelagem Baseada em Agentes, faz o oposto, pois analisa o contexto individual de cada objeto de estudo, chamado de agente, considerando suas distinções, para apenas então traçar um quadro geral. Desta maneira, a ABM, para Wilensky e Rand (2015), torna-se uma metodologia ideal para analisar sistemas complexos, por meio de ferramentas computacionais.

Diante disso, a Modelagem Baseada em Agentes torna-se uma poderosa aliada para criar modelos de sistemas complexos, pois tem-se a possibilidade de trabalhar com agentes (indivíduos autônomos), aqueles que de acordo com as situações que serão modeladas podem interagir, tanto com outros indivíduos quanto com o ambiente em que estão inseridos. As interações entre agentes e ambiente ocorrem quando, ele manipula ou examina parte do mundo em que existe, ou quando o ambiente, de alguma forma, altera ou observa o agente (WILENSKY; RAND, 2015).

Assim, usa-se o NetLogo como recurso para a criação de modelos, uma vez que este *software* utiliza sistemas multi-agentes em um ambiente virtual, proporcionando ao modelador desde uma visão de um micro-ambiente até um macro-ambiente, podendo apresentar interações entre diversos agentes com características distintas. Em consequência disso, viu-se a possibilidade de utilizar a Modelagem Baseada em Agentes por meio do NetLogo, para estudos de problemas ambientais.

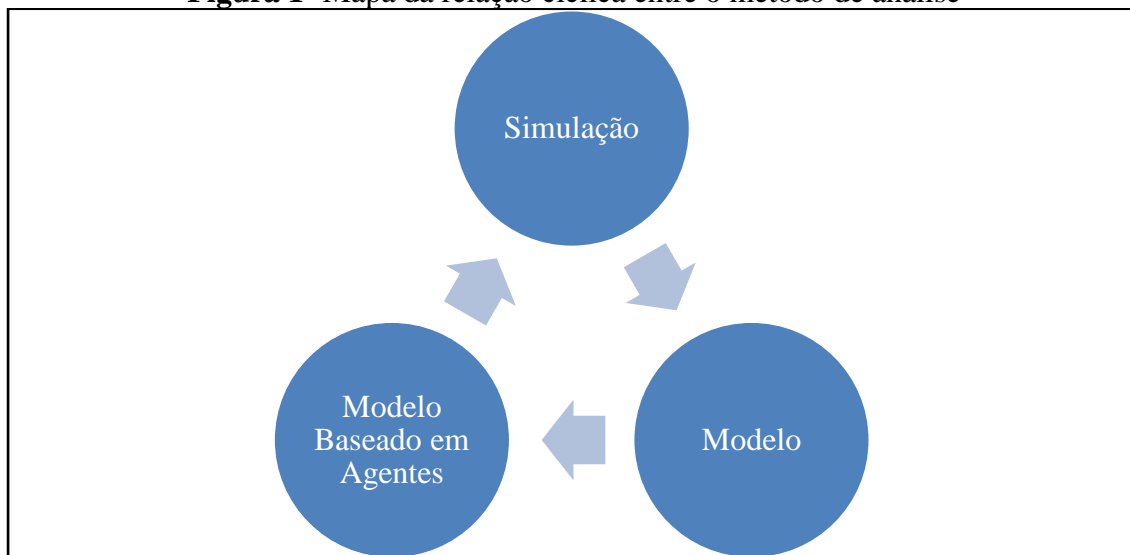
O produto da execução de um modelo no NetLogo é uma Simulação. Por meio dela, pode-se ter uma visão ampla das relações presentes em um sistema, ocasionado por fenômenos, sejam socioambientais ou social. A partir da criação de modelos que qualificam

e quantificam os estragos causados pelos desastres ambientais que ocorrem, de causas naturais ou pela ação humana.

O método de pesquisa usado foi a participante, pois estava a pesquisar e também estava envolvida diretamente nos projetos. De tal, maneira que estava participando tanto dos processos criativos, quanto da implementação da simulação no NetLogo. Um motivo intrigante com relação ao uso desta metodologia, dá-se ao fato de que se formos analisar este mundo real como um virtual, o pesquisador tornasse um agente que interage com outros agentes, desta maneira podem mudar seu estado, por meio de observar novas perspectivas.

Os dados foram produzidos pelas simulações criadas e apresentadas no final da disciplina, cada equipe que foi formada deveria entregar um projeto final para a conclusão da disciplina. As simulações produzidas pelos estudantes deveriam ser de forma que viessem a partir de um modelo baseado em agentes. Isso gerou uma relação cíclica entre o método de análise, assim como mostrado no mapa abaixo.

**Figura 1-** Mapa da relação cíclica entre o método de análise



**Fonte:** Arquivo pessoal

Esta relação possui a seguinte ordem, simulação é tida como o produto dos acadêmicos da pesquisa. Na análise verificou-se que a simulação tratasse de um modelo de acordo com os critérios estabelecidos por Railsback e Grimm (2012). Após esta verificação, buscou-se constatar, se o modelo na simulação do aluno se tratava de um baseado em agentes, como um modelo baseado em agentes ao ser aplicado em um *software* computacional, ao ser executado gera uma simulação. Então estabeleceu-se uma relação de pré-requisitos para a validação.



Os resultados da pesquisa seguem informações obtidas a partir dos relatórios e questionários aplicados para as turmas de Educação Ambiental nos períodos 2018/2 e 2019/1. Por fim, os dados foram analisados e explorados no decorrer da análise das simulações, para no final concluir de maneira clara.

## 2. MODELAGEM BASEADA EM AGENTES

Ao estudarmos a Modelagem Baseada em Agentes é indispensável compreendermos uma gama de conceitos e definições para, desta maneira, obtermos uma inerente compreensão acerca dela. São vários os autores que tratam desse estudo. Embora eles se expressem de maneira semelhantes, são distintos em alguns pontos, em especial: nos níveis de aprofundamento do assunto e nos diferentes *softwares* usados. Nosso estudo abarca as obras em seus diferentes níveis de aprofundamento, mas trabalhamos só com o programa NetLogo.

### 2.1- Por que Pensar por Modelos

Os indivíduos que vivem em sociedade tendem a manter relações entre si e com o ambiente no qual eles estão inseridos. Conforme o tempo passa interações ocorrem, isso implica diretamente em tomadas de decisões. Sejam elas adequadas ou não. Ora, mas como é possível indivíduos tomarem decisões conscientes? Esta pergunta pode ser respondida com uma simples palavra: "Modelagem", pois quando um determinado alguém pensa por modelos, ele é capaz de tomar decisões "inteligentes" para uma determinada situação. Para Bassanezi (2002, p.24) a

Modelagem Matemática é um processo dinâmico utilizado para a obtenção e validação de modelos matemáticos. [...] Ela] consiste, essencialmente, na arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem usual.

Se um indivíduo pensa por meio de modelos para reger seu modo de agir, isso significa que suas ações podem ser previstas de acordo com a situação apresentada. Possibilitando que sejam observados finais de eventos que ocorreriam, sem que se quer tenham acontecido. Desta forma estaríamos literalmente "prevendo o futuro", pois o indivíduo tomará a decisão mais lógica.

Ao analisarmos um evento, é possível produzir dados que podem ser quantificados, e utilizando essas informações criar modelos. Mas não serão simples modelos, pois para interpretação dos dados se faz necessário um conhecimento matemático, então entra em cena métodos de modelar: a "Modelagem Matemática". Há diversas técnicas de modelar um problema, para Railsback e Grimm (2012) existem alguns cientistas que modelam usando abordagens como equações diferenciais que representam como o sistema inteiro muda.

Outros cientistas estudam agentes: como plantas e animais, pessoas, organizações, etc. que mudam e se adaptam às condições externas. Já, nós escolhemos estudar a técnica de modelar o comportamento dos agentes e, ao mesmo tempo, observar e entender o comportamento do sistema formado pelos agentes: a Modelagem Baseada em Agentes.

## 2.2- O que é a Modelagem Baseada em Agentes

A Modelagem Baseada em Agentes (MBA ou ABM<sup>1</sup>) trata-se de um processo de modelar por meio de entidades/indivíduos capazes de interagir, modificar e transformar outras entidades e o próprio ambiente. Seguindo regras e condições impostas pelo modelador. Para tal, pode-se utilizar ferramentas computacionais para desenvolver/aplicar determinados modelos, sejam eles, social, ambiental, biológico e sócio ambiental (WILENSKY; RAND, 2012). Mas por que estudar esse método de modelagem?

A resposta a essa indagação é, segundo Wilensky e Rand (2012), pela constatação de que a ciência tem passado por um processo de evolução, progredindo a partir de descobertas simples. Porém constata-se, também, que a cada estágio de desenvolvimento aparecem problemas cada vez mais complexos. Assim, faz-se necessário criar novos métodos e ferramentas que nos auxiliem a compreender melhor esse mundo complexo, visto que para isso se faz necessário obter desde uma visão micro até macro das interações que ocorrem dentro de um sistema.

Nesse cenário a ABM, torna-se um dos métodos eficazes de lidar com essa problemática. Para Wilensky e Rand (2012), a Modelagem Baseada em Agentes é uma metodologia computacional que permite modelar sistemas complexos. É um estilo de modelagem no qual representamos a interação entre indivíduos e o ambiente entre si em um programa. Essencialmente, ela pode apresentar aspectos intuitivamente mais apropriados para modelar sistemas sociais e naturais, pois nos permite, e até exige, considerarmos decisões, disposições e inclinações individuais. Sua modularização natural segue as fronteiras entre os indivíduos, apresentado cada um como entidades autônomas, o qual pode carecer que sua existência necessite de outro indivíduo, ou não.

Para Bonabeau (2002), a Modelagem Baseada em Agentes é um poderoso método de modelagem por meio da produção de simulações. Essa metodologia tem se apresentado útil

---

<sup>1</sup> Do inglês Agent-Based Modeling - ABM

em inúmeras aplicações nos últimos anos, as quais incluem desde modelos que simulam fenômenos sociais, até simulações sócios ambientais. Esse autor afirma que na ABM um sistema é modelado dispondo de entidades autônomas capaz de realizar tomadas de decisão, inter-relacionar-se mutuamente com outras entidades e interagir com o mundo no qual está inserido. Essas entidades são denominadas de agentes. Cada agente avalia individualmente sua situação e toma decisões em determinados eventos com base em um conjunto de regras.

Desse contexto, afirmam Wilensky e Rand (2012) que a ideia fundamental da Modelagem Baseada em Agente é que grande parte dos fenômenos no mundo podem ser efetivamente modelados com agentes, um ambiente e uma descrição das interações agente-agente e agente-ambiente. Por meio desta interação são constituídos dados que podem ser quantificados e apresentados de maneira algébrica ou por meio de gráficos.

### **3. AGENTES**

Segundo Railsback e Grimm (2012) os agentes são entidades únicas e autônomas que geralmente interagem entre si e com o ambiente localmente. Eles podem ser organismos, seres humanos, empresas, instituições e qualquer outra entidade que persiga um determinado objetivo. São únicos, pois os agentes geralmente são diferentes um do outro em características como: tamanho, localização, reservas de recursos e histórico. Interagir localmente significa que os agentes interagem apenas com seus vizinhos - no espaço geográfico ou em algum outro tipo de "espaço", como uma rede. Ser autônomo significa que eles agem independentemente um do outro e buscam seus próprios objetivos. Por exemplo: os organismos procuram sobreviver e se reproduzir; os comerciantes tentam ganhar dinheiro; as empresas buscam atingir as metas de lucro e permanecer no negócio. Portanto, os agentes, empregam comportamento adaptativo, ou seja, eles ajustam seu comportamento aos estados atuais de si mesmos, de outros agentes e de seu ambiente (Railsback e Grimm, 2012).

#### **3.1- Modelos Baseados em Agentes**

Os pesquisadores Hamill e Gilbert (2016) nos diz que um modelo baseado em agentes, quando aplicado em um programa de computador, cria um mundo artificial de agentes heterogêneos e permite interações entre essas entidades. Outros fatores, como tempo e espaço, somam-se para formar os padrões vistos do mundo real, para o virtual. Assim, um modelo é, segundo Railsback e Grimm (2012), uma representação intencional de algum sistema real. Esses por vezes são, geralmente, complexos ou se desenvolvem muito lentamente para serem analisados usando experimentos.

Portanto, tentamos formular uma representação simplificada do real usando equações ou um programa de computador que possamos manipular e experimentar. Dessa forma formular um modelo significa projetar suas suposições e algoritmos, para isso é essencial compreendermos o objetivo do modelo. Todos os aspectos do sistema real considerados irrelevantes ou insuficientemente importantes para atingir o objetivo do modelo são filtrados (Railsback e Grimm, 2012).

### 3.2- Netlogo

O NetLogo é, segundo Wilensky (1999), uma plataforma de modelagem para simular fenômenos programáveis de eventos sociais e naturais. Foi desenvolvido por Uri Wilensky no ano de 1999, com a premissa de modelar sistemas complexos por meio da Modelagem Baseada em Agentes, ou seja, uma ferramenta para criação de modelos contendo diversos agentes, cada um apresentando comportamentos distintos.

Os pesquisadores Railsback e Grimm (2012) corroboram que o NetLogo é uma plataforma específica para Modelagem Baseada em Agentes, na qual proporciona uma abordagem conceitual, uma linguagem de programação de alto nível, interfaces gráficas e experimentos de simulação automatizados. Sendo utilizado para criação de modelos em grande escala.

#### 3.2.1- Uma Breve Explicação Histórica

Com o surgimento dos primeiros computadores e os avanços nas tecnologias computacionais, segundo Banos, Lang e Marielleau (2015) começaram a ser levantadas indagações por parte de pesquisadores sobre suas possíveis utilidades dentro do contexto educacional, entre elas perguntou-se sobre “como os computadores deveriam ser usados para possibilitar o ensino de mundos dinâmicos e complexos?”. Por meio do computador o estudante tem a oportunidade de explorar o mundo. Para que isso fosse possível surgiu a necessidade de criar uma linguagem computacional na qual o aluno pudesse interagir de forma fácil como o computador (BANOS, LANG e MARIELLEAU, 2015). Nessa perspectiva surgiu a ideia da linguagem de programação *Logo*, com a premissa de ser intuitiva, interativa e flexível para o aluno.

A *Logo* está no “coração” do *software* NetLogo. Em certos aspectos essa linguagem é uma implementação do Construcionismo, teoria da construção do conhecimento de Seymour Papert, co-criador da linguagem *Logo* junto com Wally Feurzeig. Desenvolvida na década de 60, idealizava criar uma interface de uma linguagem computacional que permitisse que não apenas especialistas em informática pudessem programar, mas também para que crianças em idade escolar pudessem programar (ME3EH1QE3B, 2015).

Ela é uma linguagem de programação interpretada, o que significa que cada linha, contendo um comando específico, inserido pelo usuário é imediatamente executado. A linguagem é modular, isto é, os comandos podem ser agrupados para formar sequências mais

complexas, essa modularidade permite a construção de grandes projetos (BANOS, LANG e MARIELLEAU, 2015).

### 3.2.2- A Plataforma do Netlogo

O NetLogo apresenta uma plataforma que utiliza intervalos de tempo discreto para uma simulação, deste modo são criados intervalos que geram quantificações dos eventos simulados, constituindo dados numéricos. Trata-se de uma abordagem que consiste em identificar as entidades que devem ser incorporadas ao modelo e depois definir o comportamento de cada um em cada intervalo de tempo (BANOS, LANG, MARIELLEAU, 2015).

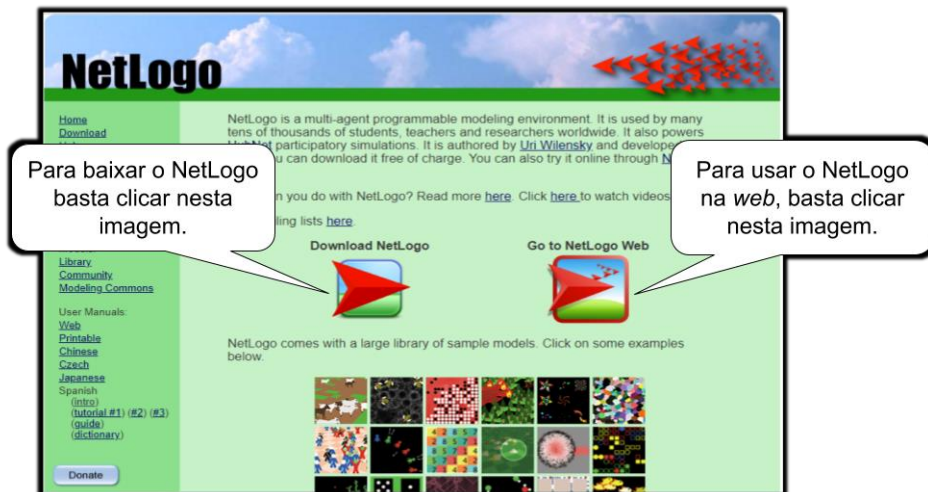
O NetLogo apresenta uma vasta variedade de características, sejam elas bibliográficas ou do próprio sistema. O programa está disponível para download em seu site NetLogo<sup>2</sup>, é totalmente gratuito. Além disso, existe uma versão da web a qual proporciona aos usuários a possibilidade de trabalhar sem que o programa esteja instalado no computador.

A versão para web apresenta uma interface com algumas singularidades com relação ao programa desktop. Apresenta um visual aparentemente moderno, com cores bastante chamativas e uma interface que possibilita que o modelador possa analisar tanto o cenário criado por ele, quanto os códigos da simulação. Ao acessar a página da web são apresentadas as opções para baixar o *software* ou usá-lo *online*, como mostrado da figura seguinte:

---

<sup>2</sup> Disponível em: < <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/download.shtml> >. Acessado em 01 de dez 2019

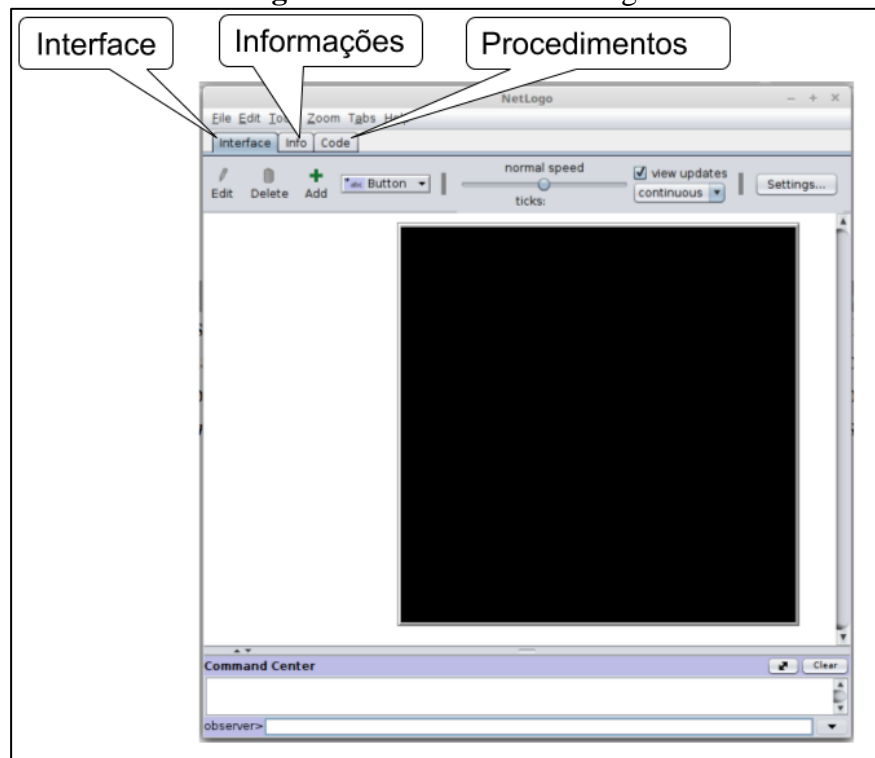
**Figura 2-** Pagina inicial do site do NetLogo



**Fonte:** NetLogo

Após a instalação, ao abrir o programa, aparecerá a interface do NetLogo, nela estará presente algumas funções básicas da própria ferramenta, como por exemplo, as de configurações básica e de arquivos. Ao que está relacionado com a aplicação de modelo, há três guias principais: Interface, Informações e Procedimentos. Como representado na Figura 3.

**Figura 3-** Interface do NetLogo

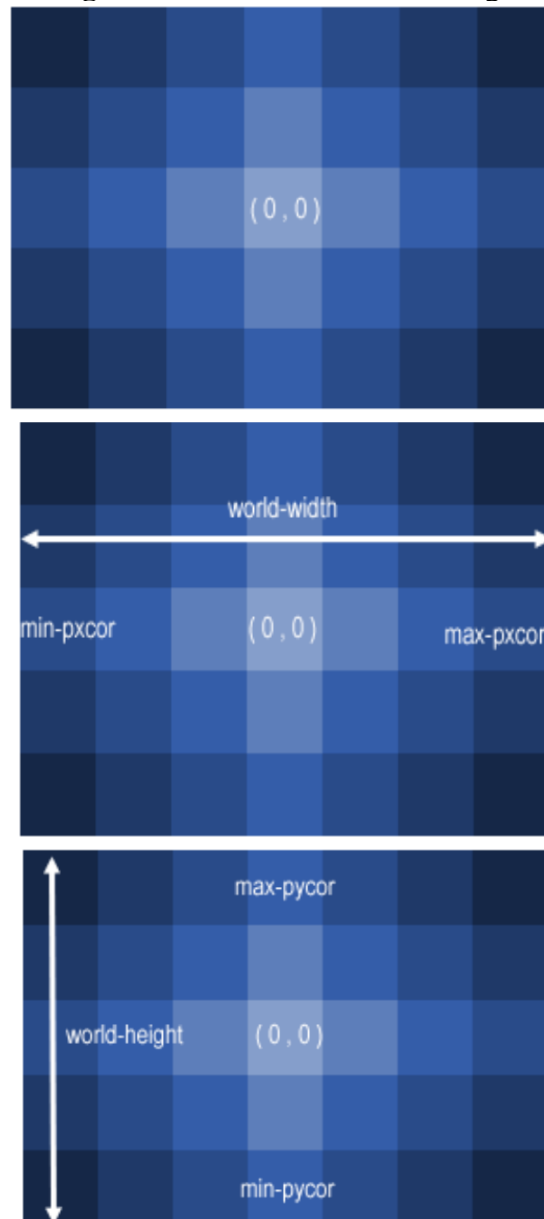


**Fonte:** Netlogo



A interface é onde a simulação será observada, apresenta uma barra de ferramentas, na qual tem-se os controles que são introduzidos no modelo, desta maneira a simulação pode ser manuseada pelo observador. Há a presença de um quadrilátero que apresentará o mundo construído por meio do modelo, constituindo-se pelos *patches*, o número desses agentes é definido de acordo com o número de unidades seja na linha ou na coluna. Os *patches* posicionam-se seguindo coordenadas estabelecidas, em eixos “x” que o valor determina a posição na coluna e “y” a posição na linha.

**Figura 4-** Coordenadas no NetLogo



**Fonte:** Vázquez e Caparrine (2018)

Outra guia é das informações, nesta guia são apresentadas algumas noções sobre o modelo, como por exemplo, do que é, como funciona, como usá-lo, coisas para serem

observadas, coisas para tentar, possíveis extensões, recursos presentes e como citar caso seja reproduzido para outros estudos.

O procedimento (*code*) é a guia utilizada para escrever o código que constituirá o modelo. Ao definir o código, nesta aba, possibilita que o modelador possa organizar melhor os comandos do modelo. A aplicação dos códigos de comandos nessa guia, cria a possibilidade que os comandos sejam revisados para correções e posteriores edições.

Para que o observador possa iniciar a simulação do modelo e manipulação do mesmo, deve-se definir certos elementos presentes na interface, como por exemplo, botões, interruptores, controles deslizantes. O NetLogo apresenta internamente todos esses elementos na própria interface.

Um *button* (botão) é utilizado para mediar a execução automática de comandos, por meio de um único clique. O *switch* faz a representação visual de variáveis de lógica global, definindo-a para que seja acessível a todos os agentes pertencentes ao modelo. No *chooser* o usuário atribui um valor em um menu *drop down* (lista de seleção desdobrável), definindo a variável global.

Um *slider* tem a tarefa de atribuir definições a uma variável global, é atribuída o acesso á totalidade dos agentes presentes no modelo. Esta pode fazer variações entre parâmetros, desta maneira o modelador não necessita alterar um comando todas as vezes que ele precisar, pois poderá ser feito apenas pelo deslizamento.

O monitor representa numericamente o conteúdo dinâmico de uma variável, ou seja, apresenta quantificações numéricas. Outro elemento que expõe quantificações é o *plot*, permitindo plotar um gráfico dinâmico, por meios dos dados quantificados, podendo estar sincronizado com o monitor. Para deixar o modelo mais fácil de ser compreendido, usa-se o *text*, pois este apresentará um tipo de texto fixo para o modelo. Por fim, o *output*, esse elemento trata-se de apresentação de textos dinâmicos, com possibilidade de *scrolling*, sendo bastante útil para registros do tipo log.

A plataforma é centrada na constituição dos modelos por meio de agentes virtuais. Esses agentes recebem suposições (hipótese, regras lógicas) que geram um algoritmo, que ao ser executado, cria uma simulação, a qual geram eventos que podem ser estudados. Existem, no NetLogo, quatro tipos diferentes de agentes que podem ser modelados. São eles:

- 1) O *Patch*: é um quadrado particular que em conjunto com outros constitui o ambiente/cenário;

- 2) As *Turtles*: são entidades móveis que podem interagir com outros indivíduos e com o ambiente;
- 3) Os *Links*: são criados dinamicamente entre as *turtles*;
- 4) O *Observador*: esse é quem contempla e rege o mundo criado por meio dos agentes.

### 3.2.2.1- Patch

O ambiente (território) é representado pelo conjunto de agentes chamados *patches*. Consistem nas condições e habitats que cercam as *turtles*, o ambiente pode afetar as decisões das *turtles* e, por sua vez, também pode ser afetado pelas decisões desse agente (WILENSKY, RAND, 2015).

Os autores Banos, Lang e Marilleau (2015) explicam que os *patches* formam um espaço retangular composto por um agrupamento no formato de grade  $n \times m$  de quadrados,  $n$  trata-se das coordenadas no eixo horizontal, enquanto  $m$  no eixo vertical, os quais cada um tem lado, por padrão, medida de 13 pixels, alinhados ordenadamente. Eles são imóveis, logo possuem uma posição fixa no espaço bidimensional do cenário. Além disso, todos os *patches* são agentes autônomos com seus próprios estados e comportando-se independentes de outros *patches* ao seu redor.

### 3.2.2.2- Turtle

As *turtles* são agentes móveis no NetLogo. Elas são projetadas para se movimentar sobre o território (entre os *patches*). Esses são ocupados de forma aleatórias pelos *turtles* ao serem criadas. Interagem com seu habitat (*patches*) e também outras *turtles* vizinhas. Possuem a capacidade de atuar livremente. Embora o padrão de criação seja o nome turtle, no NetLogo, agentes desse tipo podem ser definidos com palavra-chave *breed*. Esse comando cria novas espécies, por exemplo, `breed [ lobos lobo ]` criou-se a espécie lobo que é diferente da espécie padrão da plataforma, *turtles*. Pode-se criar características para as espécies, por exemplo, `lobos-own [ fome ]` cria-se a variável *fome* para a espécie lobos. Desta maneira, podemos definir atributos específicos e um comportamento único, tanto a *patches* quanto a *turtles*, caracterizando-se a autonomia que possuem. (BANOS, LANG, MARILLEAU, 2015). Segundo Wilensky e Rand (2015) essa autonomia e interação entre os agentes atribuem estados, os quais podem ser definidos por duas características principais:

- 1) *Crenças*: trata-se da convicção sobre ele mesmo, sobre as outras entidades e sobre o ambiente que o rodeia;
- 2) *Objetivos*: são metas de estados desejados futuramente, visto que as interações podem implicar em mudanças de estado para si mesmo.

Outro aspecto apresentado pelas *turtles* é com relação ao seu comportamento, caracteriza-se em como ela utiliza um método, cumpre as tarefas, operacionaliza atividades e como age em uma situação. Assim, os agentes aprenderão com as situações vivenciadas mudar seus comportamentos em respostas as suas experiências. Wilensky e Rand (2015) afirmam que, há dois níveis de propriedades atribuídas:

- 1) *Propriedades Básicas*: são aquelas que possibilitam respostas ao ambiente;
- 2) *Propriedades Avançadas*: essas oferecem a possibilidade de alterar as propriedades por meio da autonomia, assim, adaptando as *turtle* para novas condições.

### 3.2.2.3- Links

Os *links* são ligações definidas entre as *turtles*, apresentam-se em forma de linhas, como em um gráfico. São caracterizados por não se moverem individualmente, de tal maneira que, sua posição depende exclusivamente do local em que as *turtles* estão posicionadas, em outras palavras, não são móveis, no sentido de que não pode movê-los individualmente ao redor do mundo (VÁZQUEZ, CAPARRINE, 2018).

São agentes, mas segundo Banos, Lang e Marielleau (2015), possuem uma função única que consiste em conectar duas *turtles*, através de linhas. Como um resultado disso, os *links* não estão localizados na grade de correção. Existem dois tipos de *links*: direcionado e não direcionado.

Ao criar modelos com *links* entre *turtles*, geralmente é atribuído em um mundo virtual com limitações. Se este mundo não é limitado, então as conexões podem ir além de suas fronteiras estabelecidas, dificultando a percepção do modelo, visto que se trata de um ambiente bidimensional. (ME3EHQEB, 2015)

Assim como em alguns casos especiais de *patches*, Wilensky e Rand (2015) afirmam que, os *links* podem servir para conduzir passivamente informações e descrições do ambiente, mas também podem apresentar-se como agentes completos com propriedades e ações próprias.

#### 3.2.2.4- Observador

O observador é, segundo Wilensky e Rand (2015), um agente de alto nível, que possui a responsabilidade de garantir que o modelo possa ser executado e prossiga de acordo com os processos desenvolvidos pelo autor do modelo. Cabe a ele executar comandos para todos os tipos de agentes presentes no modelo, sejam eles, *turtles*, *patches* ou *links*. Por meio dos comandos, é dito para manipular seus dados e/ou executar certas ações. As únicas propriedades do observador que se podem considerar específicas dele, são aquelas relacionadas à perspectiva da qual o mundo modelado é visto, como por exemplo, mudanças de quantidades e estados.

Em síntese, o observador é um agente que não apenas contempla o mundo no qual os outros agentes estão inseridos, mas também rege o rumo que a simulação deve tomar, criando cenários para os fenômenos que possam confirmar suas hipóteses. Para Мезенцев (2015), as manipulações feitas pelo observador causam mudanças dentro do mundo virtual e pode interferir na vida dos agentes.

Por intermédio do observador é possível que um agente execute uma tarefa que aparentemente seria impossível para o seu estado, em outras palavras, o observador executa comandos que alteram o estado de um agente. Isso é afirmado por Vázquez e Caparrine (2018) ao afirmarem que, pela lógica do NetLogo, quaisquer agentes podem executar todas as instruções determinada pelo observador, pois pode haver uma relação de dependência em como a execução do comando afeta propriedades que não correspondem a entidade originalmente.

De fato, pode-se considerar que o observador é o agente que permite o envio de instruções para todos os agentes na simulação, desta maneira os comandos poderão ser executados e assim a simulação poderá fluir de acordo como os objetivos do usuário. Portanto, o observado é o *link* entre o usuário e os agentes (BANOS, LANG, MARILLEAU, 2015).

#### 3.2.3- O Mundo Virtual do Netlogo

O mundo virtual do NetLogo, por definição padronizada é bidimensional, ou seja, possui apenas duas dimensões. Consiste em um conjunto de *patches* possuindo formato de um quadrado, posicionados como coordenadas. O centro do mundo virtual possui

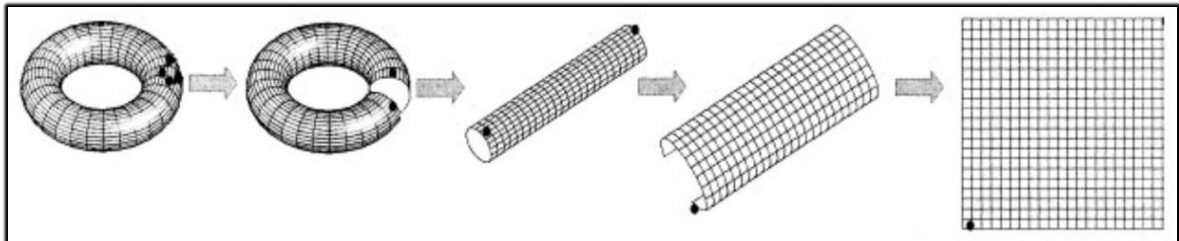
coordenadas (0, 0) ao longo dos eixos X e Y, é caracterizada por valores globais definidos pelo modelador (ME3EHIQEБ, 2015).

O tamanho do mundo virtual é definido de acordo com a quantidade de pixels que cada *patche* está ocupando na tela. Esse número de *patches* presentes no mundo virtual é limitado, pois no NetLogo são definidos sempre mundos finitos, em outras palavras, o espaço que o mundo representa é circunscrito (VÁZQUEZ; CAPARRINE, 2018).

De fato, assim com o mundo virtual criado no NetLogo se atribui definições topológicas, fazem como que o mundo não tenha fronteiras, ou seja, o ambiente é limitado, mas sem fronteira. As coordenadas extremas nos lados esquerdo e direito do cenário podem ser consideradas tanto como o fim do mundo quanto o início do mesmo, pois os extremos podem ser definidos como um corte vertical reto em um cilindro que ao ser aberto, obtém-se um plano (VÁZQUEZ; CAPARRINE, 2018).

Isso como com os lados esquerdo e direito, os extremos verticais superior e inferior do mundo podem representar a linha de conectar ambos os extremos verticais. Ao identificarmos todos os extremos simultaneamente, obteremos uma figura matematicamente conhecida como toro (VÁZQUEZ; CAPARRINE, 2018).

**Figura 5-** Representação do ambiente do NetLogo



**Fonte:** Vázquez e Caparrine (2018)

Portanto, quando agentes móveis, com por exemplo, *turtles* ou *links* estão no extremo do mundo, ao ultrapassarem essa linha, são imediatamente projetados no lado oposto ao extremo. Isso ocorre devido ao ambiente ser definido como um toro.

#### 4. EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A utilização de modelos baseados em agentes para aplicabilidades no contexto ambiental é capaz de auxiliar a verificar e solucionar problemas que podem estar relacionados com o meio ambiente. A utilização de modelos para analisar problemas que causam danos ao ambiente propicia uma eventual previsão e avaliação de cenários ambientais. Deste modo, poderá ser tomado decisões que adequam melhor a situação explorada, buscando soluções inteligentes para a problemática (FAN; BRAVO; COLLISCHONN, 2016).

Segundo Railsback e Grimm (2012) a Modelagem Baseada em Agentes engloba a Modelagem Baseados em Equações, ou seja, Modelagem Matemática. Caldeira (1998) afirma que, a matemática é capaz de abranger não apenas conceitos abstratos, mas também pode ser usada como método para analisar fenômenos ambientais, isto é, por meio de quantificações a partir de eventos reais. Por intermédio da relação entre Matemática e Meio Ambiente, são fornecidos métodos, sistemas, processos e ferramentas para um estudo aprofundado para compreensões acerca dos fenômenos ambientais.

A lei de número 9.795, dispõe principalmente sobre a Educação Ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental. No artigo 2, é instituído que a Educação Ambiental “é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal” (BRASIL, 1999, p.1).

O Netlogo, apresenta-se como uma ferramenta para a simulação de modelos, como averiguado por Costa e Pontarolo (2017) que, no contexto da Educação Ambiental, o *software* NetLogo, permite que o aluno possa explorar determinadas características de um fenômeno de maneira controlada, observando as progressivas mudanças de estado. Proporcionando uma experiência de análise ambiental interativa, levando-nos a refletir sobre as consequências dos impactos e relações ambientais.

A Matemática, para Caldeira (1998), deve transcender suas concepções de limites para a sua aplicação, tornando-se uma ideia mais ampla, a tal ponto, de abranger questões reflexivas de situações reais, por meio de uma visão crítica que, implica fortemente na elaboração de uma concepção crítica sobre a sobrevivência do nosso meio ambiente.

De fato, isso é apresentado no 1º artigo da lei 9.795 apresentando o entendimento da Educação Ambiental como sendo, “os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências

voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade” (BRASIL, 1999. p. 1).



## 5. SIMULAÇÕES BASEADAS EM AGENTES

A simulação é, para Gilbert e Troitzsch (2005), um tipo específico de modelagem. Pois ao construir um modelo, o mundo é representado de maneira simplificada, deste modo, se torna fácil de entendê-lo. Definir a realidade de maneira simplificada é algo que fazemos o tempo todo, mas a ciência refinou e formalizou esse processo. Quando os modelos são executados, o produto gerado é uma simulação, na qual torna-se possível visualizar o acontecimento do processo.

Uma Simulação Baseada em Agentes pode ser definida, segundo Wilensky e Rand (2015), como a execução de um determinado modelo baseado em agentes. Se tratando de simulações sempre é bom lembrarmos que, todo modelo gera uma simulação, porém nem toda a simulação provém de um modelo.

Assim como a Modelagem Baseada em Agentes, Zeigler, Muzy e Kofman (2018) afirmam que, a simulação é retratada por um sistema de tempo discreto. Tornando-os intuitivos, para a compreensão de todas as fases de um sistema dinâmico, descrevendo cada um dos estados presentes em intervalos temporais. Uma simulação apresenta um relógio artificial discreto, por intermédio dele, o tempo é definido por intervalos, deste modo a unidade de tempo é escolhida de acordo a como se adequa melhor ao espaço temporal que pretendesse representar.

Ainda pode ser afirmado que, para Allen (2011), as simulações de eventos discretos com base em agentes, pode oferecer abordagens naturais para auxiliar os usuários a pensarem introspectivamente sobre seus sistemas, desta maneira os ajudando-os em tomadas de decisões. Allen (2011) divide o processo de simulações em cinco fases, são elas:

- 1) *Definição*: Consiste em definir quem fará o quê, com que intensidade, e quando;
- 2) *Análise de entrada*: Trata-se da coleta de dados e ajuste das distribuições necessárias conforme a modelagem de entradas;
- 3) *Simulação ou cálculo*: Sendo a criação e validação de modelos de previsão;
- 4) *Análise de saída*: Consiste em usando modelos validados para comparar alternativas e tornar a validade mais verídica;
- 5) *Suporte à decisão*: Por fim, nesta fase são produzidos gráficos, tabelas e relatórios para ajudar a promover escolhas desejáveis.

A simulação baseada em agentes implica em uma versão animada do sistema de agentes que está sendo modelado, frequentemente é um resultado importante da atividade de

modelagem. A forma que é gerada a simulação pode fornecer informações necessárias para a solução de uma determinada problemática (ALLEN, 2011).

## 6. METODOLOGIA

A classificação de uma pesquisa pode ser realizada quanto sua natureza, a forma de abordagem e aos procedimentos técnicos. Essa pesquisa de abordagem qualitativa tem como método a pesquisa participativa. Segundo OLIVEIRA e OLIVEIRA (1984, p. 19) pesquisa participativa é “o estudo e o conhecimento da realidade são também necessidades imperativas do ponto de vista dos que querem transformá-la”. Surgindo a partir da necessidade de conhecer e estudar os problemas envolvendo relações socioculturais.

Este método de pesquisa trata-se da imersão do próprio pesquisador na realidade a qual ele investiga, tornando-se um agente ativo participante, interagindo diretamente com os pesquisados. Possibilitando que o investigador compreenda a realidade dos envolvidos de uma perspectiva interna. Nesta concepção, o envolvimento do pesquisador com a própria pesquisa, torna-se significativo, ampliando as interpretações fundamentadas no âmbito do estudo. De tal maneira que refletirá posteriormente na análise dos dados produzidos.

A pesquisa participante tem como uma de suas características ser de base exploratória, visto que, no momento que o pesquisador se insere no contexto de sua pesquisa há aparições de novas descobertas que só poderiam ser percebidas estando internamente envolvido, podendo passar despercebido do ponto de vista externo. “Consiste na participação real do pesquisador com a comunidade ou grupo. Ele se incorpora ao grupo, confunde-se com ele. Fica tão próximo quanto um membro do grupo que está estudando e participa das atividades normais deste” (MARCONI, LAKATOS, 2003, p. 194).

Além disso, na concepção da pesquisa participante a coleta de dados necessários para a pesquisa, tem o objetivo de promover transformações sociais para os envolvidos, pois segundo OLIVEIRA e OLIVEIRA (1984, p.70) “[...] a verdadeira educação é um ato dinâmico e permanente de conhecimento centrado na descoberta, análise e transformação da realidade pelos que a vivem”. Borda (1984, p. 44) afirma que: “É uma metodologia que procura incentivar o desenvolvimento autônomo (autoconfiante) a partir das bases e uma relativa independência do exterior [...]”. Ela compreende, ainda, que a ação educativa é uma ação política, ou seja, trilhas que nos levem não só à educação matemática e/ou ambiental, mas a uma consciência política, a qual impacte no cotidiano do sujeito nas questões ambientais.

De acordo com Marconi e Lakatos (2003), o método de pesquisa participante, no qual o observador envolve-se internamente, classifica-se em duas categorias de observação: 1) *Natural*: isto é, para tal abordagem de pesquisa, o observador pertence à comunidade ou

grupo que investiga; 2) *Artificial*: quer dizer que, para a realização da pesquisa, o observador integra-se ao grupo, por um determinado tempo, com o objetivo de obter informações.

Assim, essa pesquisa pode ser categorizada como observação artificial, pois a inserção em um grupo, que não se faz parte, apresenta-se como uma das principais características. Deste modo consiste em conhecer e experimentar pontos de vistas completamente novos por um determinado espaço de tempo, sendo que este período temporal é determinado de acordo a durabilidade da pesquisa, prazos determinados ou a passagem de uma de um acontecimento.

### **6.1- Participantes da Pesquisa**

Esta pesquisa foi realizada em turmas de Educação Ambiental do Curso de Licenciatura em Matemática na Universidade Federal do Tocantins (UFT), câmpus Araguaína, unidade Cimba, nos semestres 2018/2 e 2019/1, nos quais os participantes da pesquisa estavam matriculados regularmente na disciplina. As aulas aconteceram no Laboratório de Informática do Curso de Matemática (LMAT). A pesquisa foi realizada em dois semestres, o primeiro ocorreu na segunda metade do ano de 2018, totalizando na matrícula 13 estudantes; o segundo aconteceu no primeiro semestre de 2019, tendo um número total de 21 alunos.

Devido ao número de matrículas no semestre 2018/2, os estudantes se organizaram em duplas, enquanto que no semestre 2019/1 foram organizados em trios, essa organização ocorreu para que os discentes desenvolvessem até o final da disciplina um projeto que consistia na criação de modelos matemáticos para simular impactos ambientais, por meio do *software* NetLogo.

A produção de dados ocorreu por meio de questionários criados na plataforma do Google. Tanto no início quanto no final da disciplina, cada participante respondeu um questionário de pré-avaliação, para obtenção de sua visão inicial do objeto de estudo. Além disso, também foram analisadas simulações criadas pelos participantes, através de resumos escritos pelos próprios autores dos modelos.

Para melhor organização dos dados, foram criadas, para os discentes do curso de Educação Ambiental, pastas no Google Drive fornecida pela plataforma de e-mail utilizada pela UFT, em que os estudantes relataram semanalmente a progressão das criações dos

modelos. Desta maneira, seria possível compreender um pouco mais detalhado o processo de criação das simulações de cada grupo.

Para a construção dos modelos algumas aulas foram focadas em algumas questões de interesse como: Apresentação e introdução ao *software* NetLogo, as possíveis aplicações destas ferramentas, introdução a Modelagem Baseada em Agentes, importância de aplicar modelos no contexto socioambiental e como conceitos matemáticos são evidenciados nas simulações baseadas em agentes. Foram realizados acompanhamentos pessoais nas produções dos modelos, direto nas criações, por meio de atendimentos pelo menos três vezes por semana.

O objetivo principal desses atendimentos era esclarecer dúvidas, fossem elas sobre o estudo teórico, a construção dos modelos e sobre a aplicação prática no modelo na ferramenta computacional. Visto que o método de pesquisa foi a pesquisa participante, ao surgimento dúvidas acerca das produções, quando a pergunta que surgia era esquecida, havia um aprendizado não apenas por parte dos pesquisados, mas também pelo próprio pesquisador. Fortificando afirmação sobre a pesquisa participante ser uma via de mão dupla na qual o conhecimento flui em ambas as direções.

Ressaltamos que não escolhemos todos os modelos produzidos, a seleção dos deles deu-se por meio de critério de que deveriam representar um problema ambiental de uma determinada região geográfica. Desta maneira, a análise não se prenderia apenas a questões técnicas, mas também sociais.

De cada período foram selecionadas três simulações, feitas pelas equipes formadas por acadêmicos da disciplina. Para não utilizar nomes reais, optou-se por nomear as equipes com os seguintes nomes: No semestre 2018/2 são as equipes A1, B1, C1, enquanto que, no Semestre 2019/1 são as equipes A2, B2, C2.

**Quadro 1- Equipes**

Semestre	Equipe
2018/2	A1
	B1
	C1
2019/1	A2
	B2
	C2

**Fonte:** arquivo pessoal

## 6.2- Metodologia de Análise

Durante o projeto de pesquisa aplicado na turma de Educação Ambiental, nos semestres 2018/2 e 2019/1, no curso de Licenciatura em Matemática, trabalhou-se a produção de modelos que fossem de autoria própria dos alunos. Utilizando como base metodológica a Modelagem Baseada em Agentes, os discentes deveriam produzir modelos que fossem baseados em agente, e por meio do *software* NetLogo gerar uma simulação.

Devido a pesquisa ser uma disciplina de Educação Ambiental, o principal enfoque foi a construção de modelos que pudessem representar eventos socioambientais, sejam eles acontecimentos que já ocorreram como, por exemplo, grandes desastres ambientais, ou fenômenos que estão presentes em nosso planeta como a poluição, e por fim, fenômenos que porventura poderiam vir a efetuar-se, como, por exemplo, a extinção de algumas florestas nativas. Os modelos produzidos seriam os projetos finais para a conclusão da disciplina, cada equipe teria que entregar e apresentar no final do semestre um projeto, pelo qual seriam avaliados.

Todos os projetos que fossem entregues deveriam apresentar uma simulação, porém isso não significa que os mesmos tenham modelos, ou seja, todo modelo gera uma simulação, porém nem toda a simulação provém de um modelo. Então se fez necessário estabelecer certos conceitos que definiriam se a produção dos alunos da disciplina de Educação Ambiental se tratava de modelos baseados em agentes. Esses conceitos foram estabelecidos fundamentalmente da leitura feita dos autores: Railsback e Grimm (2012), e Wilensky e Rand (2015), isso para determinar as condições para que uma simulação seja catalogada como um modelo.

Para determinar se as produções dos discentes alcançaram o objetivo de representar um fenômeno socioambiental por meio de um modelo baseado em agentes, separou-se a análise em duas etapas. A primeira, tratou-se de analisar se as elaboradas no NetLogo, feitas pelos alunos eram de fato um modelo, para essa validação se fez necessário analisar o processo de construção de um modelo, e por meio dela averiguar a veracidade do produto final. A segunda, após passar pela etapa anterior, refere-se à averiguação se os modelos produzidos podem ser classificados como baseado em agentes e qual a sua veracidade.

Na primeira etapa, os critérios apresentados para a verificação do produto seguem a os processos de modelagem para a construção de um dos modelos, sendo este sistematizado. Em termos metodológicos, a análise dos modelos criados pelos estudantes matriculados na

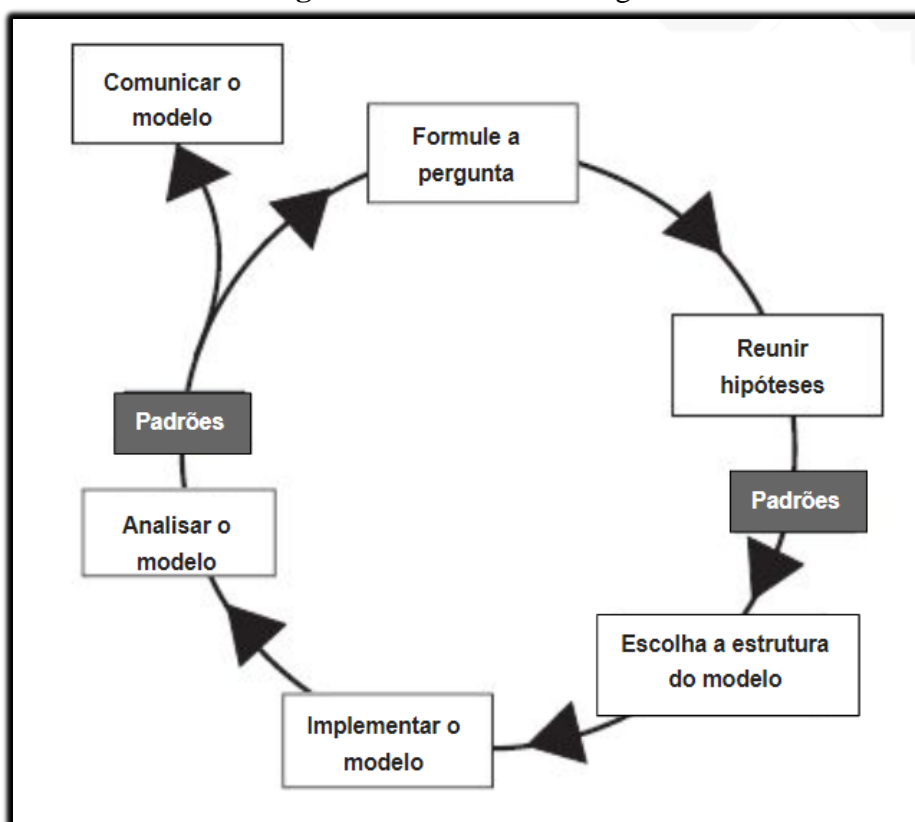
disciplina de Educação Ambiental deu-se por meio da análise de cada processo de modelação. Nesse momento foi utilizado tanto os relatórios feitos pelos estudantes, quanto o produto final. Isso é para verificar se coincidem com os estágios da modelagem.

Segundo Page (2018, p. 10), “modelos são estruturas formais representadas matematicamente por meio de equações, e diagramas que nos ajudam a compreender o mundo”. Para a construção de um modelo deve-se organizar cada estágio do desenvolvimento, sendo formalizados pelos seguintes processos, segundo Railsback e Grimm (2012): formulação de uma pergunta; determinação de hipóteses para processos e estrutura essenciais; Escolha da escalas, entidades; variáveis de estado; processos e parâmetros; Implementação do modelo; análise, teste e revisão do modelo.

#### *6.2.1- Criação de um Modelo*

Este processo de produção de modelos, é representado em um conjunto ordenado de etapas, nas quais gera um movimento em espiral cíclico. Isso representa a relação de dependência quando se parte da primeira etapa. Railsback e Grimm (2012) apresentam como esta organiza o ciclo de modelagem por meio da seguinte Figura 6, esclarecendo visualmente a relação de dependência entre os processos.

**Figura 6-** Ciclo de Modelagem



**Fonte:** Railsback e Grimm (2012)

O primeiro estágio para a criação de um modelo é a *formulação da pergunta*, essa etapa é essencial para os processos restantes, por meio dela serão organizadas as estruturas de um modelo, definindo a direção que o modelador deverá seguir sobre o que será produzido.

Em seguida temos a *reunião de hipóteses*, na qual serão apresentados possíveis resultados que podem ser alcançados, esta parte é igualmente importante como a pergunta, pois se por um lado a problemática guia o caminho que deve ser seguido, por outro a hipótese pode ser definida como o ponto no qual o modelador pretende chegar. Em síntese, a pergunta é o ponto de partida e a hipótese é a linha de chegada. É válido ressaltar que nem sempre o resultado produzido é o esperado.

A terceira etapa é *escolher a estrutura do modelo*, neste momento serão apresentadas as características principais do modelo, como por exemplo, a definição da escala presente no modelo, identificação e especificação das variáveis. Neste processo o modelo deverá ser trabalhado em detalhes, por meio da formulação e produção escrita, representando a estrutura básica que deverá ser seguida durante a produção.



O processo de *implementação do modelo*, trata-se da parte técnica de modelagem. Na qual será feito o processo de matematização e aplicação em um programa de computador, buscando dar vida ao modelo. Permitindo a exploração de maneira lógica e rigorosa.

Por fim, neste ciclo há a *análise do modelo*, nesse processo o modelo será testado e analisado. Nesta etapa é uma das mais importantes pois ao fazer a análise o modelador pode aprender com o próprio modelo, de tal maneira, que esse conhecimento servirá para a criação de futuros modelos.

Algo que é importante que o modelador faça após a verificação do seu modelo é a *divulgação científica* do mesmo. Isso fará com que outras pessoas tenham conhecimento do trabalho. O processo de modelagem pode ser desafiador, mas quando se trata do conhecimento científico as coisas não são fáceis, às vezes é necessário a persistência com um toque de rigor, no final o resultado é satisfatório.

#### 6.2.2- Analogia de um Modelo Baseado em Agentes

O processo de analogia de um modelo baseado em agentes foi a verificação sobre a validação do modelo como baseado em agentes. Após passar pela análise do ciclo de modelagem, que permite definir se o produto final produzido, pelos estudantes, consiste em um modelo. Averiguou-se se os modelos se encaixavam nas características que, definiriam se é baseado em agentes.

Para realizar a análise, a fundamentação foi feita com base nas afirmações de Railsback e Grimm (2012), nas que é caracterizada a modelagem baseada em agentes como sendo, representações menos simplificadas, sem restrições apresentadas pelo uso de equações matemáticas, representando os comportamentos de um único agente ou um conjunto deles e denotando o estado de todos presentes no sistema.

Por ser uma representação menos simplificada, de colocar características individuais, apresentando em certos casos, representações cada vez mais próxima da realidade. Apresentado resultados para a problemática estudada de um âmbito disperso.

Não fica sujeita às restrições presentes em um modelo baseado em equações, pois, diferentemente das equações que abrangem um contexto geral ao representar fenômenos presente do mundo real, os agentes determinam estados e formas de comportamentos para cada indivíduo ou raça, pelos quais irá interagir podendo evoluir para um estado futuro.

O estado e os comportamentos definidos para um agente ou uma raça, devem ser determinados de acordo com a problemática que pretende-se responder, por exemplo, não se

pode definir que as entidades são árvores se o objetivo é representar um modelo de um fenômeno social. Por meio dos agentes são analisados com mais detalhes os dados produzidos durante a simulação, por isso é importante definir os comportamentos de acordo com o contexto do estado.

A maneira em que os agentes manifestam suas ações, está ligado diretamente com o comportamento atribuído a ele. No modelo baseado em agentes, a forma que suas ações ocorrem, podem gerar respostas que influenciam no seu estado, isso fará com que o modelo alcance a hipótese ou apresente um resultado diferente do qual foi idealizado.

## 7. ANÁLISE DE DADOS

Nossa análise parte do geral para o particular, primeiro fazemos uma apresentação e discussão dos projetos já como simuladores, depois vamos esmiuçando em partes, para depois finalizarmos com uma síntese do que foi arguido.

### 7.1- Os projetos de Simulações

Nessa parte serão analisadas as simulações apresentadas pelos discentes matriculados na turma de Educação Ambiental. Para melhor compreensão foram catalogados em quadros, as simulações dos modelos desenvolvidos pelos alunos, que estão organizados por semestre e também para as equipes selecionadas foram dados nomes fictícios.

#### 7.1.1- Os projetos do Semestre 2018/2

Do semestre 2018/2 foram selecionados três projetos finais para esta monografia, foram eles: a barragem hidrelétrica de Itaipu, Incêndio na Vila Socó e Mortalidade de peixes no rio Lontra na cidade de Araguaína.

**Quadro 2-** Projetos Selecionados

Semestre 2018/2			
Equipes	A1	B1	C1
Projetos	Barragem Hidrelétrica de Belo Monte	Incêndio na Vila Socó	Mortalidade de Peixes no rio Lontra

**Fonte:** arquivo pessoal

#### 7.1.1.1- Barragem Hidrelétrica de Belo Monte

O projeto abordou como temática o meio ambiente, especificamente os impactos ambientais causados pela instalação de usinas hidrelétricas. O objetivo foi criar um modelo por meio da utilização de uma ferramenta computacional, o NetLogo, que representasse os impactos causados pela inserção de uma usina hidrelétrica no meio ambiente. Com a execução do modelo esperava-se que fosse representada visualmente uma simulação do

processo das mudanças no espaço geográfico e como afeta a vida nativa, seja ela animal ou vegetal, dessa região.

Os impactos causados pelas hidrelétricas são irreversíveis. A justificativa para a construção desse modelo se deu pela análise dos impactos ambientais ocorridos na usina Hidrelétrica de Belo Monte. Tal usina foi construída no rio Xingu em uma região próxima ao município de Altamira no norte do estado do Pará. Ao ser finalizada e posta em funcionamento, de um lado do rio houve alagamentos de um determinado espaço de terra, implicando na extinção da vida vegetal e animal nessa região. No outro lado rio houve estreitamento e diminuição do nível da água, repercutindo na diminuição população de peixes deste lado.

Com base nesse problema socioambiental, a simulação produzida desta ocorrência, no Netlogo, representou o rio Xingu, os peixes, a própria usina de Belo Monte, a população de animais terrestres e a floresta.

Portanto, a simulação representa: ao ser ativada a usina, o rio começa a alargar em um lado, formando um lago extenso que irá cobrir grande parte da vegetação nativa, implicando na migração da vida animal, para aqueles que puderem, caso contrário, irão morrer afogados pela água. No outro lado haverá morte dos peixes e diminuição, pelo estreitamento e o impedimento da barragem dos peixes cruzarem o rio por inteiro.

#### 7.1.1.2- Incêndio da Vila Socó

Neste projeto, o tema abordado foi o incêndio em grande escala que ocorreu na Vila Socó em Cubatão, no estado de São Paulo, no ano de 1984, tendo como consequência um desastre ambiental e social. Visando simular pelo *software* NetLogo a escala dos acontecimentos, este projeto buscou representar por meio de uma simulação os acontecimentos desse acidente e compreender quais foram as consequências dos impactos causados no contexto socioambiental.

A justificativa para criar essa simulação ocorreu pelos impactos e consequências do desastre, pois além das centenas de pessoas que este incêndio matou, ficaram milhares de pessoas desabrigadas, incalculáveis foram os desastres ambientais nesta região, entre estes estão, a poluição da água pela gasolina e a queimada do manguezal. Esse evento aconteceu em um período noturno, quando os habitantes no local estavam em suas casas, inicialmente o vazamento de gasolina se espalhou pela água que sob o mangue, em seguida houve um

foco de incêndio que se espalhou pela água contaminada pela gasolina, conseqüentemente espalhou-se pelo manque causando, assim, um incêndio em larga escala e queimando tudo ao seu redor.

Para elaboração desta simulação no NetLogo optou-se por criar duas *turtles*, essas seriam os agentes responsáveis por representar o fogo e a gasolina, já os *patches* seriam o manguezal e a água ainda não contaminada. Fazendo que essa gasolina se espalhe entre as árvores por intermédio da água, em um determinado intervalo de tempo discreto, dessa maneira o observador faria o fogo parta de um local específico e se espalhe até atingir todas as árvores.

### 7.1.1.3- Mortalidade de Peixes no rio Lontra

O tema estudado para esta simulação foi a poluição do rio Lontra, que “corta” a margem direita do município de Araguaína, no Estado do Tocantins. O objetivo desta simulação foi apresentar os problemas e conseqüências causadas pela poluição de rios e afluentes.

A justificativa é dada pelo fato de haver um número excessivo de esgoto escoado diariamente no rio pelo município de Araguaína-TO, no decorrer dos anos percebe-se o aumento de doenças e incômodos para os moradores da cidade. Os fatores prejudiciais causados pelos dejetos são irreparáveis para o meio ambiente e ecossistema da região, pois traz consigo um grande aumento da mortandade de peixes, aglomeração de mosquitos e bactéria causadas pelo acúmulo de lixo e resíduos de esgoto.

Esses problemas prejudicam toda a população da cidade em especial os ribeirinhos que no passado, não tão distante, se alimentavam e também comercializavam os peixes do rio e seus afluentes, atualmente perdeu a maior parte dos seus peixes acumulando lodo, mau cheiro e até mesmo dejetos visíveis de lixo e esgoto.

A simulação apresenta um ambiente de terra firme, cortada por um rio, de um lado há alguns canos por onde são escoados os resíduos de esgoto. Dentro do rio, há alguns peixes que nadam por ele. Quando a simulação é iniciada os peixes nadam e se reproduzem normalmente, até o momento que o botão poluição é acionado. Neste momento é iniciada a poluição, o número de peixes decai, representado isso como sendo conseqüência da poluição.

### 7.1.2- Análise do Semestre 2019/1

Neste semestre foram selecionados três produtos produzidos pelos estudantes, foram eles: Impactos do uso de óleo lubrificante, Incêndios no Tocantins, Poluição do ar. Todos foram criados pelos estudantes do período 2019/1 na disciplina Educação Ambiental.

**Quadro 3-** Projetos Selecionados

Semestre 2019/1			
Equipe	A2	B2	C2
Projeto	Impactos do óleo Lubrificante	Incêndio no Tocantins	Poluição do Ar

**Fonte:** arquivo pessoal

#### 7.1.2.1- Impactos do óleo Lubrificante

O tema abordado neste projeto foram os possíveis impactos do óleo lubrificante na água. O objetivo principal desta simulação é mostrar os possíveis danos em um lago causados pelo descarte incorreto do óleo lubrificante usado pelos veículos e as consequências que isso causaria no ecossistema daquela região.

A justificativa para a produção da simulação foi, que ao desenvolver, as indústrias de tecnologia nos possibilitaram muito conforto e facilidades, com isso, são criados novos hábitos no nosso cotidiano, muitas deles apresentam consequências irreversíveis destruindo aos poucos o meio ambiente. Os automóveis são um exemplo dessas evoluções tecnológicas, um instrumento que mudou a forma de como as pessoas se locomovem, mas é que o uso de tantos automóveis provocaria consequências, uma delas o óleo. O óleo lubrificante é usado para melhorar o desempenho e funcionamento dos motores desses veículos. Porém, se for descartado de forma indevida pode causar sérios danos ao meio ambiente, principalmente se for na água, pois ele irá se espalhar pelo líquido. Trazendo sérios prejuízos para a vida animal.

Esta simulação representa o derramamento de óleo lubrificante em um determinado rio. Ao ser iniciada a simulação, o cenário mostra um rio com alguns peixes nadando, o derramamento de resíduos ocorre a partir da margem. O nível de poluição é mostrado em um gráfico que representa a água pura decaindo devido ao óleo que se espalha.

### *7.1.2.2- Incêndio no Tocantins*

A temática desse projeto trata-se sobre um estudo das consequências provocadas pelos incêndios florestais, objetivando entender as causas e consequências dos focos de queimadas no Estado do Tocantins.

Por meio da simulação das catástrofes ambientais sobre os focos de incêndios no Estado do Tocantins, pretende-se representar como o passar dos anos os focos aumentam cada vez mais. Mostrando que de cinco em cinco anos os focos têm aumentado significativamente. Dentre os principais focos, estão as “bitucas” de cigarros jogadas às margens das rodovias e as queimadas feitas por alguns fazendeiros que não tomam os devidos cuidados, para que o fogo não se espalhe para as fazendas vizinhas e áreas de preservação onde estão localizadas a maior parte da fauna e flora do Estado.

Esta simulação apresenta um ambiente em que, é apresentada uma floresta que se encontra entre um rio e uma estrada. Quando é iniciado um foco de incêndio imediatamente é espalhado pela região de mata, incendiando tudo o que tiver ao seu redor.

### *7.1.2.3- Poluição do Ar*

O tema abordado neste projeto foi a poluição do ar, o objetivo principal foi abordar o quanto é importante a preservação de manter o ar limpo e como isso implica na vida em nosso planeta.

A justificativa deu-se pelo fato de que esse assunto merece muita atenção visto que, se as nossas ações não forem controladas, podem comprometer a vida presente no planeta. Ao que refere a preservação da qualidade do ar, torna-se um assunto de interesse público e governamental, visto que, este é essencial para a vida na terra, então é de suma importância analisarmos as consequências causadas pela poluição. Essas consequências são o efeito estufa, a destruição da camada de ozono e alterações climáticas.

A simulação representa uma visão aérea de um ambiente terrestre. Dado início a poluição, nuvens contendo elementos poluentes passam sobre as pessoas que vivem nesta região matando um determinado número de indivíduos no local.

## 7.2- Analogia do Processo de Criação da Problemática e Hipóteses

Para iniciar o processo de criação da simulação, foram realizadas pesquisas por meio do *site google*, cada equipe buscou resultados que satisfizessem as palavras-chave: “meio ambiente + desastres + impactos + consequências”, por meio dos resultados encontrados, cada equipe buscou temas que fossem distintos entre si, para que não houvesse repetições acerca das simulações produzidas.

Após a escolha dos temas, iniciou-se o processo de indagações relacionado ao mesmo. Pois isto iria determinar o rumo que as simulações seguiriam, visto que, a representação seria um reflexo do objeto da problemática.

### 7.2.1- Barragem Hidrelétrica de Belo Monte

Para iniciar a criação da simulação, a equipe A1, decidiu ter como objeto de estudo a usina hidrelétrica de Belo Monte levando em consideração os impactos que esta construção causa ao meio ambiente, prejudicando a fauna e a flora na região.

Após a definição do objeto de estudo, iniciou-se o processo de fazer indagações acerca do tema, como o objeto principal do projeto era analisar os impactos ambientais causados por meio de desastres não naturais, a equipe definiu a seguinte problemática: Quais consequências, que a introdução da usina hidrelétrica de Belo Monte causaria, para a vida animal e vegetal nas redondezas da bacia do rio Xingu?

Como hipótese, foi determinado que os impactos ambientais na vida animal e vegetais por meio da hidrelétrica de Belo Monte, causaram a mortalidade dos animais que estariam na região inundada pela água, matando várias espécies imediatamente, juntamente com a vegetação nativa da região.

### 7.2.2- Incêndio na Vila Socó

A equipe B1, durante sua procura de informação, pelo site de busca, interessou-se por um tema que fosse relacionado às consequências que um incêndio pode tomar para contribuir com os impactos ambientais. O problema explorado para construir a simulação foi o incêndio ocorrido na Vila Socó, é válido ressaltar que o motivo dessa escolha se deu tanto pelo problema social quanto ambiental.



Com a definição do tema que seria abordado procurou-se especificar o que a simulação deveria dar de resultado. Por meio disso surgiu a seguinte problemática: Quais foram as proporções tomadas pelo incêndio na Vila Socó, e como isso afetou o ambiente local? A simulação, deveria representar a escala dos acontecimentos.

Em termos de hipótese: a simulação representa a escala tomada pelos acontecimentos que implicaram desde o incêndio aos impactos para os moradores da região. Além de apresentar a forma em que o fogo se alastrou e as proporções às quais o mesmo chegou.

### *7.2.3- Mortalidade de Peixes no rio Lontra*

Esta equipe, sendo a C1, durante as buscas pela internet, se depararam com um problema ambiental relacionado a sua própria região, este, tratava-se do derramamento dos resíduos de esgoto no rio Lontra. Esse rio está localizado próximo a cidade de Araguaína, este problema ambiental chamou a atenção dos integrantes da equipe.

A equipe C1 almejou tratar de uma temática que está presente em sua realidade, devido aos membros da equipe residirem na mesma região afetada pelos impactos ambientais, tiveram como principal indagação: Como os resíduos de esgoto lançados diretamente no rio Longo, afeta a vida marinha presente no local? Esta indagação, serviu como piloto para a produção da simulação.

A hipótese apresentada pela equipe diz respeito à relação de equilíbrio entre a vida animal e meio ambiente no qual estão inseridos. No momento que este equilíbrio é quebrado por meio da poluição do rio, as espécies presentes no local diminuem em quantidade, sendo esta uma das consequências da poluição do rio Lontra.

### *7.2.4- Impactos do óleo Lubrificante*

Ao realizar as buscas pela internet, a equipe A2, despertou o seu interesse pelas consequências que um possível derramamento de óleo lubrificante pode causar para a natureza. Esta temática trata-se de um evento fictício, mas que há a possibilidade de ocorrer.

Seguindo esta temática, o processo de criação de problemáticas, atentou-se a danos causados para a água presente em um determinado lago ou rio. Seguindo esta linha de pensamento surgiu a seguinte pergunta: Como se dá o processo de poluição por meio de óleo lubrificante na água e quais proporções esse impacto pode tomar?

Como hipótese, o óleo derramado deverá se espalhar pela superfície líquida do lago causando a contaminação pelo acúmulo da substância em poços aquáticos, devido a não se misturar com a água por conta da diferença de densidade. Desta maneira, o modelo apresenta esse cenário de poluição.

#### *7.2.5- Incêndio no Tocantins*

Quando foi realizada a pesquisa para determinar o objeto de estudo, o interesse foi por impactos ambientais causados por incêndios, a equipe B2, percebeu em suas pesquisas, que alguns dos fatos encontrados relacionam-se aos incêndios florestais no Estado do Tocantins. Isso despertou o interesse dos membros da equipe para estudar este fato.

Em vista disso, começaram a surgir indagações acerca deste estudo. Como se tratava de um problema regional, focou-se em representar um ambiente em que o fogo se alastra por meio de focos de incêndios. Então surgiu a seguinte pergunta: Como um pequeno foco de incêndio, pode causar uma queimada em proporções gigantescas, no período da seca no Estado do Tocantins?

Para fazer a simulação, foi tomada como hipótese que, basta haver um pequeno foco de incêndio, as “bitucas” de cigarro, que o fogo se espalha por toda uma floresta ou pasto, causando uma queimada com impactos para a região, seja para moradores do local ou a vegetação nativa.

#### *7.2.6- Poluição do ar*

Após a realização da busca sobre uma temática para a produção da simulação decidiu-se usar um tema que tivesse relacionado a poluição do ar. Tendo em vista, de acordo com as pesquisas feitas, que esse problema tem impactos diretos a vida humana.

Seguindo a linha de pensamento dos impactos causados pela poluição do ar, surgiu uma problemática focada nas consequências que esse impacto causa na vida do ser humano. Diante disso, a pergunta foi a seguinte: Como os efeitos causados pela poluição do ar podem afetar a saúde do ser humano?

Obtiveram como hipótese, que de acordo com a poluição do ar vai se espalhando pelo ambiente, o número de pessoas que morrem devido à poluição quando são atingidos pelos poluentes, provocando a morte imediata.

### 7.2.7- Sínteses dos problemas e hipóteses

Abaixo temos uma releitura sintetizadas das informações, por meio de uma quadro que representa uma visão geral:

**Quadro 4-** Síntese dos projetos de simulação

<b>Alunos</b>	<b>Problemática</b>	<b>Hipótese</b>
<b>A1</b>	Quais consequências, que a introdução da usina hidrelétrica de Belo Monte causaria, para a vida animal e vegetal nas redondezas da bacia do rio Xingu?	Os impactos ambientais na vida animal e vegetais por meio da hidrelétrica de Belo Monte, causaram a mortalidade dos animais que estariam na região inundado pela água, matando várias espécies imediatamente, juntamente com a vegetação nativa da região.
<b>B1</b>	Quais foram as proporções tomadas pelo incêndio na vila Socó, e como isso afetou o ambiente local?	A escala tomada pelos acontecimentos que implicaram desde o incêndio aos impactos para os moradores da região. Além de apresentar a forma que o fogo se alastrou e as proporções que o mesmo chegou.
<b>C1</b>	Como os resíduos de esgoto, lançados diretamente no rio Lontra, afeta a vida marinha presente no local?	A relação de equilíbrio entre a vida animal e meio ambiente no qual estão inseridos, é quebrado por meio da poluição do rio, as espécies presentes no local diminui em quantidade, sendo esta uma das consequências da poluição do rio Lontra.
<b>A2</b>	Como se dá o processo de poluição por meio de óleo lubrificante na água e quais proporções esse impacto pode tomar?	O óleo derramado deverá se espalhar pela superfície líquida do lago causando a contaminação pelo acúmulo da substância em poços aquáticos,

		devido a não se misturar com a água pela diferença de densidade.
<b>B2</b>	Como um pequeno foco de incêndio, pode causar uma queimada em proporções gigantescas, no período da seca no Estado do Tocantins?	Basta haver um pequeno foco de incêndio, as “bitucas” de cigarro, que o fogo se espalha por toda uma floresta ou pasto, causando uma queimada com impactos para a região, seja para moradores do local ou a vegetação nativa.
<b>C2</b>	Como os efeitos causados pela poluição do ar podem afetar a saúde do ser humano?	Como a poluição do ar vai se espalhando pelo ambiente, o número de pessoas que morrem devido à poluição quando são atingidos pelos poluentes, provocando a morte imediata.

**Fonte:** arquivo pessoal

Realizadas as perguntas e hipóteses os discentes passaram a planejar a estrutura de como seria a simulação tanto na forma do layout quanto na codificação para que ela fosse executável.

### **7.3- Escolha da estrutura da simulação**

Esta etapa se trata da *escolha da estrutura da simulação* foram definidas as características principais presentes nela. O que ela deveria produzir em seus detalhes, por meio da estrutura básica da Modelagem Baseada em Agentes.

#### *7.3.1- Barragem Hidrelétrica de Belo Monte*

Nesta etapa, a equipe A1, trabalhou na escrita da simulação fazendo análises acerca de como ocorre a construção de uma hidrelétrica, como é posicionada, qual seria a magnitude de sua construção.

Tratou-se de estudar e selecionar quais os elementos e variáveis que iram estar presentes na simulação para que seja possível representar o real, mas de forma simples.

Portanto o que seria apresentado na simulação ficou decidido que seria: o rio, as árvores em terra firme, os animais terrestres, os peixes nadando no rio e a própria barragem.

A estrutura básica da simulação foi definida como sendo, um ambiente simples, cortado por um rio em que há várias espécies de peixes presentes nele, nas margens foram colocadas árvores e alguns animais terrestres se locomovendo por entre elas.

### *7.3.2- Incêndio na Vila Socó*

Após a definição da problemática e da hipótese, a simulação começou a ser escrita, pensando já nos detalhes que deveriam estar presentes. Entre esses detalhes pode ser tratada a representação da escala da região que seria representada, para que fosse possível analisar de maneira mais precisa possível. Foi definido que seria representado em metros, pois seria representado apenas uma área pequena.

Em seguida tratou-se de definir a estrutura e as variáveis que seriam representadas na simulação. A estrutura seria a seguinte: Inicialmente a gasolina se espalharia ao redor do mangue, por meio da água; em seguida, após parte da água ser tomada pelo líquido, iniciaria um incêndio que se espalharia pela região com a gasolina, por fim, o mangue também deveria ser tomado pelo fogo.

As variáveis que foram apresentadas são: o tempo, o combustível despejado, o fogo, a água sem contaminação e o mangue. Dependendo de como a simulação fosse executada essas variáveis poderiam sofrer alterações de estado.

### *7.3.3- Mortalidade de Peixes no rio Lontra*

Nesta simulação a equipe C1 decidiu representar o rio Lontra, então consideram apenas um trecho do mesmo que estivesse sendo contaminado pelos resíduos de esgoto. A escala determinada deveria representar alguns metros de uma parte do rio, este trecho seria a representação de um dos focos da poluição.

A estrutura da simulação consiste em haver um trecho do rio Lontra, que por ele há peixes nadando, com alguns tubos de esgoto. Quando a poluição é iniciada são liberados resíduos que quando os peixes se aproximam, são sentenciados a morte, desta maneira é criada uma relação entre as variáveis.

As variáveis presentes na simulação seriam: os peixes nadando no rio e os resíduos liberados pelos canos de esgoto. As consequências causadas por uma das variáveis implicariam diretamente no comportamento da outra.

#### *7.3.4- Impactos do uso de óleo lubrificante*

Como trata-se de um evento hipotético, a escala apresentada foram alguns metros de uma margem de certo rio. Neste trecho do rio há um quantitativo de peixes nadando por ele.

Para estruturar a simulação, seguiu-se certas condições, como por exemplo, a o derramamento de óleo deveria surgir a partir da superfície e se alastraria pela superfície do rio, implicando diretamente em impactos para a vida de peixes que vivem nele. De acordo com a quantidade de óleo, a superfície pode ficar em partes tomada pelo poluente ou totalmente.

As representações das variáveis foram feitas a partir da água que seria contaminada, o óleo que se espalharia, e os peixes nadando no rio. Todos inter-relacionados entre si, de tal maneira que um implica no estado do outro.

#### *7.3.5- Incêndio no Tocantins*

Tendo como foco as queimadas no Estado do Tocantins, a equipe B2 representou em termos de escala, alguns quilômetros de uma rodovia movimentada, próximo a uma floresta e um pequeno rio, esse cenário pode ser classificado como fictício.

Com relação a estrutura foi definido pela equipe que iria surgir de um determinado ponto aleatório e se espalharia por toda a vegetação, implicando na queimada de parte da floresta nativa, além dos animais e habitantes que seriam afetados pelas queimadas.

As variáveis presentes na simulação são: a vegetação, o fogo, os animais terrestres e os seres humanos que habitam a região. Desta forma, todos são prejudicados pelas queimadas apresentando a relação que um implica no outro.

### 7.3.6- Poluição do Ar

Com relação escala, não houve uma escala definida, pois foi determinado pela equipe C2, que o ambiente abrangeria apenas pessoas com um determinado número de indivíduos. Isso sem definir em qual tamanho do espaço que deveriam estar presentes.

A estrutura que a equipe definiu para a simulação foi simples, sem tantos detalhes. A estrutura consiste em apresentar um determinado número de habitantes, sobre elas passam algumas nuvens representando o ar poluído. De acordo em como as nuvens passam, a população morre por conta da poluição.

As variáveis presentes na simulação são os humanos e as nuvens. Estes possuem uma relação de dependência, pois a medida que as nuvens passam, a mortalidade das pessoas aumenta.

Abaixo pode-se observar uma síntese dos resultados adquiridos.

**Quadro 5- Síntese da Estrutura das Simulações**

Alunos	Ambiente e Escala	Elementos e Variáveis
<b>A1</b>	Um ambiente simples, cortado por um rio em que há várias espécies de peixes presentes nele, nas margens foram colocadas árvores e alguns animais terrestres se locomovendo por entre elas.	Rio, árvores em terra firme, animais terrestres, peixes nadando no rio e barragem hidrelétrica.
<b>B1</b>	Uma região coberta por água, com alguns mangues e casas no meio.	O tempo, o combustível despejado, o fogo, a água sem contaminação, o manguê e casas da aldeia.
<b>C1</b>	Trecho do rio Lontra, representação de alguns metros.	Peixes, resíduos de lixos.
<b>A2</b>	Representação de alguns metros da margem de um certo rio.	A água que seria contaminada, o óleo que se espalharia e os peixes nadando no rio
<b>B2</b>	Alguns quilômetros de uma rodovia movimentada, próximo a uma floresta	A vegetação, o fogo, os animais terrestres e os seres humanos que habitam a região.

	e um pequeno rio, esse cenário pode ser classificado como fictício.	
<b>C2</b>	O ambiente abrangeria apenas pessoas com um determinado número de indivíduos.	Humanos e nuvens.

**Fonte:** arquivo pessoal

#### 7.4- Implementação da Simulação

Nesta etapa é o momento de construir o simulador seguindo as estruturas que grupo estipulou para seu simulador funcionar, construído no *software NetLogo*, por meio do planejamento feito anteriormente, desta maneira a simulação projetada no programa deverá seguir as características específicas da estrutura.

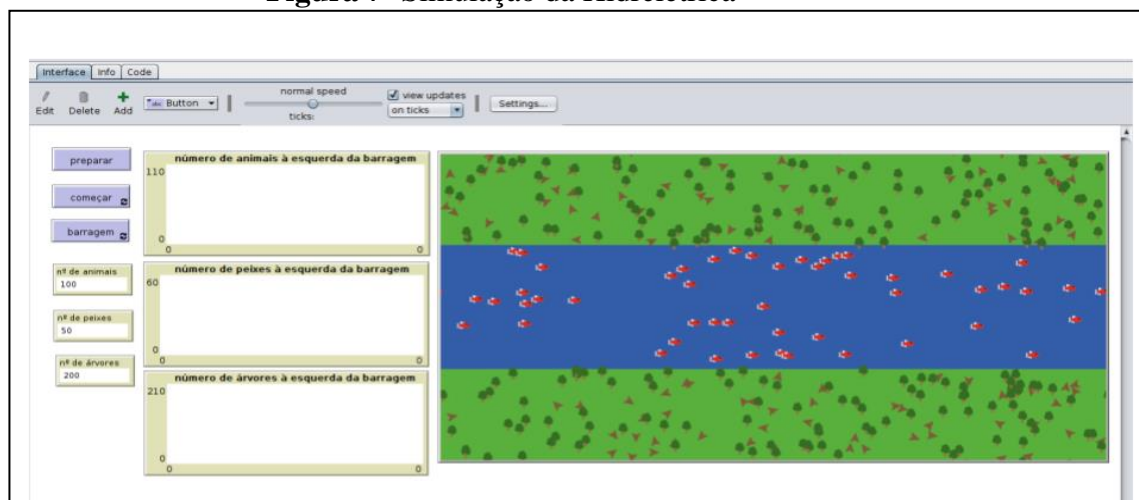
##### 7.4.1- Barragem Hidrelétrica de Belo Monte

Após a fase de escrita e planejamento, iniciou a etapa de implementar a simulação no *software NetLogo*. Esta etapa foi uma das mais difíceis para a equipe A1, pois apesar do programa apresentar uma linguagem intuitiva devido ser em outro idioma dificultou um pouco a tarefa. Há época o NetLogo só tinha a versão em Inglês, atualmente o *software* conta com tradução para o português.

Inicialmente tratou-se de construir o ambiente no qual a simulação ocorreria, este deveria representar o ambiente que se pretendesse simular. Como o problema envolve uma hidrelétrica, logo o ambiente necessita ser sem uma espécie de um rio, onde estaria entre duas margens. Para o cenário, o rio deveria ser uma barra azul, entre duas barras verdes que representam a terra firme e a mata nativa. Como as coordenadas no NetLogo são dadas como no plano cartesiano, com eixos “x” e “y”, foi determinado que a extensão do comprimento do rio seria de um extremo ao outro do eixo x, enquanto que a sua largura seria estabelecida por um determinado intervalo entre o eixo y. A Figura 7 apresenta o resultado da construção:



**Figura 7-** Simulação da Hidrelétrica



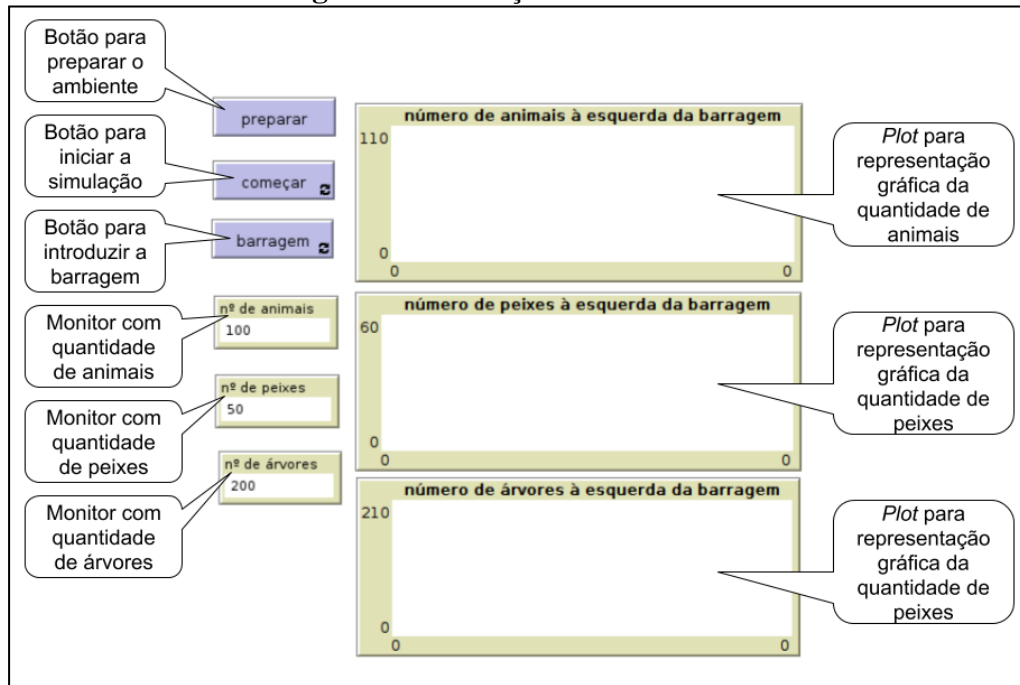
**Fonte:** arquivo pessoal

Com pode ser observado na figura acima a simulação também apresenta alguns botões, monitores e *plots*. Estes apresentaram as seguintes funções:

1. *Botão preparar*: Cria o ambiente que onde ocorrerá a simulação;
2. *Botão começar*: Executa a simulação infinitamente até ser clicada novamente;
3. *Botão barragem*: Introduce ao ambiente a hidrelétrica;
4. *Monitor de nº de animais*: Representa numericamente em uma escala reduzida a quantidade de animais terrestres presentes;
5. *Monitor de nº de peixes*: Representa numericamente em uma escala reduzida a quantidade de peixes presentes no rio;
6. *Monitor de nº de árvores*: Representa numericamente em uma escala reduzida a quantidade de árvores presentes no solo;
7. *Plot de números de animais à esquerda da barragem*: Representa por meio de gráfico a quantidade de animais terrestres do lado afetado pelos impactos da hidrelétrica;
8. *Plot de números de animais à esquerda da barragem*: Representa por meio de gráfico a quantidade de peixes presentes no lado mais afetado pelos impactos da hidrelétrica;
9. *Plot de números de animais à esquerda da barragem*: Representa por meio de gráfico a quantidade de árvores restantes no solo após serem afetado pelos impactos da hidrelétrica.

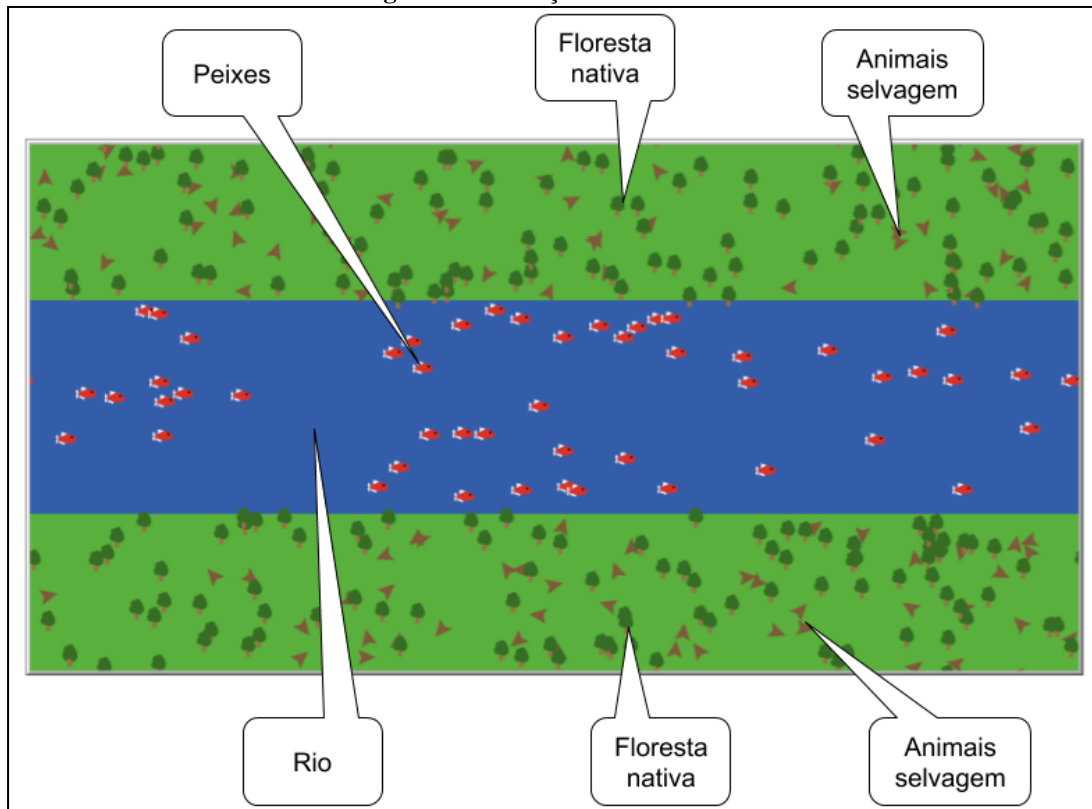
A Figura 8 mostra em detalhes os elementos gráficos criados pelos estudantes para simular a barragem hidrelétrica.

**Figura 8-** Simulação da Hidrelétrica



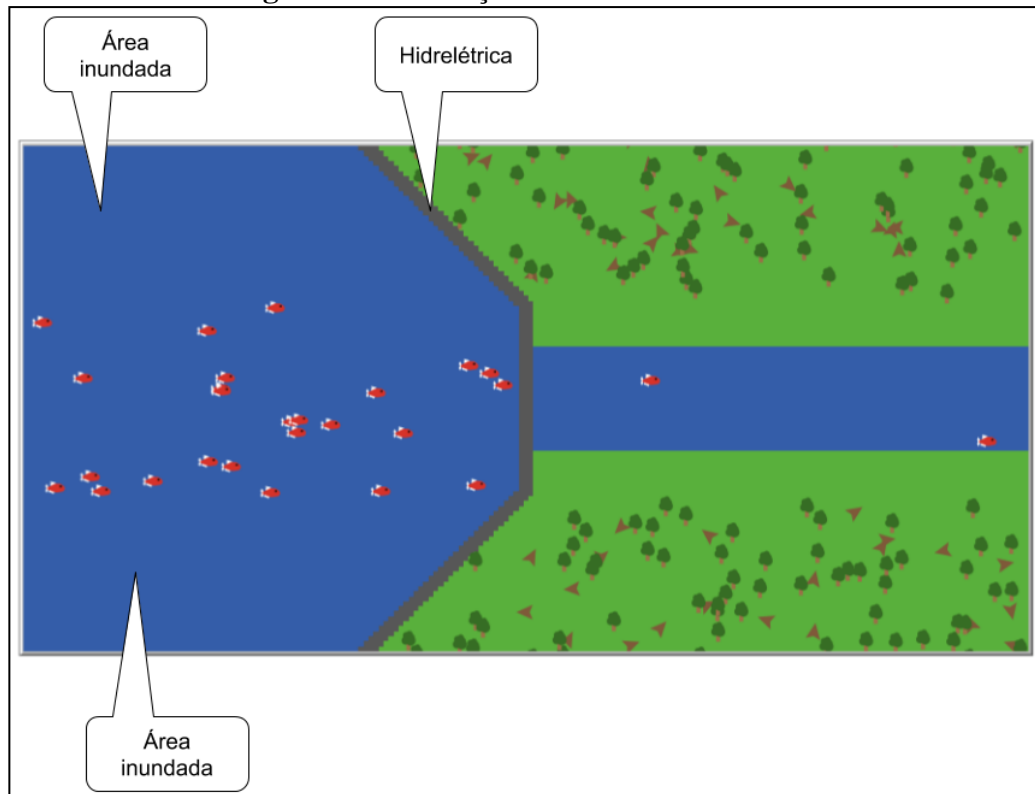
**Fonte:** arquivo pessoal

O ambiente inicial é construído por um rio no qual os peixes nadam, uma floresta composta por espécies de animais terrestres, nesta etapa a hidrelétrica ainda não está construída, pois não apresenta em uma mudança de seu estado natural, Figura 9.

**Figura 9-** Simulação da Hidrelétrica

Fonte: arquivo pessoal

Em seguida temos o ambiente com as mudanças no ambiente devido a hidrelétrica já posta, isso implica na mudança do cenário a qual é introduzida. Desta maneira o ambiente toma uma nova forma, pois certas áreas que antes eram verdes são tomadas pela água que serão representados pela coloração azul.

**Figura 10-** Simulação da Hidrelétrica

**Fonte:** arquivo pessoal

Os *patches* foram utilizados para fazer o ambiente, como por exemplo: Os *patches* que apresentavam uma coloração azul, representavam o rio; aqueles que representavam a coloração verde, mostravam-se com sendo a terra firme. Ao ser ativada a barragem, deveriam mudar o seu estado, de tal maneira que tinha uma coloração marrom, representando a barragem hidrelétrica.

Os animais e a mata nativa, foram representados por *turtles*, que foram adicionados em seus habitats, como os peixes que nadavam pelo rio, as árvores que estavam em terra firme e os animais terrestres que estavam ao redor das árvores. Apresentando um equilíbrio natural entre o ambiente e as espécies presentes, até que isso fosse interrompido no momento que a hidrelétrica é introduzida.

#### 7.4.2- Incêndio na Vila Socó

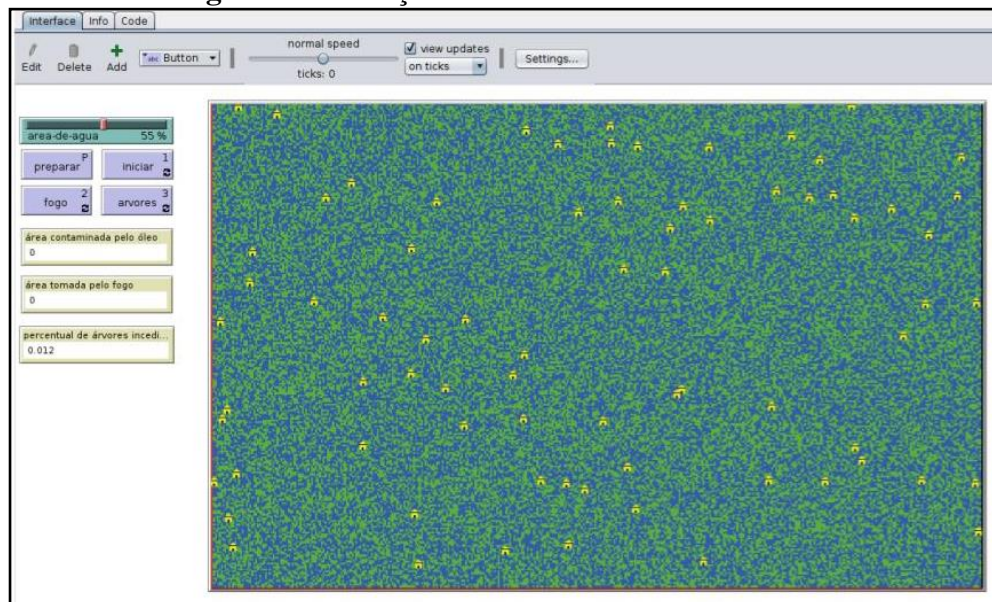
Para a criação desta simulação no NetLogo, equipe B2, usou como base um modelo já presente no NetLogo, o “*Fire Simple*”, esta simulação consiste em representar um incêndio

ocorrendo de forma simplificada. Com base nele os alunos criaram um simulador que pudesse representar a catástrofe ocorrida na Vila Socó.

De início tratou-se logo de preparar o cenário, no qual representa uma região de mangue onde ao redor de mesmo há a presença de água e casas que representariam a Vila Socó. Para representar este ambiente, foram introduzidos aleatoriamente *turtles* com cor verde para representar mangue, aqueles que apresentavam cores azuis, a água ao redor do mangue e em amarelo as casas.

Assim o ambiente de Simulação apresentado na interface foi composta por botões que podem iniciar e manusear a execução dos eventos. O observador é aquele que vai controlar o momento tanto do derramamento de gasolina quanto o incêndio. A Figura 11 apresenta a tela inicial da simulação:

**Figura 11-** Simulação do Incêndio Vila Socó



**Fonte:** arquivo pessoal

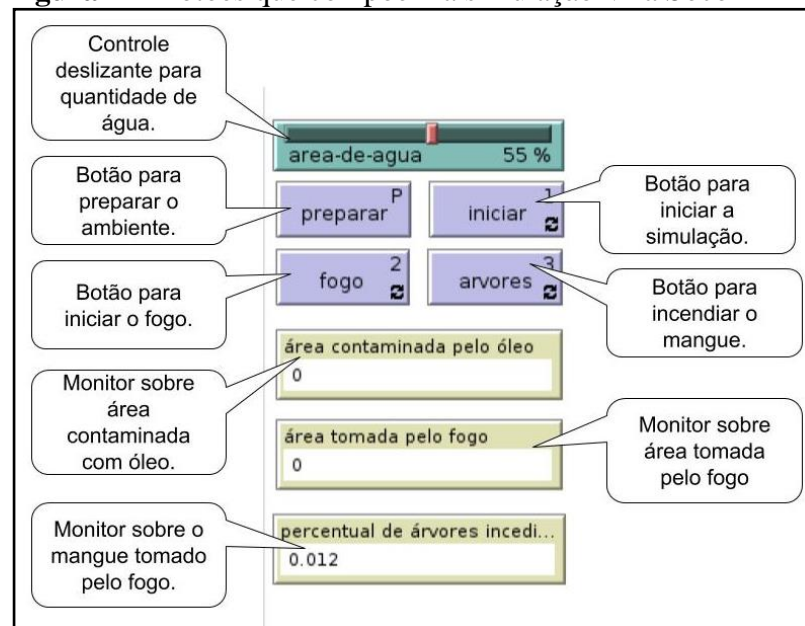
Os controles presentes na interface regem o rumo da simulação, dessa forma, foi possível a escolha dos acontecimentos dos eventos de acordo com o que é decidido pelo agente Observador. Além dos botões, há também deslizantes para que possa ser testado cenários com características distintas e monitores representando numericamente as mudanças de estado entre os agentes. Esses elementos são:

1. *Preparar*: Organiza e limpa o ambiente para uma nova simulação;
2. *Iniciar*: Inicia os acontecimentos da simulação, por meio do derramamento de gasolina na superfície aquática;

3. *Fogo*: Este botão dá início ao incêndio que percorre pela região contaminada com gasolina;
4. *Árvores*: Incendia o mundo rodeado pelas chamas de fogo;
5. *Água contaminada pelo óleo*: É um monitor que representa a região tomada pela gasolina, por meio no número de agentes que sofrem mudanças de estado;
6. *Área tomada pelo fogo*: Monitor que representa a região em que o fogo se alastrou por meio da gasolina, é representado numericamente por meio no número de agentes que sofrem mudanças de estado;
7. *Percentual de árvores*: Trata-se de um monitor que, representa a quantidade de árvores sendo incendiadas;
8. *Area-de-agua*: Controla por meio de um botão deslizante a quantidade de água presente no ambiente para a simulação;

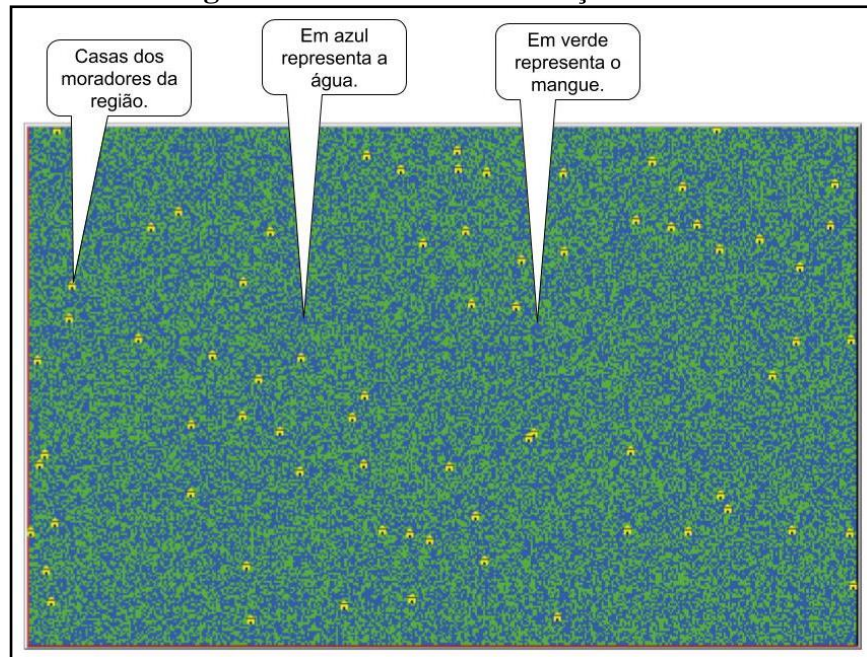
Podemos ver esses elementos com mais detalhes na figura a seguir:

**Figura 12-** Botões que compõem a simulação Vila Socó



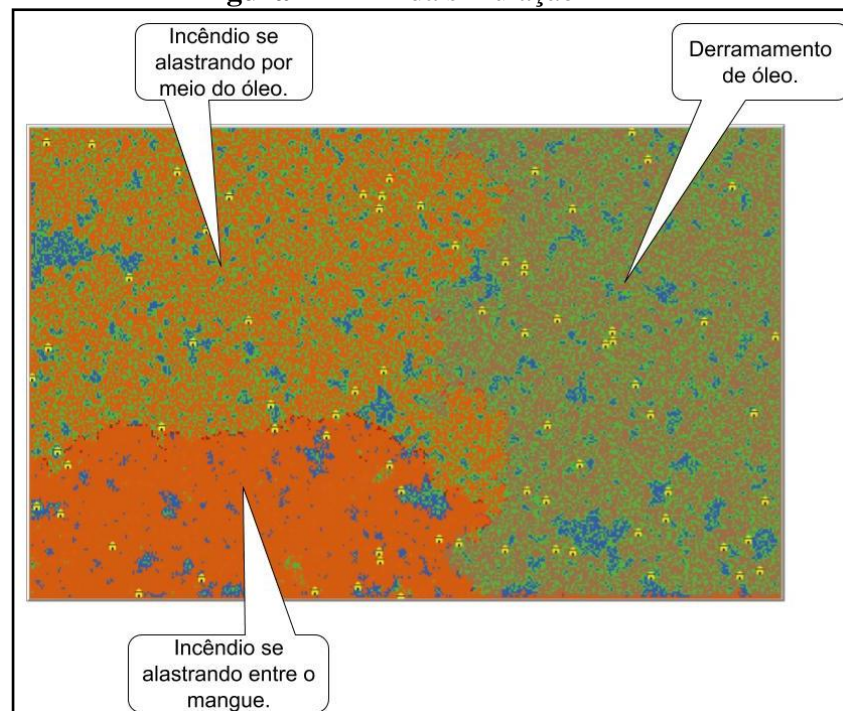
**Fonte:** arquivo pessoal

No ambiente da simulação, de início temos um cenário no qual temos uma superfície com agentes em cores azul e verde aparecendo de forma aleatória, representado a água do local e o mangue respectivamente, os pontos em amarelos são as casas. É importante ressaltar que, a quantidade de água no ambiente pode ser manipulada de acordo com a vontade do observador. A Figura 13 apresenta esse local:

**Figura 13-** ambiente de simulação

Fonte: arquivo pessoal

Após o início da simulação esse cenário muda por completo, pois temos a gasolina que é espalhado pela região com água e logo em seguida o fogo que é alastrado pela região contaminada e conseguintemente as árvores também. Como apresentado nas figuras a seguir:

**Figura 14-** Fim da simulação

Fonte: arquivo pessoal

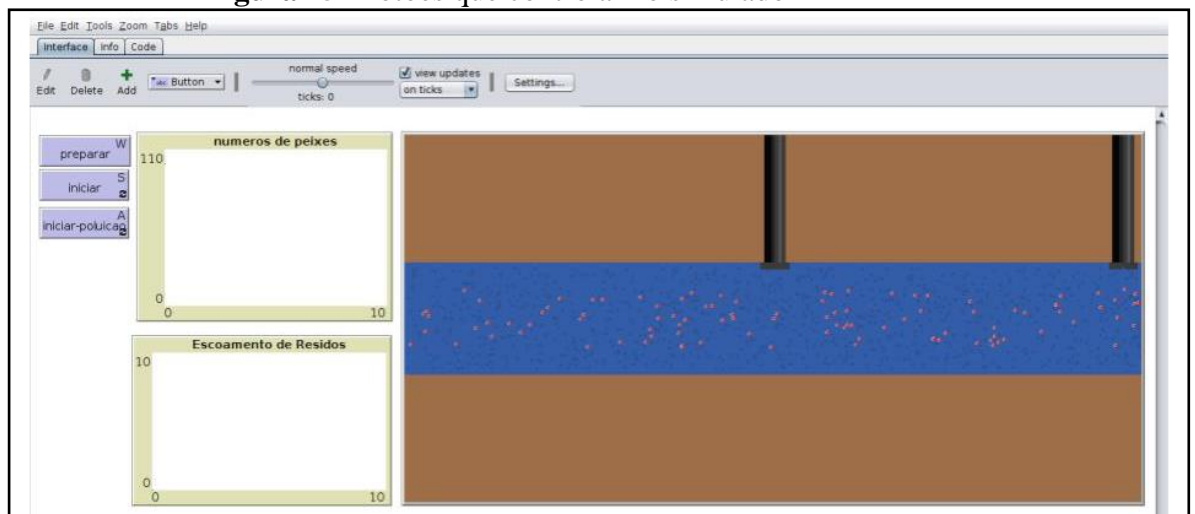
Para que fosse simulado a um derramamento de gasolina, foram introduzidas linhas nos extremos do eixo x, uma ao ser ativado iria alterando o estado das *turtles* que deixariam de ser azul, representando a água, para se tornar marrom representando a gasolina. Tendo um evento em cadeia, sendo repassado de uma *turtle* para outro, na condição de que estejam em contato físico. Após este processo, a mesma ocorre com o incêndio, porém a distinção é que desta vez isso ocorrerá com a gasolina, onde o fogo se alastrará pelo combustível da mesma forma que a gasolina se espalhou pela água.

#### 7.4.3- Mortalidade de Peixes no rio Lontra

Nesta etapa a equipe C1, atentou seria construída a simulação, além de tentar encontrar em como seria aplicado as variáveis, desta maneira tratou-se em introduzir uma maneira que fosse criado uma relação entre as variáveis.

Para a criação do cenário no NetLogo foi colocado um retângulo azul que ia de um extremo ao outro do eixo x e delimitado em um certo intervalo no eixo y, para representar o rio Lontra. Essa representação foi feita por meio dos *patches*, que foram determinados a possuírem cor azul. Para as duas margens foi determinado que os *Patches* teriam coloração marrom, com exceção de alguns que determinaram os tubos para o escoamento dos resíduos de esgotos. Nesta Simulação o ambiente foi mostrado em uma interface que possuem botões que iniciam e monitoram a execução dela. A Figura 15 apresenta a tela inicial da simulação:

**Figura 15-** Botões que controlam o simulador



**Fonte:** arquivo pessoal

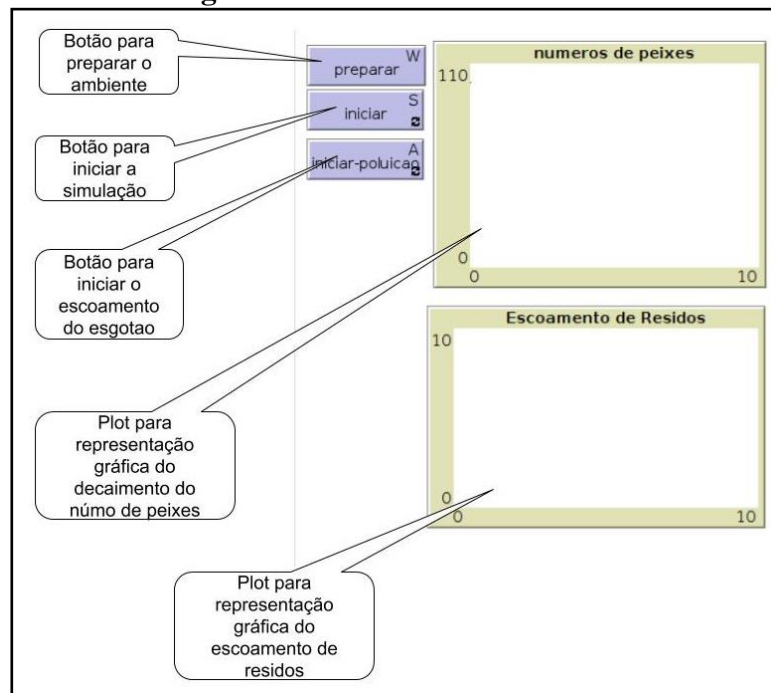


Os elementos principais presentes na tela são os botões, *plots* e o cenário, estes possuem as seguintes funções:

1. *Preparar*: Limpa e organiza o ambiente;
2. *Iniciar*: Põe em movimento o ambiente
3. *Iniciar-poluicao*: São adicionados elementos variantes que representa a poluição presente no local
4. *Numero de peixes*: Trata-se de um plot que representa graficamente a população de peixes no local.
5. *Escoamento de esgoto*: Representa por meio de gráfico a quantidade que esgoto escoado no local.

A figura a seguir representa isso:

**Figura 16-** Elemento do simulador



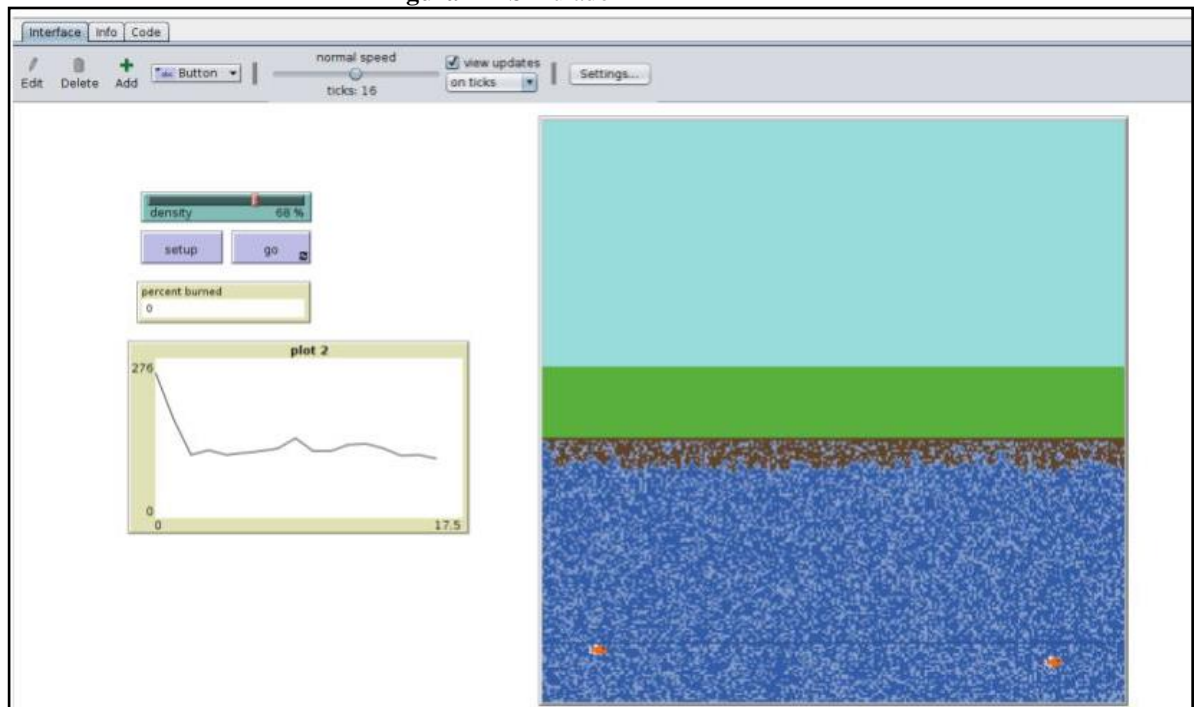
**Fonte:** arquivo pessoal

As variáveis adicionadas foram duas espécies distintas de *turtles*, uma representando os peixes e outras o escoamento de esgoto. A relação atribuída a simulação que os *turtles* deveriam apresentar seria a seguinte: De acordo com uma certa distância que os peixes se encontram no esgoto pode provocar as mortes dos mesmos. Isso impactaria direto no equilíbrio no ambiente.

#### 7.4.4- Impactos do óleo Lubrificante

Nesta simulação a equipe A2, apresentou um pequeno trecho de um rio. Para a definição de alguns comandos usou como base o modelo presente na galeria do NetLogo chamado “Fire Simples”. Primeiramente tratou-se de criar o cenário, esse ambiente foi constituído por um rio onde o óleo lubrificante deveria ser jogado e um solo que serviria como o ponto inicial da poluição. O rio ficaria entre os extremos do eixo x e um intervalo no eixo y, tal como o solo. Esta simulação apresenta em sua interface um conjunto de elementos compostos por botões para preparar e iniciar a simulação. Além, é claro, de um *plot* com gráfico, e um monitor que apresenta numericamente a quantidade de óleo. Assim como mostrado na figura:

**Figura 17-** Simulador



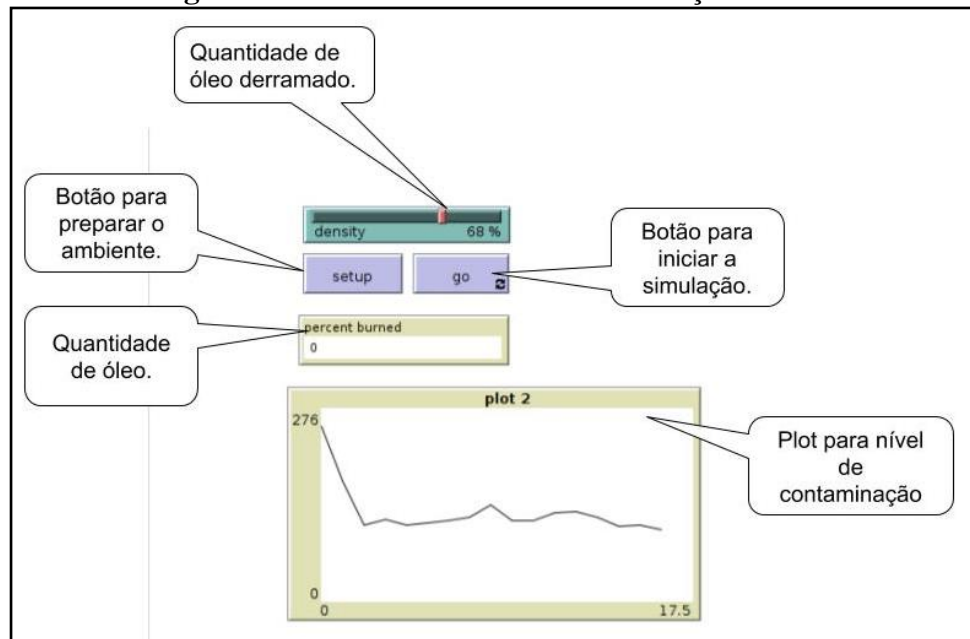
**Fonte:** arquivo pessoal

Os principais elementos presentes na simulação são os botões, *plot*, controle deslizante e o monitor. Eles possuem as seguintes funções:

1. *Setup*: Prepara o ambiente pra uma nova simulação;
2. *Go*: Inicia a simulação e o espalhamento do óleo;
3. *Plot 2*: Representa a quantidade de água dura;
4. *Density*: Controla a quantidade e água a ser poluída
5. *Percente burned*: Mostra a quantidade de área sendo tomada

A Figura 18 mostra os botões de controle da simulação:

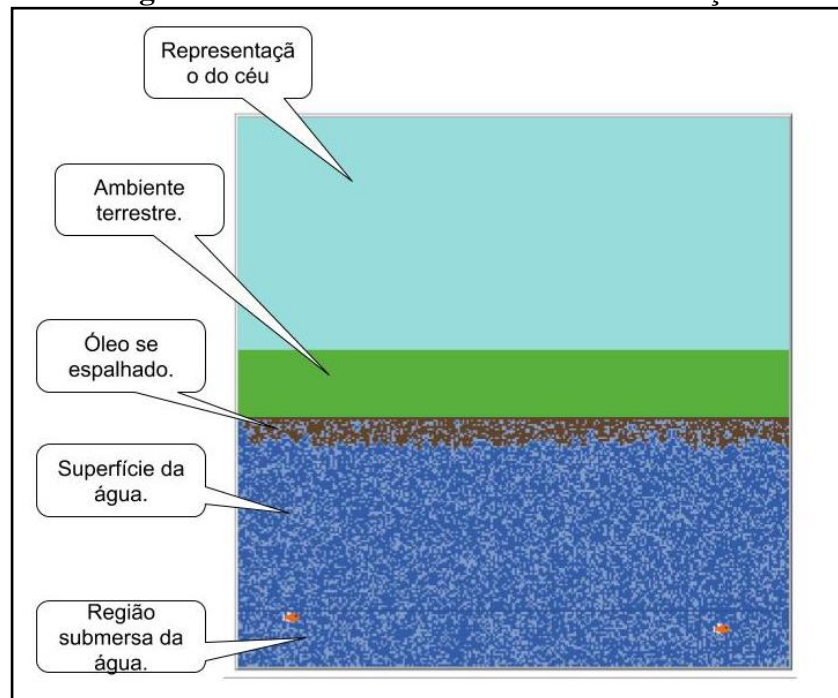
**Figura 18-** Botões de Controle da Simulação



**Fonte:** arquivo pessoal

Quando a simulação é iniciada as mudanças de estados em alguns agentes deixam de ser água para se tornarem óleo, ou seja, perdem a coloração azul para se tornarem marrom, dando o efeito que há óleo se espalhado.

**Figura 19-** Elementos do Ambiente de Simulação



**Fonte:** arquivo pessoal

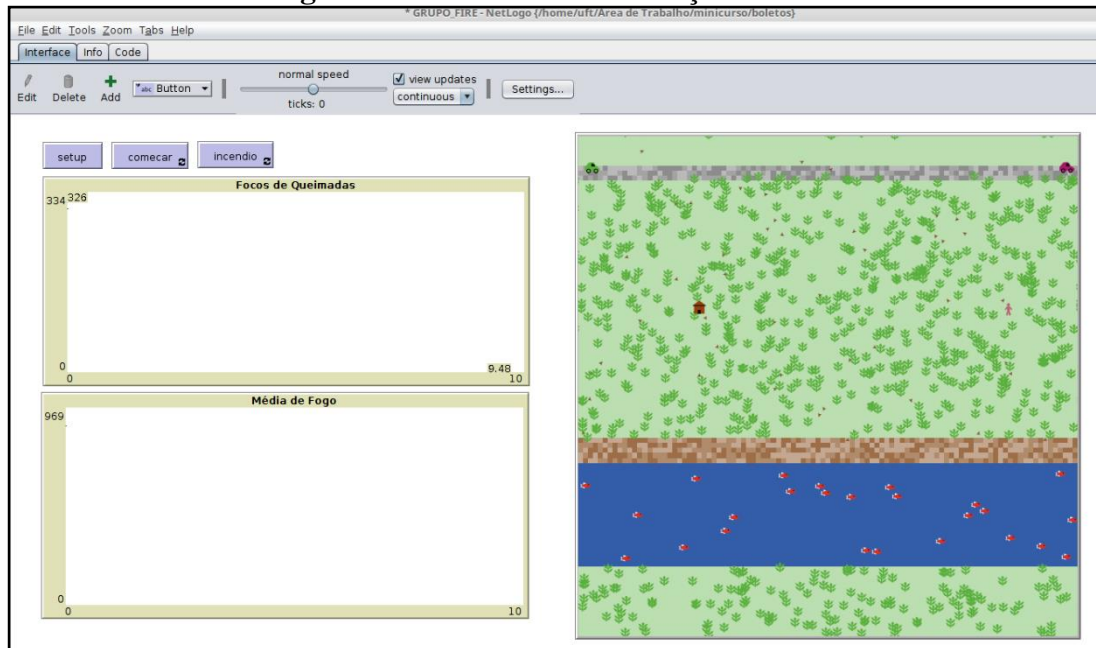
Na superfície do rio foram adicionados vários *turtles* aleatoriamente com formatos de quadriláteros em tons de azuis, para serem discretos na representação do rio. A partir de uma linha fixada no final do solo iniciava a poluição de gasolina. Assim como no modelo “Fire Simple”, o lubrificante queimado se espalharia pelos *patches* alterando o status deles, por meio das cores que deixariam de ser azul, para se tornar marrom como o óleo.

#### 7.4.5- Incêndio no Tocantins

Neste trabalho, para aplicar a simulação por meio do NetLogo, a equipe B2 trabalhou inicialmente em criar um ambiente no qual ocorreria a execução da simulação. Esse cenário apresentou os principais aspectos do que foi proposto na estrutura de simulação.

Como um dos principais focos do estudo tratou-se de analisar os incêndios que podem iniciar de um pequeno foco, o cenário criado foi próximo a uma rodovia. Foi criada uma região de floresta no ambiente do NetLogo, por meio da manipulação dos *Patches*, que é representado pela cor verde. Ao lado da mata foi introduzida uma rodovia, pela qual passam vários carros. A simulação que apresenta na sua interface um conjunto de elementos compostos por botões e *plots* com gráfico, ficou como a mostrada na figura:

**Figura 20- Ambiente de Simulação**



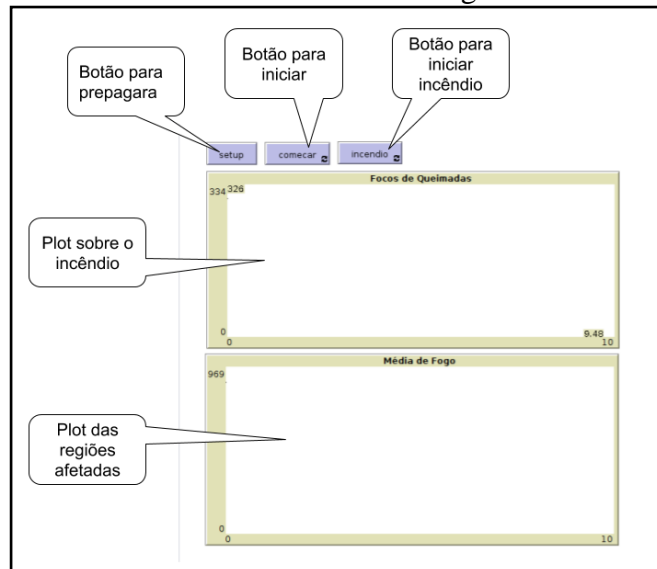
**Fonte:** arquivo pessoal

Os elementos presentes na interface são:

1. *Setup*: Botão para criar e limpar o ambiente

2. *Começar*: Inicia a simulação
3. *Incêndio*: Botão para iniciar os focos do fogo
4. *Focos de queimadas*: Plot que representa graficamente do aumento do número de queimadas
5. *Media do fogo*: trata-se de um plot que representa as áreas queimadas

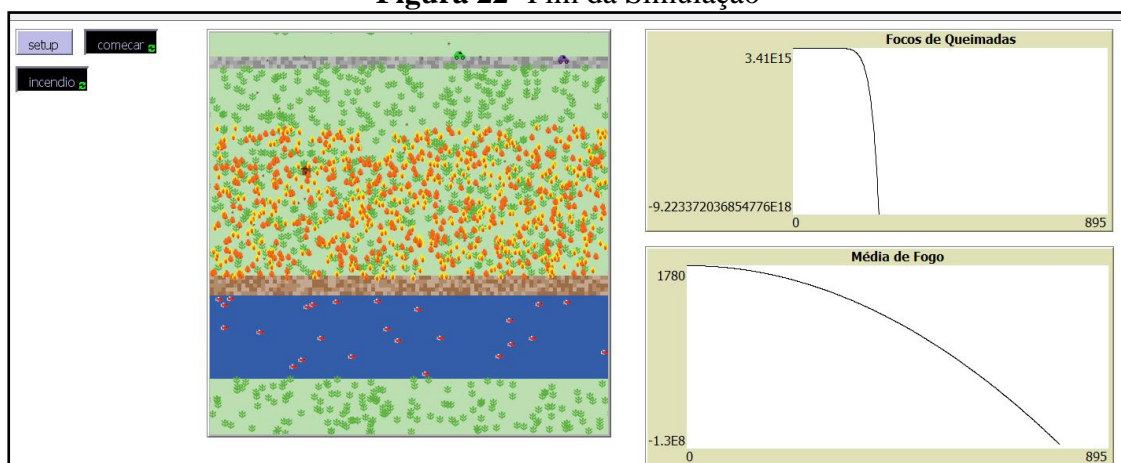
**Figura 21-** Botões de Controle e visualizadores gráficos do simulador



**Fonte:** arquivo pessoal

Ao ser iniciada a simulação, temos a mudança de estados de alguns agentes para dar a sensação de que vemos uma cena animada, na verdade isso dar-se pelos comandos postos.

**Figura 22-** Fim da Simulação



**Fonte:** arquivo pessoal

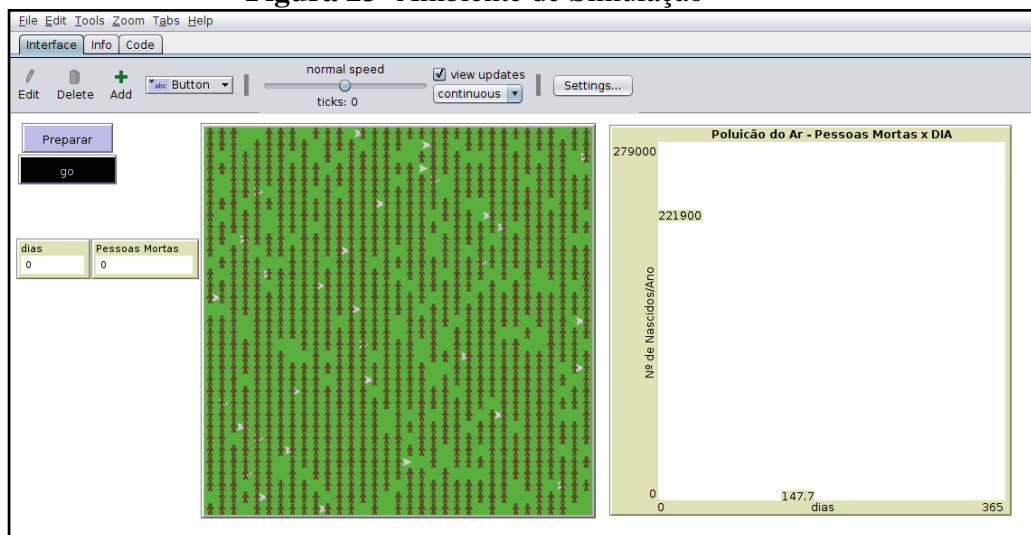
O *turtle* principal nesta simulação foi o fogo, que surge a partir de um foco que se espalhara por toda a área de floresta, incendiando tudo ao seu redor.

#### 7.4.6- Poluição do Ar

Este foi criado para representar, por meio de uma simulação aplicada no NetLogo, os danos causados pela poluição atmosférica. Devido a este modelo não possuir uma escala, tratou-se apenas de uma visão intuitiva.

A introdução no *software* Netlogo, não trabalhou a criação de um cenário, visto que este, não apresentava um ambiente específico. Desta maneira, a simulação se limitou apenas na inserção das variáveis. Essas variáveis foram, os seres humanos, poluição no ar e o tempo. Esta simulação tem uma interface bastante simples com um conjunto de elementos compostos por botões e monitor. Além, é claro, de um *plot* com gráfico, o monitor apresenta numericamente a quantidade de pessoas morrendo e o tempo. Assim como mostrado na figura:

**Figura 23-** Ambiente de Simulação



**Fonte:** arquivo pessoal

Os elementos que compõe a interface, são:

1. *Preparar*: Este botão é responsável por limpar o cenário para uma nova simulação;
2. *Go*: Inicia a simulação;
3. *Dias*: Monitor que mostra os dias passando;
4. *Pessoas mortas*: Mostra o número de mortalidade;
5. *Poluição do r Ar – Pessoas Mortas*: Apresenta em forma de gráfico a relações entras variáveis.

A relação que foi definida entre as variáveis, foi a seguinte: De acordo em como a poluição do ar vai seguindo no decorrer do tempo, o número de pessoas que são mortas pelos

isso, aumenta linearmente. Desta maneira, a medida que o tempo passa, pessoas morrem, criando uma relação entre as variáveis.

#### 7.4.7- Sínteses da implementação dos simuladores

Para obtermos uma visão mais sintética, o quadro abaixo apresenta um resumo com relação a implementação da simulação.

**Quadro 6- Implementação dos Simuladores**

Alunos	Implementação do Simulador
<b>A1</b>	Conceitos matemáticos aplicados no código. Estados, atributos e comportamentos definidos aos agentes. Definição dos comandos executados pelos botões. Estabelecimento das relações representadas graficamente por meio dos <i>plots</i> .
<b>B1</b>	Definições de estados, atributos e formas de comportamento por parte dos agentes. Comandos determinados exclusivamente para os botões. Relações entre as variáveis por meio de uma representação de gráficos matemáticos.
<b>C1</b>	Determinações de estados, propriedades, aparência e relações. Definições de relações entre aos comandos nos códigos e os controles na interface. Exibições das quantificações dos dados, por meio de <i>plots</i> , apresentando a matemática.
<b>A2</b>	Determinações das tarefas, modos de interações, estados e relações. A determinação das funções para cada botão. A representação das relações por meio de gráficos.
<b>B2</b>	Disposições de estado, aparência, interações e relacionamentos. Funções para os botões e <i>plots</i> . Representações matemáticas usando gráficos.
<b>C2</b>	Determinação dos botões e suas funções.

**Fonte:** arquivo pessoal

### 7.5- Análise dos Simuladores Criados

Neste processo os simuladores serão testados e analisados. Esta etapa é uma das mais importantes pois ao fazer a análise o modelador pode aprender com a simulação, de tal maneira, que esse conhecimento servirá para criações futuras.

As equipes fizeram os testes para as simulações para determinar se apresentavam uma boa funcionalidade. Para todas as equipes os produtos finais foram bastante satisfatórios, apresentando o funcionamento que os membros do grupo esperavam.

Foram realizados *checkup* nos códigos de programações, para averiguar se haveria certos erros ou equívocos na programação da simulação. Pois, como tratavam-se de produtos que serviriam como avaliação para a disciplina de Educação Ambiental, era importante que os simuladores conseguissem representar o que havia sido proposto inicialmente pelas equipes.

Para termos uma visão ampla de uma maneira que determinássemos se os acadêmicos conseguiram criar um simulador funcional e depois se a partir dele fosse possível determinar se esses modelos envolvidos no simulador eram baseados em agentes.

**Quadro 7-** Checklist para determinar a funcionalidade do simulador e modelos baseados em agentes

Alunos	Formulação da pergunta	Reunião de hipóteses	Escolha da estrutura do simulador	Implementação do simulador	Análise do simulador
A1	X	X	X	X	X
B1	X	X	X	X	X
C1	X	X	X	X	X
A2	X	X	X	X	X
B2	X	X	X	X	X
C2	X	X	X		X

**Fonte:** arquivo pessoal

Para a análise realizada com relação a se as simulações se tratam de modelos baseados em agentes, representado no quadro acima, dessa forma saber que equipes conseguiram criar um modelo e quais não. Em suma a maioria conseguiu, exceto a equipe C2, pois alcançou os resultados esperados com relação a implementação do simulador, apresentando uma relação



confusa entre as variáveis (agentes), o que impossibilitou a interação entre os agentes, implicando, dessa forma, que por definição não se tratava de um modelo baseado em agentes, pois os mesmos não interagiam entre se.

## 7.6- Validação de um Modelo Baseado em Agentes

Um Modelo Baseado em Agentes, engloba toda uma gama de indivíduos autônomos chamados de agentes, esses agentes integram com outras entidades e com o próprio ambiente. De acordo em como os agentes são programados, devem seguir regras que são introduzidos a eles. Estas definem o comportamento e estados. As interações no modelo, pode causar alterações no estado e comportamento de indivíduo. (WILENSKY; RAND 2015) (RAILSBACK; GRIMM, 2012) (VÁZQUEZ; CAPARRINI, 2018).

A partir dessa definição analisou-se os modelos das equipes A1, B1, C1, A2 e B2. Como na etapa de validação de que se os projetos se tratavam de modelos, a simulação da equipe C2 não correspondeu aos critérios, ela ficou de fora desta etapa, pois não correspondia ser um modelo baseado em agentes. Apesar de ser uma simulação, afinal nem toda a simulação é pautada em modelos baseados em agentes.

Os produtos produzidos por A1, B1, C1, A2 e B2, correspondem a uma simulação e, pela definição, são modelos baseados em agentes, isso pelo fato de haver agentes e eles interagirem entre si em pró de um objetivo.

Essas equipes, apresentaram simulações no NetLogo com agentes que estavam inseridos em um mundo virtual, interagindo de maneira dinâmica. A equipe A1, como tratou de simular os impactos causados pela hidrelétrica de Belo Monte, os agentes foram: Os *turtles* ação os animais, peixes e arvores, os *patches* foram a barragem, rio, terra firme. Já a B1 usou: Os *turtles* mangue, água, gasolina e fogo. A equipe C1, tinha como agentes: Os *turtles* eram os resíduos de esgoto e os peixes; os *patches* foram o rio, a terra firme e os tuneis de esgoto. Na A2, os *turtles* foram a água, peixes e óleo; como *patches* foram a terra firme e céu. Por fim, na B2 os agentes usados foram: *turtles* foram arvores, fogo, carros, casas e pessoas; os *patches* eram terra firme estrada e rio. Esses agentes se interagem para termos como resultado a simulação baseadas nessas interações.

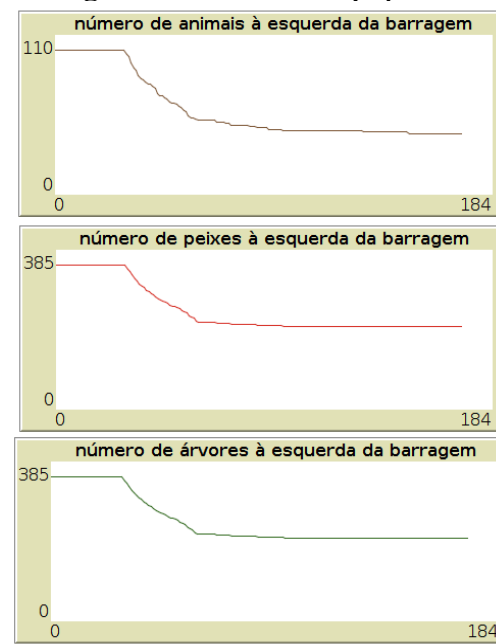
Portando como todos apresentaram agentes que apresentaram relações como o ambiente e eles próprios, pode-se determinar as simulações como sendo de um modelo baseado em agentes. Por apresentar as características necessárias para esta condição.

## 7.7- Validação Matemática

## 7.8- Gráficos

A Equipe A1 e C1 apresentaram um gráfico que pudesse corresponder a quantidade de animais presentes no ambiente virtual. B2 representou o aumento do incêndio em uma determinada floresta e A2 o óleo se espalhando pela superfície da água. Esses chegaram os seguintes gráficos:

**Figura 24-** Gráficos Equipe A1

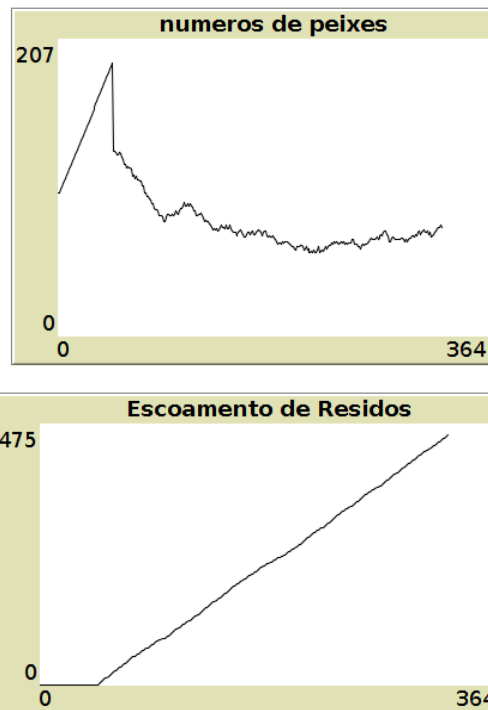


Fonte: arquivo pessoal

A equipe A1 optou por apresentar três gráficos, que cada uma tem relação com uma das variáveis apresentadas no modelo, sendo essas: animais terrestres, peixes e árvores. O gráfico é animais mortos por tempo de alagamento.

*Equipe C1:*

**Figura 25-** Gráficos Equipe C1

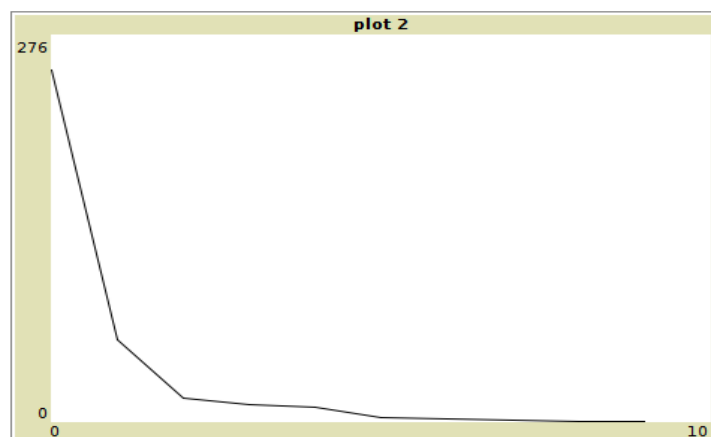


**Fonte:** arquivo pessoal

Na representação gráfica produzida pela equipe C1, por meio do modelo desenvolvido, mostramos a relação presente entre o início do escoamento de esgoto e os números de peixes. As variáveis que foram trabalhadas são: o esgoto escoado, os peixes e o tempo.

*Equipe A2:*

**Figura 26-** Gráfico Equipe A2

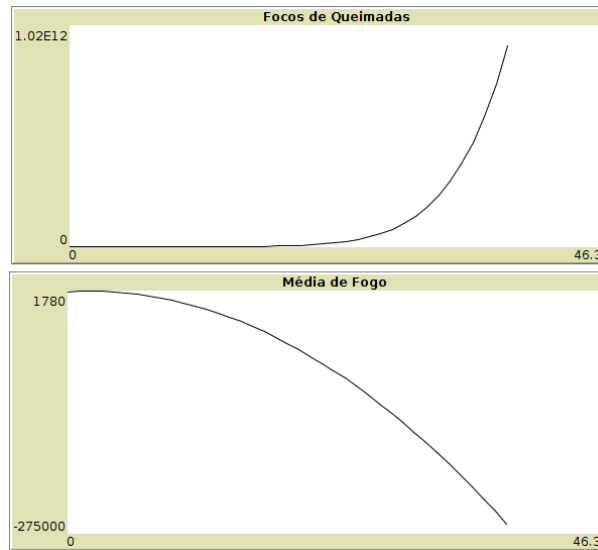


**Fonte:** arquivo pessoal

A equipe A2 representou em seu modelo por meio de gráfico, a poluição da superfície da água por meio do óleo lubrificante. Usando as variáveis: água pura, óleo lubrificante e o tempo presente na contaminação.

*Equipe B2:*

**Figura 27-** Gráficos Equipe B2



**Fonte:** arquivo pessoal

Para representar os gráficos que seguissem a proposta do modelo, a equipe B2 focou em representar o alastramento do fogo de um incêndio por meio de focos que se espalham pelo ambiente. Apesar do equívoco ocorrido nas nomenclaturas, pois que deveria ser as “áreas sem fogo”, no lugar de “Média de fogo”, o gráfico consegue apresentar a relação entre as variáveis, que foram: o fogo, espaço e tempo.

## 7.9- Matemática

Todos os gráficos representam as relações entre os agentes dentro do modelo, essas ações são quantificadas e representadas em um plano cartesiano. Assim, pode-se analisar de um ponto de vista amplo o que está acontecendo na simulação, por mais que não seja visível aos olhos.

De fato, pois dessa maneira pode-se interpretar a realidade de um ponto de vista generalizado. Mas para que essa generalização possa ser estendida para valores imensos e de grande importância a conversão da relação entre as variáveis presentes nos gráficos para uma representação baseada em equações.

Este processo de analogia é característico da Modelagem Matemática, na qual pode-se modelar um problema de tal maneira que determinamos uma equação que represente os resultados e sirva para previsões futuras.

Quando tratamos de resultados para o futuro, nos referimos ao próprio tempo. Ao analisar os modelos produzidos pelos estudantes da disciplina de Educação Ambiente, fica evidente que uma variável que está presente nos modelos é o tempo. No NetLogo o tempo é apresentado de maneira discreta, ficando a critério do modelador de terminar o espaço de tempo. Pois podem ser minutos, horas, dias, meses, anos e assim por diante.

Bassanezi (2016, p. 23), afirma que, “a formulação matemática depende da escolha que se faz em relação à **continuidade** ou não das variáveis observadas”. Para a produção dos gráficos no NetLogo as equipes utilizaram o tempo como a variável independente.

Como trata-se de variáveis, pois o tempo pode apresentar valores infinitos, pode-se definir uma equação que aplicando em uma função pode-se determinar os gráficos em um plano cartesiano.

Com esta premissa ao invés de usar funções para produzir gráficos dos eventos que ocorreriam, desta vez deveria determinar uma função que pudesse corresponder para a criação dos gráficos. Então, como é possível evidenciar a equação específica que corresponderia ao que está sendo simulado no NetLogo? É importante lembrar que segundo Wilensky e Rand (2015), a Modelagem Baseada em Agentes por meio do NetLogo, produz os dados e informação que o modelador precisa, representado em formato de uma simulação animada que pode ser representado em gráficos ou monitores, porém não evidencia a representação em formato de uma equação, ficando apenas nos bastidores da simulação.

Para representar esses bastidores, serão evidenciadas as funções que determinam a lei de formação de cada gráfico. Partindo de uma definição com relação a variável presente nos gráficos que é o tempo, este que pode tentar ao infinito, e “se modifica durante o processo” (BASSANEZI, 2016, p. 23).

Como estamos tratando de um espaço de tempo finito, temos um conjunto de elementos igualmente finitos. Quando se tem um conjunto finito de dados observados, dizemos que este conjunto *discreto* corresponde a uma sequência finita de valores  $\{x_n\}_{1 \leq n \leq k} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ . (BASSANEZI, 2016, p. 23). De fato, pois se a variável  $x$  pode assumir todos os valores reais intermediários entre os valores discretos da sequência, dizemos que  $x$  é uma *variável contínua*.

No processo de modelagem, como afirma Bassanezi (2016, p. 24), “quando se tem uma tabela de dados (experimentais ou não)  $x_n$ , isto é, valores da variável  $x_n$ , o que se procura essencialmente é determinar a função  $f$  de modo que  $x_n = f(n)$ ”. Analisando um

gráfico de dispersão podemos observar que existe uma região onde grande parte dos pontos estão aglomerados.

Quando tratamos de matematização, estamos tratando de aproximações que iram ser convertidas em equações. Dessa maneira, temos que usar métodos para determinar a convergência de sequência  $\{x_n\}_{n \in \mathbb{N}}$  e variações de  $x_n$ . Para que seja definida estabilidade para que seja possível analisar o seu comportamento futuro. Bassanezi (2016, p. 24) “uma sequência é convergente para  $x^*$  e escrevemos  $x_n \rightarrow x^*$ , se  $x_n$  se aproxima de  $x^*$  quando  $n$  for muito grande”.

Assim podemos saber a linha de convergência, e que essa linha se aproxima de uma função que seja uma média entre os pontos de aproximação entre eles. Por meio do Excel foi tabelado os dados em intervalos discretos. Como trata-se de uma análise matemática inicial, foram escolhidos apenas um gráfico de cada de cada modelo das equipes, para não se alongar tanto. Da equipe A1, foi escolhido o gráfico que representa a quantidade de animais após a introdução da barragem.

O gráfico da quantidade de animais apresenta uma recaída com relação ao número a quantidade de agentes. Ao observarmos o gráfico é possível perceber isso, por antes da barragem era uma constate, porém após começa a decair até se estabilizar, podem contida em decaimento.

**Figura 28-** Gráfico Número de animais x tempo



**Fonte:** arquivo pessoal

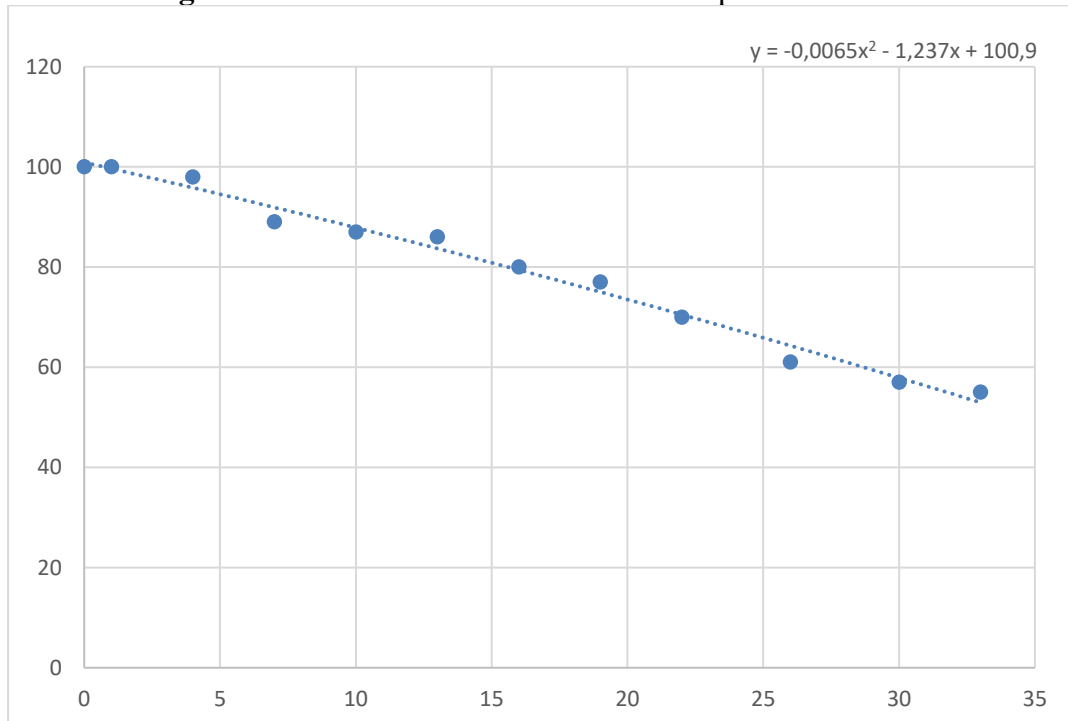
Por meio dos dados obtido a partir do gráfico, pode-se criar uma tabela com os seguintes valores:

**Tabela 1-** Dados do número de pessoas x tempo

TEMPO	QUANTIDADE DE ANIMAIS (EM %)
0	100
1	100
4	98
7	89
10	87
13	86
16	80
19	77
22	70
25	61
28	57
31	55

Fonte: arquivo pessoal

Colocamos esses valores no Excel para ajudarmos tais dados a uma curva de tendência e, assim, obtermos uma equação. A figura a seguir mostra o resultado:

**Figura 29-** Gráfico com curva de tendência plotada no Excel

Fonte: arquivo pessoal

Quando os pontos forem determinados no Excel para criamos uma lei de formação que poderia definir para onde os pontos estavam convergindo, encontrou-se a seguinte equação:

$$f(x) = -0,0065x^2 - 1,237x + 100,9$$

Na qual  $x$  é a variável tempo, e irá determinar os futuros estados dos apresentados pelos agentes. Assim nos foi possível fazer uma síntese das simulações geradas pelos grupos que escabecem dentro do modelo baseado em agentes uma possibilidade de estabelecermos equações.

**Quadro 8-** Síntese do Sobre a Aplicação do Conteúdo Matemático

Alunos	Não apresentou conceitos Matemáticos	Apresentou conceitos Matemáticos na Programação	Apresentou conceitos Matemáticos na relação entre agentes
<b>A1</b>		<b>X</b>	<b>X</b>
<b>B1</b>			<b>X</b>
<b>C1</b>			<b>X</b>
<b>A2</b>			<b>X</b>
<b>B2</b>	<b>X</b>		
<b>C2</b>	<b>X</b>		

**Fonte:** arquivo pessoal

Ao vislumbramos o Quadro 8 fica perceptível que apenas uma equipe a A1 conseguiu utilizar conceitos Matemática em ambos os níveis tanto na construção dos códigos, quanto em evidenciar as relações por parte dos agentes. As equipes B1, C1 e A2 conseguiram mostrar por meio de gráficos, as relações que eram realizadas pelos estudantes.

Por meio dos gráficos foi possível analisar as relações estabelecidas pelas variáveis como, por exemplo, no gráfico produzido pelo modelo da equipe C1, presente na Figura 25, é possível perceber a relação presente entre o escoamento de esgoto e a mortalidade dos peixes. Dessa maneira, foi possível averiguar os impactos ambientais de um determinado evento por meio de uma Simulação Baseado em Agentes.

### **7.10- Análise Matemática por meio de uma Perspectiva Crítica**

As simulações foram produzidas durante a disciplina de Educação Ambiental, porém é importante lembrar que se trata de um curso de licenciatura em Matemática, logo contextos



de aplicações conceituais matemáticas, em nosso entendimento, são relevâtes. Ao ser produzido um modelo baseado em agentes, as interações e mudanças de estados por parte dos indivíduos, podem ser quantificados.

Pelo NetLogo há conceitos matemáticos aplicados de maneira implícita, como no próprio código/programação dessa ferramenta. Nos processos de relações entre indivíduos, quando os agentes interagem, podem evoluir com seleção a sua posição atual. Estas mudanças ocorrem em intervalos de tempo discreto. A relações do tempo com as mudanças de estados ou variáveis, podem ser quantificadas e representados em gráficos. Por exemplo: se o desmatamento da floresta amazônica aumenta anualmente, será produzido um gráfico da diminuição das arvores presentes na amazônica pelo tempo de desmatamento.

Embora a representação gráfica seja interessante pelo poder visual que eles têm e sua facilidade em mostrar certos conceitos matemáticos como, por exemplo, crescimento e decrescimento de função matemática, é interessante buscarmos os estudos de equações pelos gráficos obtidos.

Segundo Railsback e Grimm (2012), quando o método mais eficiente da modelagem era por meio do cálculo diferencial, tinha-se que produzir modelos que fossem simples para que pudessem ser solucionados. Essa era uma das maiores limitações que a modelagem baseada em equações apresentava. Porém na Modelagem Baseada em Agentes essa limitação não existe, pois, o foco são os agentes que obedecem a instruções específicas. Desta maneira, analisa-se o problema a partir de uma perspectiva interna. Isso implica, na possibilidade de modelar de sistemas simples até sistemas complexos. Assim, podemos compreender como as informações produzidas no mundo virtual podem implicar no mundo real, mediante uma visão crítica. Pois um modelo baseado em agente aplicado no NetLogo gera uma simulação, esta em intervalos discretos constrói um possível futuro. É bom lembrar que as previsões, nada mais são do que construções de possíveis futuros da realidade.

De fato, o futuro construído é um possível reflexo do real, desta forma, se relacionamos a uns fenômenos correspondentes a desastres socioambientais, podemos tomar providências antes que aquele futuro possa se concretizar. Além, de haver a possibilidade de compreender as reais causas ou culpados. Os gráficos apresentados podem nortear as interpretações acercadas realidade, juntamente com a visão ampla que a simulação proporcional.

Portanto para que haja uma concepção matemática de uma perspectiva crítica, por meio da Modelagem Baseada em Agentes, se faz importante uma serie de pontos de vistas

distintos, sejam eles, de uma visão interna da situação analisando as partes, ou de uma visão externa, mediante ao todo. De fato, essas perspectivas tornam-se ferramentas de análises que podem se complementar para alcançar uma consciência crítica.

## 8- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso estudo partiu do questionamento de: *como se constitui a autoria de discentes, na disciplina de Educação Ambiental, que usam o NetLogo em uma perspectiva da Modelagem Baseada em Agentes?* Ao respondê-la observou-se que a autoria dos discentes da disciplina de Educação Ambiental, mesmo que voltada à produção de simulações baseadas em agentes de problemas ambientais nos mostrou que há grupos de alunos que produziram simulações em que não representavam modelos baseados em agentes, outros não conseguiram entrelaçar os conceitos matemáticos à simulação de problemas ambientais, mas houve os discentes que mostraram uma matemática a partir das interações entre os agentes e até reconhecendo a matemática no código da programação do *software* NetLogo para estabelecerem as interações entre os agentes.

Desse ponto de vista ao executar um modelo no Netlogo é apresentado uma simulação do evento modelado. Isso trouxe à tona uma nova indagação, que consiste em estudar as possibilidades de estabelecer uma relação que possa apresentar claramente a transição da Simulação Baseada em Agentes para Modelagem Baseada em Agentes, por meio do NetLogo.

De fato, para os discentes do curso de licenciatura em matemática da Universidade Federal do Tocantins, o conhecimento matemático pode ser aplicado na disciplina de Educação Ambiental, por meio da produção de Simulações Baseada em Agentes usando o NetLogo. Ressaltamos que as aplicações se dão em níveis distintos do uso da matemática.

Uma simulação trata-se do produto de um modelo aplicado em um *software* computacional, o ato de modelar por meio de uma perspectiva matemática é compreender o a realidade de um ponto de vista sistemático. Pela definição de modelo, segundo Wilensky e Rand (2015), trata-se de uma representação simplificada da realidade, pois no processo de construção de um modelo, são desconsideradas variáveis irrelevantes para solucionar a problemática estudada. Desta maneira, a análise como relação ao objeto de estudos torna-se melhor direcionada.

A Modelagem Baseada em Agentes propõe, para o ensino da Matemática, uma nova perspectiva de analisar um conjunto de elementos do objeto de estudo para resolver uma determinada problemática, na qual no lugar de modelar a realidade de maneira generalizada, tomando o resultado geral e aplicando todos os indivíduos individualmente, investiga-se cada

elemento presente dentro do conjunto, mediante aos seus aspectos distintos pode-se produzir resultados diferentes dos quais poderiam ser obtidos se fosse feito de maneira geral.

Esses elementos são denotados como agentes, que apresentam interações tanto com o próprio indivíduo, quanto o ambiente que o circunda. Logo, gera, desta maneira, um sistema de relações complexas que permite analisar desde um microambiente, até um de proporções macro.

No NetLogo essas relações, entre agentes, podem ser representadas por meio de gráficos bidimensionais, que quantificam as mudanças de estados que ocorrem em cada intervalo de tempo discreto. Os gráficos gerados, seguem as quantificações de dados computados para determinar as relações em coordenadas no plano cartesiano. Se existe um gráfico de descreve uma série de comportamentos, então existe uma lei de formação e função que determina as relações entre as entidades, por mais que seja uma investigação por partes.

Além do mais, proporciona uma leitura de mundo, minimalista ou não, acerca do que é apresentado visualmente no gráfico, por mostrar como as relações entre agentes pode implicar diretamente em mudanças de estados. Isso partido de uma análise sistematizada por uma concepção minimalista.

Agora partindo de uma perspectiva de análise crítica por meio de uma concepção detalhista, investigando não apenas os dados produzidos, mas também o contexto social e socioambiental. Levando em conta que a ABM, estuda as partes de um todo. Torna-se relativamente mais significativo compreender o comportamento dos agentes, quando se conhece suas motivações. Desta maneira, poderá compreender a dimensão dos impactos dos fenômenos, além do que é apresentado na simulação, partindo para uma leitura que leva em consideração não apenas a interpretação só da matemática, mas também de uma perspectiva de matemática crítica.

Portanto, evidenciar os conceitos matemáticos relacionados aos gráficos produzidos no NetLogo com a Modelagem Baseada em Agentes, por meio de interpretações. Não devem estar vinculadas apenas a uma percepção de análise sistemática, visto que tratava se uma disciplina de Educação Ambiental, mas deve ir além, por meio de uma leitura de mundo crítica. Que possa associar as quantificações matemáticas com os impactos causados ao meio ambiente, além de entender quais as possibilidades de implicações dos fenômenos no mundo real.

Pensar por uma perspectiva crítica contribui para uma leitura aprofundada de mundo, esse pensar se faz meio de modelos, pois nos ajudam a tomar decisões melhores decisões.

Desse ponto de vista a ABM proporciona uma perspectiva complexo e ampla, e o NetLogo permite interpretar criar condições matemáticas para leitura de mundo crítico, criando um entrelaçamento entre Matemática, Modelagem Baseada em Agentes, Simulação Baseada em Agentes e pensamento crítico, para estudos de fenômenos de crises ambientais para estudá-los no ensino superior.

Conclui-se, assim, que trabalhar com a Modelagem Baseada em Agentes para a construção de simulações de problemas ambientais é muito eficaz para se discutir a Educação Ambiental, pois os alunos focam em contar a história do problema ambiental pelo simulador, se pautando em fontes de informações conseguem expressar pela simulação a dificuldade ambiental que acontece em determinadas condições, contudo o mesmo não ocorre em relação a apresentação dos conceitos matemáticos envolvidos tanto na construção do simulador quanto no problema que é simulado. Assim uma possibilidade para melhorar tal situação é priorizar a relação entre o entrelaçamento dos saberes matemáticos e da educação ambiental, dando ênfase no que ocorre matemática com o ambiente quando o mesmo é agredido de forma insustentável pelas ações da humanidade.

## REFERENCIAS

ALLEN, Theodore T.. **Introduction to Discrete Event Simulation and Agent-based Modeling: Voting Systems, Health Care, Military, and Manufacturing**. England, United Kingdom: Springer London Ltd, 2011. 215 p.

BANOS, Arnaud; LANG, Christophe; MARILLEAU, Nicolas. **Agent-based Spatial Simulation with NetLogo: Introduction and Bases**. Great Britain: Iste Press; United States: Elsevier Ltd, 2015.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. São Paulo: Contexto, 2002. 389 p.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Temas & Modelos**. Santo André: Universidade Federal do Abc, 2016.

BONABEAU, Eric. Agent-Based Modeling: Methods and Techniques for Simulating Human Systems. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America**, v. 99, n. 10, p.7280-7287, 22 May 2002. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/3057854>>. Acesso em: 09 nov. 2019.

BORDA, Orlando Fals. **Aspectos teóricos da pesquisa participante: considerações sobre o significado e o papel da ciência na participação popular**. In: BRANDÃO, Carlos Rodrigues (org.) **Pesquisa participante**. São Paulo: Brasiliense, 1981. p. 42-62.

BRASIL. Decreto-lei no 9.795, de 27 de abril de 1999. **Subchefia para Assuntos Jurídicos: Da educação ambiental**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm). Acesso em: 15 de dez. 2018.

CALDEIRA, Ademir Donizeti. **Educação matemática e ambiental: um contexto de mudança**. 1998. nv. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/252564>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

COSTA, Daniana de; PONTAROLO, Edilson. INTEGRANDO SIMULAÇÕES NETLOGO E MODELAGEM MATEMÁTICA PARA A PRÁTICA DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO DE MATEMÁTICA. **VII Congresso Internacional de Ensino da Matemática – Ulbra**, Canoas. out. 2017. Disponível em: <<http://www.conferencias.ulbra.br/index.php/ciem/vii/paper/viewFile/6434/2960>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

FAN, Fernando Mainardi; BRAVO, Juan Martin; COLLISCHONN, Walter. Modelagem baseada em agentes para a simulação da dispersão de poluentes em cursos

d'água. **Eng Sanit Ambient**, v. 21, n. 4, p.739-746, out/dez 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n4/1809-4457-esa-21-04-00739.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

GILBERT, Nigel; TROITZSCH, Klaus G.. **Simulation for the Social Scientist**. 2. ed. Milton Keynes, United Kingdom: Open University Press, 2005. 312 p.

HAMILL, Lynne; GILBERT, Nigel. **Agent-Based Modelling in Economics**. Guildford, United Kingdom: Wiley-blackwell, 2016.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

МЕЗЕНЦЕВ, К. Н. **МУЛЬТИАГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ NETLOGO**: Учебное пособие. Санкт-Петербург, Россия: Издательство “Лань”, 2015. 176 p.

OLIVEIRA, Rosiska Darcy de; OLIVEIRA, Miguel Darcy de. **Pesquisa social e ação educativa**: conhecer a realidade para poder transformá-la. In: BRANDÃO, Carlos Rodrigues (Org.). **Pesquisa participante**. São Paulo: Brasiliense, 1984. p. 17-33.

PAGE, Scott E.. **The Model Thinker**: What You Need to Know to Make Data Work for You. New York, United States: Ingram Publisher Services Us, 2019. 448 p.

RILSBACK, Steven F.; GRIMM, Volker. **Agent-Based and Individual-Based Modeling**: a pratica introduction. Princeton: Princeton University Press, 2012.

VÁZQUEZ, Juan Carlos García.; CAPARRINI, Fernando Sancho. **NetLogo: Una herramienta de modelado**. London: Culturaplex: Cultural Complexity And Digital Humanities, 2018.

VIDAL, José M. **Fundamentals of Multiagent Systems**: with NetLogo Examples. Columbia, United States: University of South Carolina, 2012. Disponível em: <<http://jmvidal.cse.sc.edu/papers/mas.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2019.

WILENSKY, U. NetLogo. **Centerfor Connected Learning and Computer-Based Modeling**. Northwestern University. Evanston, IL, 1999. Disponível em: <<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>>. Acesso em: 26 nov. 2019.

Wilensky, Uri. NetLogo **Fire Simple** model.. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern Institute on Complex Systems, Northwestern University, Evanston, IL, 2006. Disponível em: <<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/FireSimple>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

WILENSKY, Uri; RAND, William. **An Introduction to Agent-Based Modeling: Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo.** Cambridge, Mass., United States: Mit Press, 2015. 504 p.

WOOLDRIDGE, Michael J.. **An Introduction to MultiAgent Systems.** 2nd ed. Torquay, England: John Wiley & Sons Ltd, 2009.

ZEIGLER, Bernard P.; MUZY, Alexandre; KOFMAN, Ernesto. **Theory of Modeling and Simulation: Discrete Event and Iterative System Computational Foundations.** 3. ed. Cambridge, United States: Academic Press, 2018. 692 p.