

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA  
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**GISELE FURTADO**

**APLICAÇÃO DE UM SISTEMA MULTIAGENTE PARA REDUÇÃO DO  
DESPERDÍCIO DE COPOS DESCARTÁVEIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2015**

**GISELE FURTADO**

**APLICAÇÃO DE UM SISTEMA MULTIAGENTE PARA REDUÇÃO DO  
DESPERDÍCIO DE COPOS DESCARTÁVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação do Departamento Acadêmico de Informática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Gleifer Vaz Alves

**PONTA GROSSA**

**2015**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Ponta Grossa  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### APLICAÇÃO DE UM SISTEMA MULTIAGENTE PARA REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO DE COPOS DESCARTÁVEIS

por

GISELE FURTADO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 26 de maio de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Gleifer Vaz Alves  
Orientador

---

Profª Drª Helyane Borges  
Membro titular

---

Prof. Dr. Ionildo José Sanches  
Responsável pelos Trabalhos  
de Conclusão de Curso

---

Prof. MSc. Denis Lucas Silva  
Membro titular

---

Prof. Dr Gleifer Vaz Alves  
Coordenador do curso

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho à minha família pelo  
apoio nesses quatro anos de curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, saúde, determinação e sabedoria para superar todas as dificuldades durante esses anos.

Aos meus pais, Osmael e Lucilena, pelo amor, incentivo e por não desistirem de mim e nem dos meus sonhos.

Ao meu noivo Robson, pelo apoio, amor, companheirismo e compreensão nos momentos difíceis.

A minha amada avó Elena, pelo amor, carinho e ensinamentos.

Ao meu orientador Gleifer, por toda a dedicação, suporte e paciência em me conduzir no desenvolvimento do trabalho.

A todos os meus amigos que fiz no decorrer do curso, por estarem presentes em momentos de desespero, alegrias e desânimo.

Aos demais professores pela contribuição para a minha formação pessoal e profissional.

E aos meus amigos que mesmo na distância sempre estiveram presentes.

“Que os vossos esforços desafiem as  
impossibilidades, lembrai-vos de que as  
grandes coisas do homem foram  
conquistadas do que parecia impossível”.  
(CHAPLIN, Charles)

## RESUMO

FURTADO, Gisele. **Aplicação de um Sistema Multiagente para Redução do Desperdício de Copos Descartáveis.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015.

Atualmente, um dos fatores mais discutidos pela sociedade brasileira é a questão da reciclagem, pois cada brasileiro produz grande quantidade de lixo onde nem sempre estes resíduos recebem o destino apropriado. Empresas, escolas e universidades por possuírem alta concentração de pessoas, apresentam um consumo considerável de materiais recicláveis. Diariamente no Restaurante Universitário de uma Universidade Federal localizada no interior do estado do Paraná são utilizados copos descartáveis para servir bebidas nos horários de refeições para aproximadamente 900 pessoas. São cerca de 18 mil copos por mês, totalizando 216 mil copos no período de um ano. Diante de contextos como este, estima-se que a situação ambiental (especificamente, em termos de reciclagem) no país seja um problema. No entanto, tecnologias e abordagens computacionais vêm sendo utilizadas para auxiliar no planejamento e tomadas de decisões para diferentes soluções do problema. A exemplo destas abordagens destaca-se os Sistemas Multiagentes (SMA), os quais possuem aplicações em diversas áreas, inclusive na ambiental. O objetivo desse trabalho é realizar a simulação de um Sistema Multiagente que possa ser aplicado no estudo de caso do Restaurante Universitário, a fim de contribuir com o processo de redução do desperdício de copos descartáveis. Para isto, foi construído um modelo utilizando a Metodologia Tropos e foram realizadas diversas simulações por meio da ferramenta NetLogo. Um dos resultados obtidos é o impacto da influência social no ambiente simulado, mostrando a influência entre diferentes grupos sociais. No caso, os grupos principais dividem-se entre aqueles indivíduos que fazem um uso racional do recurso e aqueles que desperdiçam o recurso. Ressalta-se que o modelo do SMA desenvolvido se caracteriza como um modelo capaz de ser estendido para então ser aplicado a outros tipos de recursos, não se limitando a copos descartáveis.

**Palavras-chave:** Agentes. Sistemas Multiagentes. Metodologia Tropos. Copos Descartáveis. Simulação de Sistemas Multiagentes.

## ABSTRACT

FURTADO, Gisele. **Application of a MultiAgent System to Reduce the Waste of Disposable Cups.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Federal Technology University - Parana. Ponta Grossa, 2015.

Nowadays, one of the most discussed subjects in Brazilian society is recycling, because each Brazilian produces a large amount of trash which not always receive the proper destiny. Industry, schools and universities have a huge amount of persons that use their installations, such as restaurants, offices, rooms, and so on. With this, there is a reasonable consume of recyclable material. Daily at the University Restaurant of a Federal University localized at the countryside of the state of Parana disposable cups are used to serve beverage in the mealtime of about 900 people. About 18 hundred cups are used per month, summing up to 216 hundred cups in a year., With this, we may wonder that environmental situation (in terms of recycling) in our country is a problem. However, technologies and computing approaches are being used to help the planning and decision making of different solutions. One example of these approaches is MultiAgent Systems (MAS), which can be applied in several areas, including environmental. The aim of this work is to simulate one MultiAgent System which can be applied in the case study of the University Restaurant, in order to contribute with the process of reducing the waste of disposable cups. Our approach the Tropos Methodology was applied in order to obtain a corresponding model. Besides, the NetLogo tool was used by means of generate several computation simulations from the corresponding environment. One of the major results is the impact of social influence in the environment, showing the influence between different social groups. In our work, the two main groups is divided into those people that make a reasonable use of a resource and those other people that waste a resource. Yet we shall highlight that our MAS model could be extended in order to cope with different kinds of resources, while not being restricted to disposable cups.

**Keywords:** Agents. MultiAgents Systems. Tropos Methodology. Disposable Cups. MultiAgents Simulation.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Princípios para se alcançar o desenvolvimento sustentável .....	14
Figura 2 - Exemplo de um agente interagindo em seu ambiente.....	19
Figura 3 - Arquitetura de agentes cognitivos .....	22
Figura 4 - Fases da metodologia MaSE .....	25
Figura 5 - Conceitos da fase de Análise da metodologia GAIA .....	27
Figura 6 - Componentes básicos da metodologia GAIA.....	28
Figura 7 - Visão geral da metodologia Prometheus dividida em fases .....	29
Figura 8 - Elementos de modelagem com $i^*$ .....	31
Figura 9 - Tipos de relacionamento de dependência entre atores no $i^*$ .....	32
Figura 10 - Associações e representação de agentes, papéis e posições .....	34
Figura 11 – Ligações de meios-fins.....	35
Figura 12 - Ligações de decomposição de tarefas .....	35
Figura 13 - Divisão das fases da metodologia Tropos .....	41
Figura 14 - Modelos disponibilizados pela ferramenta NetLogo .....	45
Figura 15 - Modelo de Reciclagem do NetLogo.....	47
Figura 16 - Agente Reciclador .....	50
Figura 17 - Agente Não Reciclador .....	51
Figura 18 - Agente Neutro.....	51
Figura 19 - Modelo $i^*$ de Dependência Estratégica dos Requisitos iniciais .....	52
Figura 20 - Modelo $i^*$ de Razão Estratégica para o agente Reciclador .....	53
Figura 21 - Modelo $i^*$ de Razão Estratégica para o agente Não Reciclador .....	54
Figura 22 - Modelo $i^*$ de Razão Estratégica para o agente Neutro .....	55
Figura 23 - Ator RU .....	56
Figura 24 - Ator Semestre.....	56
Figura 25 - Agente Colaborador Interno.....	57
Figura 26 - Agente Colaborador Externo .....	57
Figura 27 - Modelo $i^*$ de Dependência Estratégica dos Requisitos Finais .....	58
Figura 28 - Modelo $i^*$ de Razão Estratégica dos Requisitos finais para o agente Reciclador .....	59
Figura 29 - Modelo $i^*$ de Razão Estratégica dos Requisitos finais para o agente Não Reciclador .....	60
Figura 30 - Modelo $i^*$ de Razão Estratégica dos Requisitos finais para o agente Neutro .....	61
Figura 31 - Modelo $i^*$ de Razão Estratégica dos Requisitos finais para o ator RU ...	62
Figura 32 - Modelo $i^*$ de Razão Estratégica dos Requisitos finais para o ator Semestre .....	63
Figura 33 - Modelo $i^*$ de Razão Estratégica dos Requisitos finais para o agente Colaborador .....	64
Figura 34 - Protótipo do estudo de caso elaborado na ferramenta Netlogo .....	65

Figura 35 - Protótipo desenvolvido na ferramenta Netlogo Parte A.....	65
Figura 36 - Protótipo desenvolvido na ferramenta Netlogo Parte B.....	67
Figura 37 - Processo de mudança de grupo social .....	68
Figura 38 - Ambiente final referente à entrada 1 .....	73
Figura 39 - Ambiente final referente à entrada 2 .....	74
Figura 40 - Ambiente final referente à entrada 3 .....	75
Figura 41 - Ambiente final referente à entrada 4 .....	77
Figura 42 - Ambiente final referente à entrada 5 .....	78
Figura 43 - Ambiente final referente à entrada 6 .....	79
Figura 44 - Ambiente final referente à entrada 7 .....	81
Figura 45 - Ambiente final referente à entrada 8 .....	83
Figura 46 - Ambientes finais referente à entrada 9.....	84
Figura 47 - Ambiente final referente à entrada 10 .....	86
Figura 48 - Ambiente final referente à entrada 11 .....	88
Figura 49 - Ambiente final referente à entrada 12 .....	89
Figura 50 - Ambiente final referente à entrada 13 .....	91

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico referente ao cenário da entrada 1 .....	73
Gráfico 2 - Gráfico referente à população da entrada 1 .....	73
Gráfico 3 - Gráfico referente ao cenário da entrada 2 .....	74
Gráfico 4 - Gráfico referente à população da entrada 2 .....	75
Gráfico 5 - Gráfico referente ao cenário da entrada 3 .....	76
Gráfico 6 - Gráfico referente à população da entrada 3 .....	76
Gráfico 7 - Gráfico referente ao cenário da entrada 4 .....	77
Gráfico 8 - Gráfico referente à população da entrada 4 .....	77
Gráfico 9 - Gráfico referente ao cenário da entrada 5 .....	78
Gráfico 10 - Gráfico referente à população da entrada 5 .....	79
Gráfico 11 - Gráfico referente ao cenário da entrada 6 .....	80
Gráfico 12 - Gráfico referente à população da entrada 6 .....	80
Gráfico 13 - Gráfico referente ao cenário da entrada 7 .....	82
Gráfico 14 - Gráfico referente à população da entrada 7 .....	82
Gráfico 15 - Gráfico referente ao cenário da entrada 8 .....	83
Gráfico 16 - Gráfico referente à população da entrada 8 .....	83
Gráfico 17 - Gráficos referente ao cenário da entrada 9 .....	85
Gráfico 18 - Gráficos referente à população da entrada 9 .....	85
Gráfico 19 - Gráfico referente ao cenário da entrada 10 .....	86
Gráfico 20 - Gráfico referente à população da entrada 10 .....	87
Gráfico 21 - Gráfico referente ao cenário da entrada 11 .....	88
Gráfico 22 - Gráfico referente à população da entrada 11 .....	88
Gráfico 23 - Gráfico referente ao cenário da entrada 12 .....	90
Gráfico 24 - Gráfico referente à população da entrada 12 .....	90
Gráfico 25 - Gráfico referente ao cenário da entrada 13 .....	91
Gráfico 26 - Gráfico referente à população da entrada 13 .....	91

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Definição dos atributos em nível de conhecimento e nível social .....	24
Tabela 2 - Conceitos abstratos e concretos na metodologia GAIA.....	26
Tabela 3 - Entradas referentes às configurações selecionadas para as simulações no Netlogo .....	71

## **LISTA DE SIGLAS**

RU	Restaurante Universitário
SMA	Sistema Multiagente
UFLIP	Universidade Federal localizada no interior do Paraná
SMA-CA	Sistema Multiagente Centrado no Agente
SMA-CO	Sistema Multiagente Centrado na Organização

## **LISTA DE ACRÔNIMOS**

AOSE	Agent Oriented Software Engineering
RePast	Recursive Porous Agent Simulation Toolkit
ROAD	Repast Organization for Architecture and Development
XML	Extensible Markup Language
RUP	Rational Unified Process
PDT	Prometheus Design Tool
JDE	Jack Development Environment

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
1.1 PROBLEMA .....	9
1.2 OBJETIVOS .....	9
1.2.1 Objetivo Geral .....	9
1.2.2 Objetivos Específicos .....	9
1.3 JUSTIFICATIVA .....	10
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	10
<b>2 SUSTENTABILIDADE</b> .....	<b>12</b>
2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	13
2.2 CONSUMO CONSCIENTE .....	15
<b>3 AGENTES INTELIGENTES E SISTEMAS MULTIAGENTES</b> .....	<b>18</b>
3.1 TEORIA DE AGENTES .....	18
3.2 SISTEMAS MULTIAGENTES .....	20
3.3 INFLUÊNCIA SOCIAL EM AGENTES .....	21
3.4 METODOLOGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE AGENTES .....	24
3.4.1 Metodologia MaSE .....	25
3.4.2 Metodologia GAIA.....	26
3.4.3 Metodologia Prometheus .....	28
3.5 A METODOLOGIA TROPOS .....	30
3.5.1 O Framework i* .....	30
3.5.1.1 Modelo de dependência estratégica (SD) .....	31
3.5.1.2 Modelo de razão estratégica (SR) .....	34
3.5.2 Fases da Metodologia .....	36
3.5.2.1 Requisitos iniciais .....	36
3.5.2.2 Requisitos finais .....	37
3.5.2.3 Projeto arquitetural .....	37
3.5.2.4 Projeto detalhado.....	40
3.5.2.5 Implementação .....	41
3.6 MODELOS DE ORGANIZAÇÃO DE SMA .....	42
3.6.1 Steam .....	42
3.6.2 Islander .....	42
3.7 FERRAMENTAS PARA SIMULAÇÃO DE AGENTES .....	43
3.7.1 Swarm .....	43
3.7.2 RePast .....	44
3.7.3 NetLogo.....	44
<b>4 TRABALHOS RELACIONADOS</b> .....	<b>46</b>
<b>5 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA TROPOS</b> .....	<b>49</b>
5.1 REQUISITOS INICIAIS.....	49

5.1.1 Modelo de Dependência Estratégica .....	50
5.1.2 Modelo de Razão Estratégica .....	52
5.2 REQUISITOS FINAIS .....	55
5.2.1 Modelo de Dependência Estratégica .....	55
5.2.2 Modelo de Razão Estratégica .....	58
<b>6 DESENVOLVIMENTO DO SMA NA FERRAMENTA NETLOGO .....</b>	<b>65</b>
<b>7 RESULTADOS .....</b>	<b>71</b>
7.1 EXPERIMENTOS .....	71
7.1.1 Configurações sem Influência social .....	72
7.1.1.1 Neutros aleatórios “Off” .....	72
7.1.1.2 Neutros aleatórios “On” .....	76
7.1.2 Configurações com Influência social .....	80
7.1.2.1 Neutros aleatórios “Off” .....	81
7.1.2.2 Neutros aleatórios “On” .....	85
<b>8 CONCLUSÃO .....</b>	<b>92</b>
8.1 TRABALHOS FUTUROS .....	94
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>96</b>
<b>APÊNDICE A - CÓDIGO DESENVOLVIDO NA FERRAMENTA NETLOGO .....</b>	<b>103</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos fatores mais discutidos pela sociedade brasileira é a reciclagem, pois cada brasileiro produz em média 32 quilos de lixo por mês o que totaliza aproximadamente 63 milhões de toneladas por ano (O POVO ONLINE, 2014).

Um exemplo frequente desse desperdício pode ser observado em ambientes como escolas, universidades e empresas, as quais apresentam grande concentração de pessoas e um consumo considerável de materiais recicláveis que nem sempre recebem o destino apropriado.

O Restaurante Universitário (RU) de uma Universidade Federal localizada no interior do Paraná (UFLIP) utiliza diariamente copos descartáveis para servir bebidas nos horários de refeições para aproximadamente 900 pessoas, entre acadêmicos e servidores, são cerca de 18 mil copos por mês, totalizando 216 mil copos por ano. Diante de contextos como este, é possível imaginar a gravidade da situação ambiental do país.

No entanto, há algum tempo tecnologias e abordagens computacionais vêm sendo utilizadas para auxiliar no planejamento e tomadas de decisões para diferentes situações. Simonetto e Löbler (2013), por exemplo, criaram um modelo de simulação computacional para auxiliar gestores ambientais em suas decisões com relação à definição de políticas de reciclagem de resíduos sólidos, bem como avaliar os benefícios do processo no meio ambiente.

Uma abordagem que vem se destacando é a de Sistemas Multiagentes (SMA), a qual possui aplicações em diferentes áreas como, na Ambiental, Ciências Sociais, Biológicas, dentre outras. De acordo com Wooldridgde (2009), SMA são compostos por um conjunto de agentes com capacidades de autonomia, reatividade, pró-atividade e habilidade social, os quais interagem uns com os outros, normalmente pela troca de mensagens através uma rede.

Considerando o desenvolvimento de SMA, surgiu a necessidade da criação de um novo paradigma que envolvesse métodos, modelos e ferramentas específicas para modelar não só as tarefas individuais, mas também as tarefas sociais dos agentes. Foi então, que surgiu a engenharia de software orientada a agentes (AOSE), a qual é responsável por disponibilizar estes recursos.



Entre as metodologias abordadas pela AOSE pode-se citar: GAIA (WOOLDRIDGE; JENNINGS; KINNY, 2000), Prometheus (PADGHAM; WINIKOFF, 2005) e Tropos (BRESCIANI et al., 2001). Dentre as ferramentas de simulação tem-se: RePast (REPAST, 2014) e NetLogo (NETLOGO, 2015). No entanto, optou-se pela aplicação da metodologia Tropos e pelo uso da ferramenta Netlogo, visto que ambas se mostraram adequadas ao propósito do trabalho. Essas ferramentas serão descritas mais detalhadamente no Capítulo 3.

Como mencionado anteriormente, aplicações específicas de SMA já são vistas na área ambiental. Bezirgiannis e Sakellariou (2011), desenvolveram um sistema de gestão chamado de EcoTruck. Este tem por finalidade automatizar a comunicação e a cooperação das partes envolvidas no processo de coleta de papéis recicláveis, bem como otimizar o processo de roteamento dos veículos visando diminuir as distâncias e os custos das viagens. Bousquet et al. (1999) modelaram um sistema para encontrar uma possível solução para gestão de recursos renováveis a longo prazo. Além disso, Bousquet et al. (2002) também desenvolveram jogos educativos para auxiliar no processo de aprendizagem coletiva a gestão dos ecossistemas.

Já Felsen e Wilensky (2007), desenvolveram um modelo na ferramenta NetLogo para simular os diferentes cenários sobre o desperdício e a reciclagem de um recurso natural, o qual pode ser associado a “terra”. Neste modelo, os agentes não recicladores exploram totalmente o recurso, deixando-o como resíduo. Já os agentes recicladores exploram menos o ambiente e ainda gastam energia tentando reciclá-lo. Outra característica do modelo é em relação aos recursos, os quais são regenerados de forma aleatória no ambiente. Esse modelo é interessante pelo fato de mostrar como o ambiente reage a diferentes situações.

Diante do cenário apresentado, destaca-se que o objetivo principal deste trabalho é realizar a simulação de um Sistema Multiagente o qual possa ser aplicado no estudo de caso do RU na UFLIP a fim de contribuir para o processo de redução do desperdício de copos descartáveis. Para a modelagem do problema será utilizada a metodologia Tropos, visto que esta se mostrou adequada principalmente por possuir uma ferramenta de modelagem que contempla as duas fases iniciais que serão aplicadas neste trabalho. As simulações serão realizadas por meio da ferramenta NetLogo, a qual se destacou por sua simplicidade de codificação, ambiente gráfico e disposição clara dos resultados, inclusive para não especialistas.

Almeja-se também que o modelo de simulação do SMA desenvolvido seja abrangente o suficiente para modelar o uso de outros recursos e não fique restrito somente a copos descartáveis.

As principais contribuições que se espera alcançar com o desenvolvimento do trabalho são elencadas a seguir:

- Criação de um modelo relacionado à área de sustentabilidade.
- Aplicação da metodologia Tropos.
- Simulação de um SMA por meio da ferramenta Netlogo.
- Identificação de características sociais nos agentes que pertencem ao SMA.

## 1.1 PROBLEMA

Diante do contexto apresentado destaca-se a seguinte questão: Quais contribuições podem ser obtidas quando um SMA é utilizado para simular um ambiente, onde se almeja diminuir o desperdício de copos descartáveis?

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho estão listados a seguir.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Simular um ambiente por meio de Sistemas Multigentes onde se almeja destacar os possíveis cenários de redução do desperdício de copos descartáveis.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho estão listados a seguir:

1. Coleta dos dados sobre a utilização de copos descartáveis na UFLIP.
2. Criação dos modelos conforme a metodologia Tropos.
3. Desenvolvimento de um modelo para simulação na ferramenta NetLogo que destaque as possibilidades de minimizar o consumo de copos descartáveis.
4. Realizar diferentes simulações do modelo desenvolvido.
5. Analisar e comparar os resultados obtidos.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Considerando que algumas pessoas utilizam copos descartáveis sem ter consciência que sua fabricação emite gases prejudiciais a saúde de toda população e que ainda possuem um processo de decomposição lento, até 450 anos (PORTAL UFG, 2012), torna-se necessário buscar soluções que auxiliem no processo de redução da utilização deste recurso.

Assim, o presente estudo torna-se relevante no sentido de simular um SMA, aplicado ao contexto do RU, o qual possa contribuir com o processo de redução do desperdício de copos descartáveis.

### 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho será organizado da seguinte maneira:

O Capítulo 2 apresenta uma breve explicação sobre Sustentabilidade. A Seção 2.1 relata sobre Desenvolvimento Sustentável. A Seção 2.2 aborda o Consumo Consciente.

O Capítulo 3 apresenta uma visão geral sobre Agentes Inteligentes e Sistemas Multiagentes. A Seção 3.1 aborda a Teoria de Agentes. A Seção 3.2 discorre sobre Sistemas Multiagentes. A Seção 3.3 aborda a Influência Social em Agentes. A Seção 3.4 indica algumas metodologias para o desenvolvimento de agentes, as quais são: MaSE (Subseção 3.4.1), GAIA (Subseção 3.4.2) e

Prometheus (Subseção 3.4.3). A Seção 3.5 apresenta detalhadamente a Metodologia Tropos, a qual será parcialmente utilizada para o desenvolvimento do modelo do trabalho. A seção 3.6 apresenta dois modelos organizacionais: Steam (Subseção 3.6.1) e Islander (Subseção 3.6.2). A Seção 3.7 relata sobre as ferramentas para simulação de agentes: Swarm (Subseção 3.7.1), RePast (Subseção 3.7.2) e NetLogo (Subseção 3.7.3).

O Capítulo 4 aborda os Trabalhos Relacionados. O Capítulo 5 apresenta a aplicação da metodologia Tropos no estudo de caso. O Capítulo 6 apresenta o desenvolvimento do modelo na ferramenta NetLogo. O Capítulo 7 é composto pelos resultados obtidos. O Capítulo 8 apresenta a conclusão do trabalho. Por fim, no Apêndice A é apresentado o código do SMA na ferramenta Netlogo.

## 2 SUSTENTABILIDADE

No Brasil, a questão ambiental se intensifica nos estudos e discursos desde a década de 1960 após o país ter passado por uma fase de forte crescimento urbano. Desde então, uma reflexão acerca do futuro, que se apresenta incerto, leva ao questionamento a participação do homem no planeta (BARBOSA, 2008).

Ao falar sobre a rota de colisão entre o homem e a natureza, surge a necessidade de realçar a noção de sustentabilidade nos dias de hoje. Embora o conceito de sustentabilidade ainda seja objeto de discussão, Cavalcanti (2003) define como “a possibilidade de se obterem continuamente condições iguais ou superiores de vida para um grupo de pessoas e seus sucessores em dado ecossistema”. Já para Satterthwaite (2004) a sustentabilidade ou o desenvolvimento sustentável é “a resposta às necessidades humanas nas cidades com o mínimo ou nenhuma transferência dos custos da produção, consumo ou lixo para outras pessoas ou ecossistemas, hoje e no futuro”.

Santos (2004) verificou que no Brasil existe uma elite de caráter multissetorial que já opera com razoável desenvoltura o conceito de sustentabilidade, identificando nele pelo menos quatro dimensões básicas:

- **Dimensão ética:** Destaca-se o reconhecimento de que o equilíbrio ecológico está em jogo, juntamente com a vida dos demais seres e da própria espécie humana.
- **Dimensão temporal:** Rompe com a lógica do curto prazo e estabelece a necessidade do planejamento de longo prazo.
- **Dimensão social:** Expressa o consenso de que só uma sociedade sustentável pode produzir o desenvolvimento sustentável.
- **Dimensão prática:** Reconhece como necessária a mudança de hábitos de consumo e de comportamentos.

Guimarães e Feichas (2009) relatam que essas dimensões aparecem ora isoladas ora de forma combinada nas várias dinâmicas que informam o processo de construção social do desenvolvimento sustentável. Contudo, ao nomeá-las dinâmicas socioambientais, concebe-as como complementares onde as principais são destacadas a seguir, segundo Sachs (1993):

- **Sustentabilidade ecológica:** Refere-se à conservação e o uso racional do estoque de recursos naturais incorporados às atividades produtivas.
- **Sustentabilidade ambiental:** Refere-se à capacidade de sustentação dos ecossistemas, o que implica na capacidade de absorção e recomposição das agressões derivadas das ações humanas.
- **Sustentabilidade social:** Refere-se ao desenvolvimento e tem por objetivo promover a melhoria da qualidade de vida da população, reduzindo os níveis de exclusão social por meio da adoção de políticas distributivas.
- **Sustentabilidade política:** Refere-se ao procedimento de incluir os indivíduos ao processo de desenvolvimento através da construção da cidadania.
- **Sustentabilidade econômica:** Refere-se à gestão eficiente dos recursos em geral.

A partir desses conceitos, busca-se que em uma situação sustentável o meio ambiente seja perceptivelmente menos degradado, embora se saiba que a degradação é um processo que dificilmente se cessará completamente (CAVALCANTI, 2003).

Quando se fala em sustentabilidade acaba por se discutir sobre desenvolvimento sustentável, consumo consciente entre outras questões ambientais. Portanto, a Seção 2.1 abordará o tema Desenvolvimento Sustentável e a Seção 2.2 abordará Consumo Consciente.

## 2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O crescente desenvolvimento da ciência e da tecnologia provocou uma grande oferta de bens e serviços a qual acarretou um aumento significativo da utilização de recursos, quantidade de resíduos, poluição, deterioração progressiva dos ecossistemas entre outros problemas relacionados às questões ambientais (CARLETTO, 2009). Isto, sem dúvida, é um notável exemplo de sequelas da utilização de novos conhecimentos sem uma prévia consideração dos efeitos colaterais a longo prazo (BURSZTYN, 2001).

Diante deste contexto marcado pela degradação permanente do meio ambiente e do seu ecossistema, torna-se necessário refletir sobre as práticas sociais e a educação ambiental da sociedade (JACOBI, 2003).

O termo desenvolvimento sustentável amplamente divulgado e assimilado a partir da publicação do relatório *Nosso Futuro Comum* em 1987, foi construído em função da necessidade de reorientar as ações humanas em relação à exploração dos recursos ambientais, visando garantir a sobrevivência 'do e no' planeta (CARLETTO, 2009).

O conceito de desenvolvimento sustentável mundialmente conhecido é “O desenvolvimento que satisfaz as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (CMMAD, 1991).

O relatório *Nosso Futuro Comum* também conhecido como *relatório de Brundtland* chamou a atenção entre alguns fatores por definir três princípios básicos a serem cumpridos para alcançar o desenvolvimento sustentável, são eles: Desenvolvimento Econômico, Desenvolvimento Social e Preservação e Conservação Ambiental (BARBOSA, 2008), conforme ilustrado na Figura 1.



**Figura 1 - Princípios para se alcançar o desenvolvimento sustentável**  
Fonte: Adaptado de Barbosa (2008)

Outro documento importante é a “A Carta da Terra”. Esta trás relevantes ressaltos sobre o meio ambiente:

Devemos somar forças para gerar uma sociedade sustentável global baseada no respeito pela natureza, nos direitos humanos universais, na justiça econômica e numa cultura da paz. Para chegar a este propósito, é imperativo que nós, os povos da Terra, declaremos nossa responsabilidade uns para com os outros, com a grande comunidade da vida, e com as futuras gerações. (...) A escolha é nossa: formar uma aliança global para cuidar da Terra e uns dos outros, ou arriscar a nossa destruição e a da diversidade da vida. São necessárias mudanças fundamentais dos nossos valores, instituições e modos de vida. Devemos entender que, quando as necessidades básicas forem atingidas, o desenvolvimento humano será primariamente voltado a ser mais, não a ter mais. Temos o conhecimento e a tecnologia necessários para abastecer a todos e reduzir nossos impactos ao meio ambiente. O surgimento de uma sociedade civil global está criando novas oportunidades para construir um mundo democrático e humano. Nossos desafios ambientais, econômicos, políticos, sociais e espirituais estão interligados, e juntos podemos forjar soluções includentes. (A Carta da Terra, 2000).

Embora se saiba que o desenvolvimento sustentável é um processo de aprendizagem em longo prazo (BARBOSA, 2008), é preciso abandonar o modelo atual de desenvolvimento e buscar um que respeite a natureza, pois “a sustentabilidade não é mero modismo ou uma utopia inalcançável, mas uma necessidade para a sobrevivência do planeta Terra” (GOMES, 2006).

## 2.2 CONSUMO CONSCIENTE

Atualmente o mundo vem passando por um processo de macrotransição, que pode ocasionar tanto um desenvolvimento mais sustentável quanto um colapso, visto que não há recursos suficientes para manter o padrão da sociedade dentro dos parâmetros atuais (TÓDERO, 2009).

Ainda de acordo com Tódero (2009) a promoção do consumo sustentável depende da conscientização das pessoas ao entenderem a grande importância de tornarem-se consumidores responsáveis, ou melhor, consumidores conscientes.

Segundo o Instituto Akatu (2005), o consumo consciente pode ser dito como ato ou decisão de consumo praticado por um indivíduo levando em consideração o



equilíbrio entre a sua satisfação pessoal, as possibilidades ambientais e os efeitos sociais de sua decisão.

Um consumidor consciente conhece o poder que possui ao realizar suas escolhas, então o utiliza para melhorar o mundo em que vive. No entanto, para se tornarem consumidores conscientes, os indivíduos devem enxergar que existe um problema, que eles próprios estão sendo afetados, que podem fazer a diferença e que ainda podem mobilizar outras pessoas para que façam a diferença também (AKATU, 2005).

Neste caso, o problema identificado é o do desperdício de copos descartáveis no RU da UFLIP, onde o propósito passa a ser mobilizar pessoas para contribuir com o processo de redução do desperdício, tornando-os consumidores conscientes.

No Brasil e no mundo, há um aumento considerável de copos descartáveis todos os anos, devido sua praticidade, higiene e baixo custo. Após o uso, o destino desse material vem sendo o lixo comum, pois as empresas se mostram desinteressadas em reciclá-los e poucas possuem tecnologia para isto (NOBRE et al., 2012). A reciclagem deste material trata-se de um procedimento peculiar e trabalhoso, onde os copos devem ser lavados, o que envolve gasto e poluição da água devido aos produtos utilizados, picados e moídos, para então serem transformados em outros produtos (SILVA, 2012).

Ao utilizar copos descartáveis, deve-se levar em consideração que estes provêm do petróleo que é uma fonte não renovável, e que implica um grande impacto ambiental (UTRINI et al. 2007). Além disso, o material possui seu estado de decomposição lento, até de 450 anos (PORTAL UFG, 2012),

Ao perceber a gravidade do problema, algumas instituições já se mobilizaram para tentar minimizá-lo. No RU da Universidade Federal de São Carlos surgiu em 2003 o Projeto Canecas por iniciativa do grupo GAIA (Grupo Ambiental Ipê Amarelo), onde os alunos substituíram os copos descartáveis por canecas de plástico atóxico as quais são práticas e podem ser utilizadas em qualquer situação. Mais de 2,8 mil canecas são distribuídas todos os anos e com isto por volta de 10 mil copos descartáveis são evitados de tornarem-se resíduos todos os dias. Até 2012 (ano da publicação) haviam sido entregues aproximadamente 35 mil canecas, o que significava cerca de 9 milhões de copos plásticos a menos no ambiente (PRADO et al., 2012).

Em 2012, a Universidade Federal de Goiás também iniciou uma campanha contra o uso de copos descartáveis e em favor da utilização de canecas e *squeezes*. Somente nos dois anos anteriores a campanha, haviam sido utilizados mais de 4,5 milhões de copos descartáveis na UFG (PORTAL UFG, 2012).

A Universidade Estadual de Londrina, desde 2013 também trocou os copos descartáveis por canecas plásticas. Além de acabar com o gasto de aproximadamente 690 mil copos por ano, a medida representa uma economia de R\$ 18 mil para a universidade (GAZETA DO POVO ONLINE, 2013).

Diante desses exemplos, pode-se perceber que diariamente milhares de copos são deixados de ir para o meio ambiente, contudo, para que isto aconteça, é necessário mudar os hábitos de consumo e fazer escolhas que promovam o desenvolvimento sustentável. “Nesse processo, o consumidor consciente tem um papel fundamental”, pois tudo depende das suas escolhas cotidianas. Também é necessário questionar os valores impostos pela sociedade e buscar novos parâmetros de vida em sociedade (GOMES, 2006).

Por fim, torna-se cada vez mais clara a idéia de que somente com atitudes éticas é que se promove a preservação do meio ambiente para as gerações presentes e futuras.

### 3 AGENTES INTELIGENTES E SISTEMAS MULTIAGENTES

Modelos e sistemas computacionais tem sido uma importante ferramenta de informação visto que possuem aplicações em diversas áreas. Deste modo, diferentes abordagens e ferramentas vêm sendo estudadas, dentre elas pode-se citar a de Sistemas Multiagentes.

Devido ao crescimento desta abordagem, surgiu a necessidade da criação de métodos, modelos e ferramentas específicas para modelar não só as tarefas individuais, mas também as tarefas sociais dos agentes. Foi então, que a Engenharia de Software dedicou uma área exclusiva para o desenvolvimento de agentes chamada Engenharia de Software Orientada a Agentes – AOSE (do inglês: *Agent-Oriented Software Engineering*) (DOBRZANKI, 2013).

Portanto, esse Capítulo apresenta uma visão geral de Agentes e Sistemas Multiagentes, de metodologias, modelos de organização e ferramentas de simulação abordados na AOSE.

A Seção 3.1 descreve brevemente sobre a teoria de agentes. A Seção 3.2 apresenta a abordagem de Sistemas Multiagentes. A Seção 3.3 aborda a influência social em agentes. A Seção 3.4 apresenta algumas metodologias para o desenvolvimento de agentes. A Seção 3.5 descreve detalhadamente a metodologia Tropos. A Seção 3.6 introduz alguns modelos de organização para SMA. Por fim, a Seção 3.7 apresenta algumas ferramentas para simulação de agentes.

#### 3.1 TEORIA DE AGENTES

Wooldridge (2009) define agente como um sistema de computador capaz de realizar ações autônomas no ambiente em que está situado com a finalidade de alcançar seus objetivos de projeto.

Coppin (2012) relata que os agentes inteligentes são capazes de realizar tarefas mesmo quando os parâmetros iniciais são alterados ou quando surgem situações inesperadas. Além disso, possuem a capacidade de aprender a partir do seu próprio desempenho, de outros agentes, do usuário ou do ambiente no qual estiverem situados. Isto só é possível devido as competências de reatividade,

proatividade e habilidade social que cada agente possui. Essas capacidades são definidas por Wooldridge (2009) da seguinte forma:

1. **Reatividade:** Capacidade de perceber e reagir às mudanças do ambiente.
2. **Proatividade:** Capacidade de exibir um comportamento direcionado por meio de iniciativa própria.
3. **Habilidade Social:** Capacidade de interagir e influenciar outros agentes através de atividades plausíveis ao comportamento humano, tais como cooperação, coordenação e negociação (ver Seção 3.2).

Os agentes também podem ser classificados como reativos ou cognitivos. Os agentes reativos apresentam um comportamento mais simples, pois reagem unicamente a partir das percepções do ambiente. Deste modo, os agentes reativos possuem um ciclo ágil de percepção-decisão-ação (COUTINHO, 2009).

Já um agente cognitivo, apresenta um comportamento mais inteligente e elaborado, pois faz uso de conhecimentos prévios além de possuir algumas capacidades, como aprendizagem, racionalidade, autonomia, histórico de percepção-ação, etc, fato que faz deles mais propícios a auxiliar na resolução de problemas considerados complexos (SILVA, 2011).

Além disso, os agentes cognitivos quando em conjunto com outros agentes podem possuir outras duas capacidades importantes: a capacidade de trocar mensagens com outros agentes (agentes sociais) e a capacidade de participar de organizações (agentes organizacionais) (COUTINHO, 2009).

A Figura 2 ilustra como um agente atua sobre um ambiente por meio de sensores de entrada e ações de saída.



Figura 2 - Exemplo de um agente interagindo em seu ambiente  
Fonte: Adaptado de Silva (2011)

### 3.2 SISTEMAS MULTIAGENTES

Sistemas Multiagentes são sistemas compostos por vários agentes que interagem uns com os outros, normalmente pela troca de mensagens através de uma rede. Uma das principais características de um SMA é a capacidade que os agentes possuem de trabalhar em conjunto para alcançar seus objetivos e por utilizarem conceitos sociais semelhantes aos de humanos, como cooperação, coordenação, negociação, entre outros (WOOLDRIGDE, 2009).

A coordenação é o processo pelo qual um agente raciocina sobre suas ações e as ações de outros agentes, visto que pode existir dependência entre elas, ou seja, a ação de um agente pode ser pré-requisito da ação de um outro agente. Portanto os agentes devem garantir a harmonia na execução das tarefas a fim de garantir que o SMA funcione de maneira coerente (SILVA, 2006).

A cooperação acontece quando um agente não consegue encontrar um plano para alcançar seus objetivos sozinho, o que faz que ele busque ajuda através de outros agentes que possam planejar e executar ações de uma forma coordenada (SILVA, 2006).

A negociação é um processo que ocorre quando dois ou mais agentes trocam mensagens diretas com a finalidade de resolver as diferenças e chegar a um acordo comum (ROMANHUKI, 2008).

De acordo com Coutinho (2009), há dois tipos de interação dos agentes em um SMA: interação de forma direta e interação de forma indireta.

A interação de forma direta se processa por meio de comunicação, ou seja, os agentes interagem entre si através de envio e recebimento de mensagens escritas em uma linguagem simbólica.

A interação de forma indireta acontece por intermédio do ambiente. Os agentes modificam algum aspecto do ambiente para influenciar a percepção de outros agentes.

Geralmente quando ocorre apenas o segundo tipo de interação os SMAs são formados por agentes reativos. Já quando ocorrem os dois tipos de interação em geral os SMAs são formados por agentes cognitivos.

Coutinho (2009), ainda divide a abordagem para o desenvolvimento de SMAs em duas categorias: SMAs centrados nos agentes e SMAs centrados na organização.

Os SMAs centrados nos agentes (SMA-CAs) possuem o foco de desenvolvimento nos agentes, buscando obter uma ordem social. Deste modo, os agentes devem ser capazes ou estar dispostos a se auto-organizar com a finalidade de atingir um objetivo global.

Os SMAs centrados na organização (SMA-COs) possuem foco no projeto de organização dos agentes. Neste caso, um projetista utiliza um modelo organizacional e define especificações organizacionais que descrevem as atividades conjuntas dos agentes. Em seguida, utilizando uma infraestrutura organizacional, as especificações são implementadas cada uma dando origem a uma organização distinta de agentes.

### 3.3 INFLUÊNCIA SOCIAL EM AGENTES

Atualmente vive-se em uma sociedade onde todos são questionados diariamente sobre suas ações e decisões. Devido ao convívio com diferentes pessoas, os seres humanos capazes de influenciar e também sofrer diversos tipos de influências (PINTO, 2008).

Quando se quer ingressar em um grupo específico de pessoas deve-se moldar o comportamento de acordo com as “regras” estabelecidas por esta sociedade, pois só assim são acolhidos, respeitados e reconhecidos como integrantes deste sistema de relações humanas e sociais (PINTO, 2008).

No entanto, para obter sistemas inteligentes mais próximos da vida real, há a necessidade de construir sistemas socialmente inteligentes. Estes incorporam funções aos agentes a fim de apoiar as ações humanas, onde são capazes de compreender, ajudar, coordenar, competir e colaborar uns com os outros. Além disso, os agentes são concebidos para raciocinar e agir em ambientes abertos e imprevisíveis (CASTELFRANCHI, 1998).

Jennings e Campos (1997) abordam um aspecto importante denominado “ação social”. Estas ações são aquelas que têm benefícios para a sociedade, mas que não beneficiam diretamente o membro que as realiza. Um exemplo é quando um agente se compromete com um objetivo que não é seu a fim de praticar o bem para a sociedade.

O termo ação social é frequentemente utilizado em IA, e significa o oposto da ação individual, ou seja, é a ação realizada por um grupo de agentes. Contudo, pressupõe-se que a mente social de agentes individuais é a pré-condição necessária para que haja uma sociedade. A noção de ação social define que agentes não são sociais pelo fato de se comunicarem, mas o contrário, eles só se comunicam por serem agentes sociais. Eles atuam em um mundo onde interferem, dependem e influenciam uns aos outros. A interação e a comunicação social são baseadas principalmente em algum exercício de poder, onde agentes tentam influenciar o comportamento de outros agentes mudando suas mentes (CASTELFRANCHI, 1998).

Segundo Castelfranchi (1998), a delegação de metas ou objetivos aos agentes são ingredientes básicos de compromisso social, pois é como se um contrato fosse assumido, e para ser cumprido necessita de cooperação, ação em grupo e organização. Porém, para que isto seja possível, é necessário que os agentes em questão sejam capazes de receber e explorar as informações relevantes sobre o mundo em que vivem. Essas ações são adquiridas através da percepção do ambiente. A Figura 3 mostra a arquitetura deste tipo de agente.



**Figura 3 - Arquitetura de agentes cognitivos**  
 Fonte: Adaptado de Lino (2006)

Os sistemas que são orientados a metas podem apresentar um comportamento social, pois um agente pode ser ajudado ou não, favorecido ou ameaçado, além de poder competir ou cooperar com outros agentes (CASTELFRANCHI, 1998).

Outro fator a se levar em consideração são os compromissos sociais, os quais constituem a estrutura mais importante de grupos e organizações. Há um nível pré-social do compromisso, denominado compromisso interno ou individual. Este se refere à relação entre um agente e uma ação. Um compromisso social não é um compromisso individual compartilhado por vários agentes, e sim um compromisso de um agente para com outro (CASTELFRANCHI, 1998).

Além dessas características, elenca-se um novo mecanismo de abstração chamado nível social. Este fica acima do nível de conhecimento e também está preocupado com os aspectos sociais dos SMAs, referindo-se a fenômenos relacionados à cooperação, coordenação, conflitos e competição. Diante disso, os agentes sociais são responsáveis por manter a sua autonomia local, além de receber e fornecer recursos para a sociedade. A autonomia neste contexto significa a capacidade de um agente decidir quais metas devem ser adotadas e como serão atingidas. Uma avaliação empírica mostra que tais agentes produzem tanto um bom desempenho individual quanto um bom desempenho em grupo (JENNINGS E CAMPOS, 1997).

Para Jennings e Campos (1997), o nível social pode ser descrito a partir de cinco atributos: o sistema (trata-se da entidade a ser descrita nesse nível), os componentes (elementos primitivos a partir do qual o sistema é construído), leis de composição (as regras que definem como os componentes são montados para formar o sistema), leis de comportamento (princípios que determinam como o comportamento do sistema depende da sua composição e de seus componentes) e a média (utilizada para obter a projeção do comportamento alcançado).

A Tabela 1 define esses atributos em termos do nível de conhecimento e do nível social.



**Tabela 1 - Definição dos atributos em nível de conhecimento e nível social**

Atributos	Nível de Conhecimento	Nível Social
Sistema	Agente	Responsabilidade Social
Componentes	Metas e ações	Membros, Ambiente, Meios de Interação e Metas
Leis de Composição	Nenhum	Variável
Leis de Comportamento	Princípio da Racionalidade	Princípio da Racionalidade Social
Média	Conhecimento	Conhecer novas pessoas, influência, direitos e deveres

**Fonte: Adaptado de Jennings e Campos (1997)**

Por fim, é importante ressaltar que as sociedades responsáveis vêm se tornando uma classe importante e relativamente onipresente em sistemas multiagentes, pois envolvem a resolução de problemas relacionados ao comportamento dos agentes e o equilíbrio de interações entre eles (JENNINGS E CAMPOS (1997).

### 3.4 METODOLOGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE AGENTES

Devido ao crescimento da abordagem de Sistemas Multiagentes fez-se necessário o surgimento de um novo paradigma que envolvesse métodos, modelos e ferramentas específicas para modelar não só as tarefas individuais, mas também as tarefas sociais dos agentes. Diante disso, surgiu a Engenharia de Software Orientada a Agentes justamente com o objetivo de sistematizar a criação de SMA através de ferramentas que auxiliem este processo.

Esta Seção apresenta algumas das metodologias da AOSE para o desenvolvimento de agentes. Na Seção 3.4.1 destaca-se a metodologia MaSE, na Seção 3.4.2 apresenta-se a metodologia GAIA e na Seção 3.4.3 aborda-se a metodologia Prometheus. A seleção dessas metodologias foi baseada nos seguintes requisitos básicos: documentação disponibilizada, suporte à ferramentas, simplicidade e possível adequação ao modelo.

### 3.4.1 Metodologia MaSE

A metodologia MaSE (*Multiagent Systems Engineering Methodology*) foi desenvolvida pela *Air Force Institute of Technology* (AFIT), e nela os agentes não são considerados como sendo necessariamente autônomos, pró-ativos, reativos, flexíveis, etc. São apenas simples processos de software que interagem uns com os outros para alcançar o objetivo geral do sistema. Esta metodologia assume a prévia existência da especificação de requisitos que são seguidos de forma estruturada na implementação (DÁRIO, 2005).

MaSE é composta por duas fases: análise e projeto (Figura 4). A fase de análise é responsável pela captura dos objetivos do sistema, pela aplicação de casos de uso e pelo refinamento de papéis. A fase de projeto tem a finalidade de montar e criar classes de agente, construir conversas entre eles e projetar o sistema (DÁRIO, 2005).

A ferramenta que auxilia no processo de modelagem desta metodologia chama-se *AgentTool*.

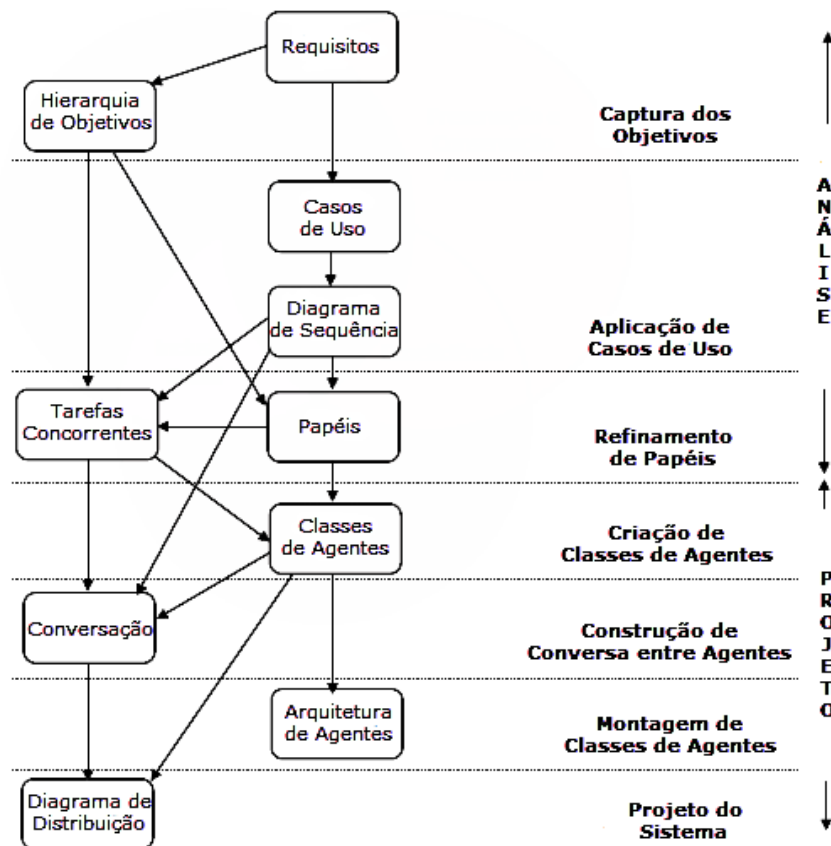


Figura 4 - Fases da metodologia MaSE  
Fonte: Adaptado de Dário (2005)

### 3.4.2 Metodologia GAIA

GAIA (WOOLDRIDGE; JENNINGS; KINNY, 2000) é dita como uma metodologia completa e genérica para análise e desenvolvimento de SMAs. Essa metodologia permite a modelagem da estrutura individual e social dos agentes. Além disso, é capaz de guiar o projetista do levantamento de requisitos do sistema até a construção dos modelos de projeto (JÚNIOR, 2005).

Um Sistema Multiagente, de acordo com a GAIA, é composto por agentes autônomos e interativos que vivem em uma sociedade organizada desempenhando um ou mais papéis (JÚNIOR, 2005).

Segundo Wooldridge (2009), essa metodologia tem seus conceitos dispostos em duas categorias: abstratos e concretos.

Entidades abstratas são utilizadas durante a fase de análise conceitual do sistema não precisando, obrigatoriamente, apresentar qualquer implementação. Já as entidades concretas são utilizadas na fase de projeto. Esses conceitos podem ser vistos na Tabela 2 ilustrada a seguir.

<b>Tabela 2 - Conceitos abstratos e concretos na metodologia GAIA</b>	
<b>Conceitos Abstratos</b>	<b>Conceitos Concretos</b>
Papéis	Tipos de Agentes
Permissões	Serviços
Responsabilidades	Conhecimentos
Protocolos	
Atividades	
Propriedades de Sobrevivência	
Propriedades de Segurança	

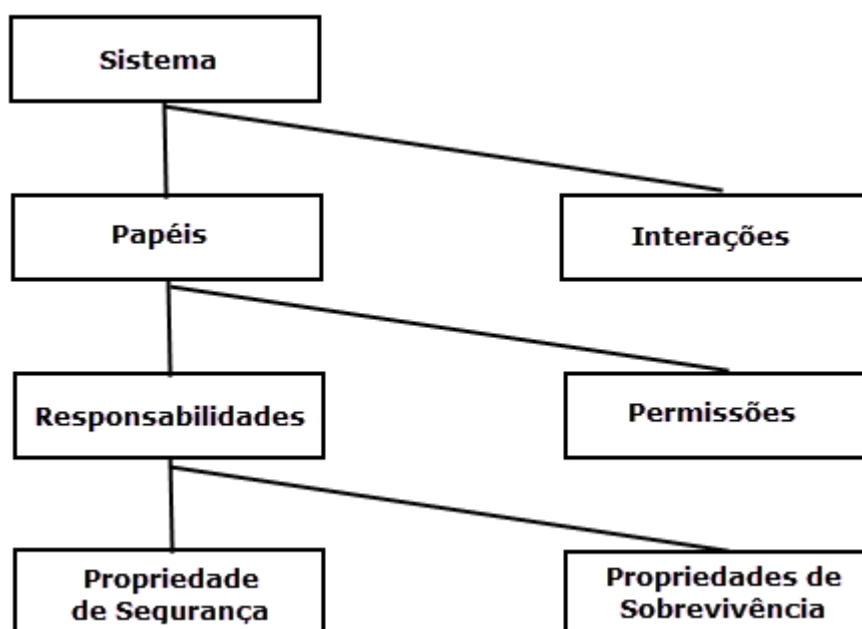
**Fonte: Adaptado de Júnior (2005)**

Segundo Júnior (2005), a fase de análise é responsável por permitir o entendimento do sistema e sua estrutura. Nesse caso, o entendimento é obtido através da organização do sistema.

A entidade de nível mais abstrato na hierarquia de conceitos é o sistema, o qual representa uma sociedade ou organização no contexto de agentes. Uma sociedade, a partir deste conceito, é constituída por um conjunto de papéis que em

termos de atributos é definido como responsabilidades, permissões, atividades e protocolos.

A Figura 5 mostra os conceitos da fase de análise



**Figura 5 - Conceitos da fase de Análise da metodologia GAIA**  
 Fonte: Adaptado de Júnior (2005)

Já a fase de projeto é responsável por transformar os modelos abstratos em modelos em um nível de abstração passíveis a aplicação de técnicas tradicionais de desenvolvimento que permitem então a implementação dos agentes.

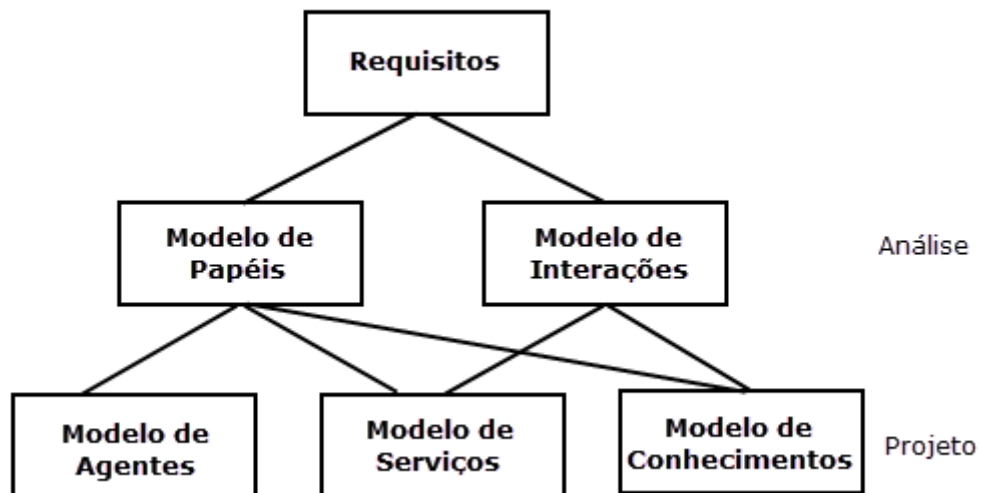
O modelo de projeto envolve três tipos: o Modelo de Agentes, o Modelo de Serviços e o Modelo de Conhecimentos.

O modelo de agentes identifica os tipos de agentes que irão compor o sistema e as instâncias que irão ser instanciadas a partir desses tipos.

O modelo de serviço apresenta os serviços (funções) disponibilizados por cada papel e suas principais propriedades. Neste caso algumas informações devem ser documentadas como, entradas, saídas, pré-condições e pós-condições.

Por fim, o modelo de conhecimentos é responsável por definir as ligações de comunicação que existem entre os agentes. Esse modelo é composto por um grafo direcionado onde os nós são os tipos de agentes e as arestas correspondem a caminhos de comunicação.

Para finalizar a Figura 6 mostra a divisão entre as fases de análise e projeto da metodologia GAIA.



**Figura 6 - Componentes básicos da metodologia GAIA**  
 Fonte: Adaptado de Júnior (2005)

### 3.4.3 Metodologia Prometheus

Prometheus é uma metodologia para especificar, projetar e implementar SMAs. Ela suporta o desenvolvimento de agentes que possuem objetivos, crenças, planos e eventos (PADGHAM e WINIKOFF, 2002).

A metodologia consiste em três fases: especificação do sistema, projeto arquitetural e projeto detalhado (DÁRIO, 2005).

A fase de especificação do sistema é responsável por construir o modelo do ambiente do sistema, identificar os objetivos e funcionalidades do mesmo e descrever os principais cenários dos casos de uso.

A fase de projeto arquitetural possui três principais atividades: determinar os tipos de agentes, definir suas interações com outros agentes e projetar a estrutura do sistema.

Por fim, a última fase é a de projeto detalhado a qual concentra-se no desenvolvimento da estrutura interna de cada agente e em como ele realiza suas tarefas no sistema.

A Figura 7 apresenta uma visão geral da divisão das fases da metodologia.

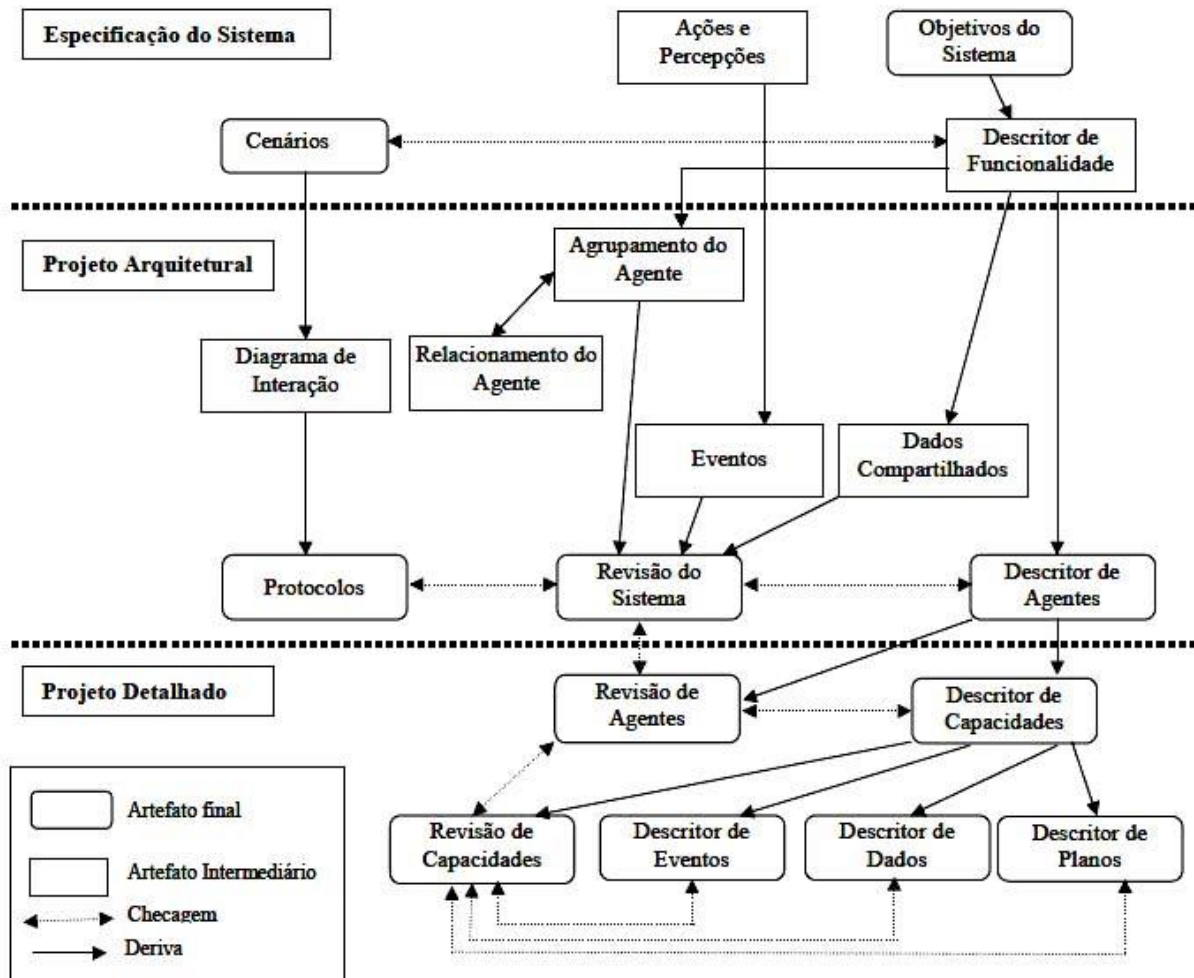


Figura 7 - Visão geral da metodologia Prometheus dividida em fases  
Fonte: Adaptado de Padgham and Winikoff (2002)

A metodologia segue a abordagem RUP (*Rational Unified Process*) aplicando o processo iterativo em cada fase. Além disso, utiliza um conceito que permite que o agente seja composto por várias capacidades direcionadas por uma função específica (DÁRIO, 2005).

As ferramentas que auxiliam no processo de modelagem dessa metodologia são: *Prometheus Design Tool* (PDT) e *Jack Development Environment* (JDE). Entretanto, nenhuma dessas ferramentas possui suporte para a fase de especificação do sistema.

### 3.5 A METODOLOGIA TROPOS

Derivada do grego “tropé”, Tropos significa “facilmente modificável” ou “facilmente adaptável” (SILVA, 2005). Segundo Dário (2005), a metodologia Tropos baseia-se em duas idéias principais: (i) a noção de agente e seus conceitos, tais como objetivos, planos, tarefas, entre outros; (ii) a adoção de uma abordagem de refinamento de passos, através de um conjunto específico de operadores de transformação.

Para Silva (2005), Tropos visa, entre outros objetivos, a definição de arquiteturas de software mais flexíveis e robustas. Para isto, faz uso de ferramentas e técnicas derivadas do paradigma  $i^*$  (YU, 1995), o qual se trata de um *framework* que inclui conceitos de modelagem, como atores (que podem ser agentes, posições ou papéis) e suas interdependências intencionais (incluindo dependência de objetivos, tarefas e recursos).

A Subseção 3.5.1 apresentará com mais detalhes o *Framework  $i^*$*  e seus modelos de dependência estratégica (Subseção 3.5.1.1) e razão estratégica (Subseção 3.5.1.2).

Além disto, a metodologia Tropos consiste de cinco fases: requisitos iniciais (Subseção 3.5.2.1), requisitos finais (Subseção 3.5.2.2), projeto arquitetural (Subseção 3.5.2.3), projeto detalhado (Subseção 3.5.2.4) e implementação (Subseção 3.5.2.5), porém diferentemente das demais metodologias, possui foco aprofundado na fase de requisitos iniciais, a qual tem como objetivo entender o problema, verificar a configuração organizacional existente e identificar o domínio e as necessidades do cliente (DÁRIO, 2005).

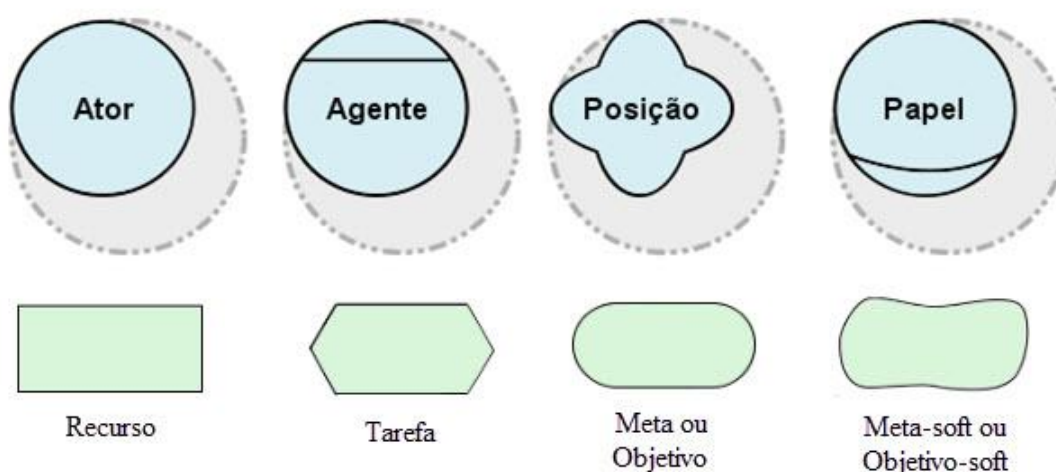
#### 3.5.1 O Framework $i^*$

O *framework  $i^*$*  (“intencionalmente distribuído”) trata-se de um *framework* de modelagem conceitual utilizado para processos que englobam vários participantes. Para realizar uma análise, os engenheiros de requisitos modelam pessoas ou organizações como atores e suas intenções como metas, então o ambiente pode ser visto como uma organização de atores, que dependem de outros atores para que suas metas sejam atingidas (SILVA, 2005).

Este *framework* é constituído por dois modelos, o de Dependência Estratégica (SD) e o de Razão Estratégica (SR). Basicamente, pode-se dizer que o modelo SD fornece a descrição do processo de dependência entre os atores. Já o modelo SR, fornece uma análise de como as metas podem ser alcançadas por meio das contribuições desses atores (SILVA, 2005).

A utilização da estrutura conceitual do *framework*  $i^*$  serve para se obter uma melhor compreensão sobre os relacionamentos da organização, as razões envolvidas nos processos de decisão, as características apropriadas para o sistema, além de ser útil para outras questões (SILVA, 2005).

A Figura 8 ilustra os elementos de modelagem com  $i^*$ . Estes serão detalhados na Subseção 3.5.1.1.



**Figura 8 - Elementos de modelagem com  $i^*$**   
**Fonte: Adaptado de Silva (2005)**

### 3.5.1.1 Modelo de dependência estratégica (SD)

Como descrito anteriormente, o modelo SD é utilizado para descrever as relações de dependências entre os atores participantes da organização. Através dele pode-se capturar os desejos, motivações e exibir a rede de relacionamentos dos mesmos. Dado um modelo SD é possível visualizar novos relacionamentos, verificar a viabilidade das dependências e até mesmo fazer combinações entre desejos e habilidades dos agentes (SILVA, 2005).

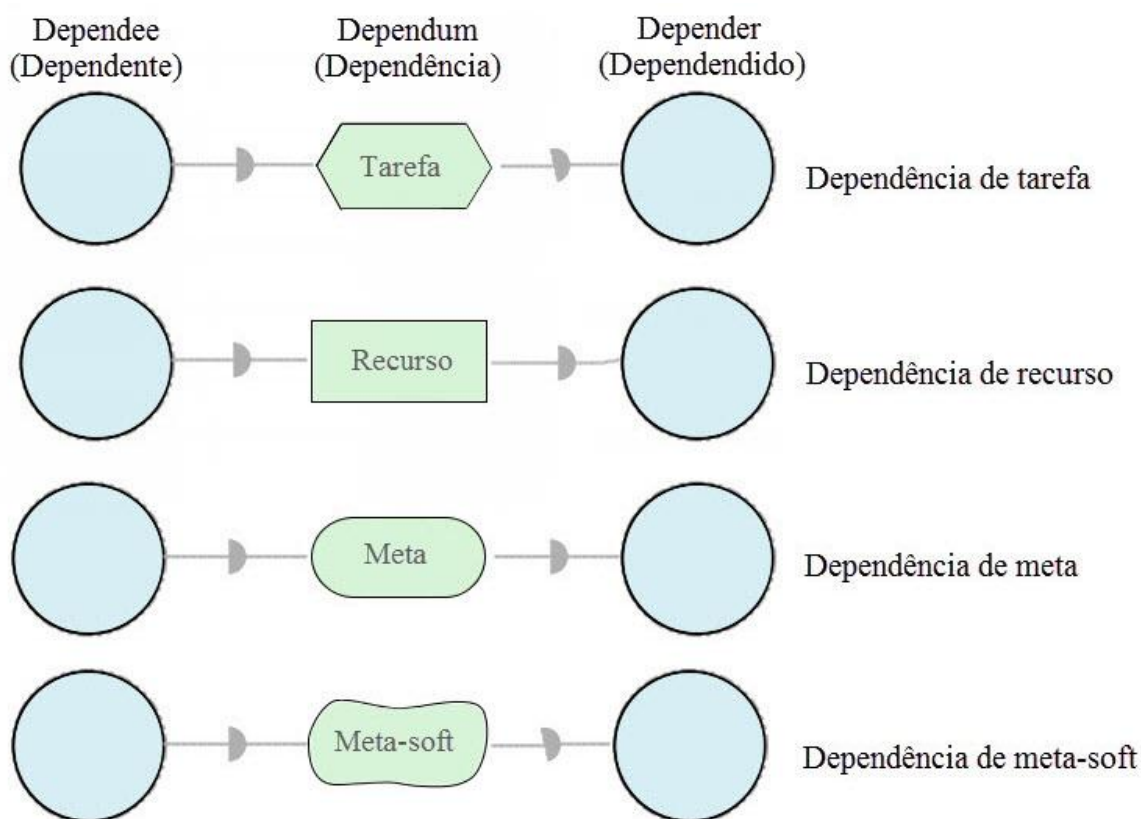
De acordo com o *framework*  $i^*$ , considera-se um ator como sendo uma entidade que realiza ações para atingir metas, ou seja, qualquer unidade para qual



possam ser atribuídas dependências intencionais. Esses podem ser considerados intencionais quando possuem motivações, intenções e razões por trás de suas ações e estratégicos quando não almejam alcançar apenas o seu objetivo imediato, mas também se preocupam nas implicações de seus relacionamentos (SILVA, 2005).

Cada dependência (*dependum*) é dita como um relacionamento intencional ou um acordo entre dois atores, chamados *dependee* e *dependee*, respectivamente. “O *dependee* é o ator que depende de um outro ator (*dependee*) para que o acordo (*dependum*) possa ser realizado”. A natureza do acordo entre os atores pode ser de quatro tipos: tarefa, recurso, meta ou meta-soft (SILVA, 2005).

A Figura 9 apresenta os tipos de ligações de dependência do *framework i\**.



**Figura 9 - Tipos de relacionamento de dependência entre atores no *i\****  
**Fonte: Adaptado de Silva (2005)**

Uma tarefa descreve o modo de se fazer algo. Essas podem ser vistas como “soluções que provêm operações, processos, representação de dados, estruturação, restrições e agentes para atender às necessidades estabelecidas nas metas e metas-soft”. Quando há uma dependência de tarefa, o *dependee* é

solicitado para executar uma dada atividade, onde é instruído de maneira simples sobre o que deve ser feito (SILVA, 2005).

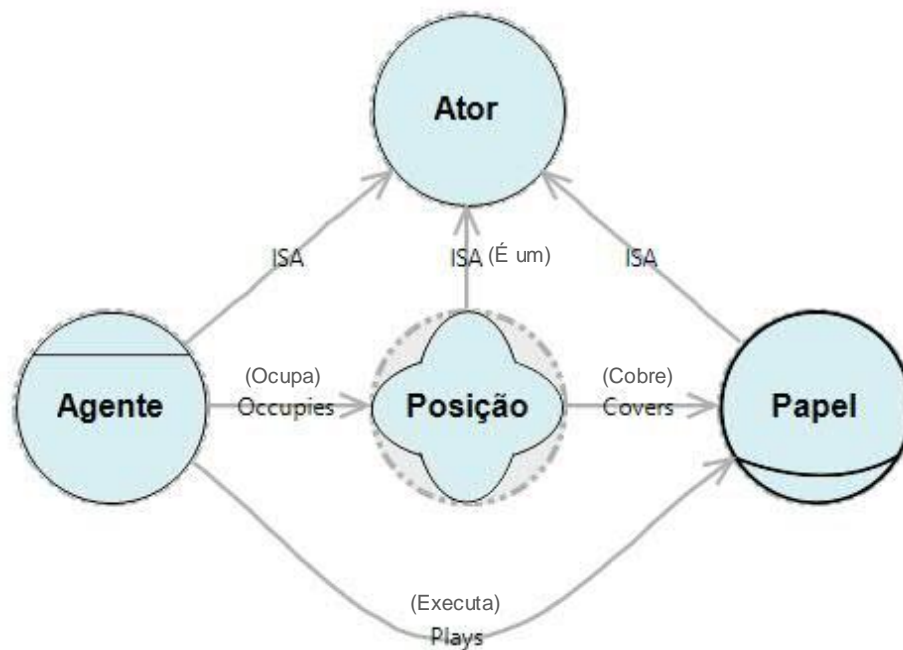
Quando o agente depende da disponibilidade de uma entidade física ou de uma informação é dito que há uma dependência de recurso. Um recurso pode ser visto como o produto final de alguma ação, que pode ou não estar disponível para o ator dependente (SILVA, 2005).

Metas ou objetivos são condições ou estados (desejos) que os atores gostariam de alcançar. “Na dependência de meta, um ator depende de outro para que uma determinada condição seja satisfeita”. Similar a dependência de meta, tem-se também a dependência de meta-soft ou objetivo-soft com a diferença que neste caso não há um critério claramente definido para verificar se a condição almejada foi de fato alcançada, pois a satisfação depende da interpretação das pessoas envolvidas (SILVA, 2005).

Segundo Silva (2005), existem três tipos de noções especializadas para diferenciar atores complexos: papéis, agentes e posições.

- **Papel:** Caracterização abstrata do comportamento de um ator em determinados contextos sociais.
- **Agente:** Trata-se de um ator que possui características físicas concretas.
- **Posição:** Representa uma entidade intermediária entre um agente e um papel. É o conjunto de funções que o agente pode desempenhar na organização.

Na Figura 10 é possível observar que um agente executa um determinado papel e ocupa uma posição, que é dita para cobrir um papel.

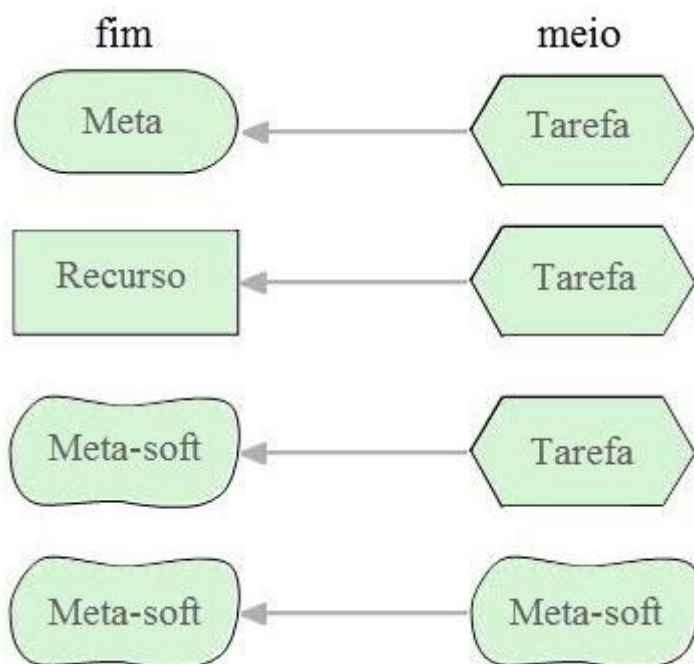


**Figura 10 - Associações e representação de agentes, papéis e posições**  
**Fonte: Adaptado de Silva (2005)**

### 3.5.1.2 Modelo de razão estratégica (SR)

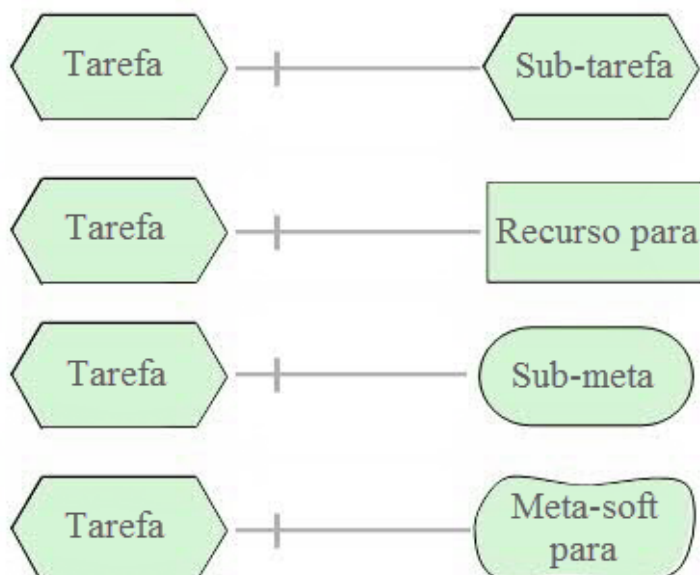
O modelo SR tem como objetivo descrever os interesses, preocupações e motivações dos atores. Através dele é possível avaliar as alternativas de definição do processo, investigando com mais detalhes as razões existentes por trás das dependências entre os atores. Este também faz uso de quatro tipos de dependências apresentado no modelo SD, são eles: recurso, tarefa, meta e meta-soft. Contudo, outros dois tipos de relacionamentos são apresentados neste modelo: ligações de meios-fins e de decomposição de tarefa (SILVA, 2005).

“Uma ligação de meios-fins indica um relacionamento entre um nó fim – que pode constituir uma meta a ser atingida, uma tarefa a ser realizada, um recurso a ser produzido ou uma meta-soft a ser satisfeita – e um meio para atingi-lo” (Figura 11). Esses meios são normalmente representados em forma de tarefas, porém em alguns casos podem ser representados como uma meta-soft. Já os fins podem ser de qualquer um dos quatro tipos já mencionados (SILVA, 2005).



**Figura 11 – Ligações de meios-fins**  
**Fonte: Adaptado de Silva (2005)**

As ligações de decomposição de tarefas (Figura 12) ligam um nó de tarefa a seus nós componentes, onde só pode ser considerada concluída quando todos os seus nós componentes forem cumpridos.



**Figura 12 - Ligações de decomposição de tarefas**  
**Fonte: Adaptado de Silva (2005)**

### 3.5.2 Fases da Metodologia

As próximas subseções apresentarão as cinco fases da metodologia Tropos, são elas: Requisitos iniciais, Requisitos finais, Projeto arquitetural, Projeto detalhado e Implementação.

Porém, apenas as fases de requisitos iniciais e requisitos finais serão aplicadas no desenvolvimento do trabalho, visto que as demais fases utilizam outras plataformas de implementação de agentes, como JADE e Jason. Estas se caracterizam pela implementação de agentes em ambientes distribuídos, onde é possível lidar com multiagentes, os quais podem se comunicar por meio de um protocolo específico de comunicação.

Além disso, nessas linguagens é possível empregar o modelo BDI (*Belief-Desire-Intention*), onde cada agente pode ser programado para definir suas respectivas crenças, desejos e planos.

Contrastando, a ferramenta NetLogo tem uma interface amigável, com geração de resultados gráficos. Características que fazem com que esta ferramenta seja fortemente utilizada em aplicações de agentes em outras áreas do conhecimento, como as áreas de ciências sociais e naturais.

Assim, a NetLogo possui as características necessárias para obter os resultados almejados neste trabalho.

#### 3.5.2.1 Requisitos iniciais

A fase de requisitos iniciais na metodologia Tropos é realizada utilizando o *framework* *i\**, onde tem como objetivo a compreensão de um contexto organizacional no qual o sistema a ser desenvolvido será implantado. Nesta fase os engenheiros de requisitos modelam os atores sociais que dependem de outros atores para atingirem objetivos, realizar tarefas e fornecer recursos. Cada objetivo é analisado do ponto de vista do seu ator, fato que resulta em um conjunto de dependências entre pares de atores (SILVA, 2005).

Tropos adota dois tipos de objetivos: objetivos propriamente ditos e objetivos secundários (meta-soft). Os objetivos estão relacionados aos requisitos funcionais

do sistema, enquanto os objetivos secundários estão relacionados aos requisitos não funcionais, cujas condições não estão claramente definidas (DÁRIO, 2005).

Os artefatos produzidos nesta fase são: Modelo de dependência estratégica (SD) e o modelo de razão estratégica (SR). O modelo SD é responsável por modelar graficamente os atores e suas dependências. Já o modelo SR modela os objetivos sob o ponto de vista de cada ator (DÁRIO, 2005).

### 3.5.2.2 Requisitos finais

A fase de Requisitos finais se preocupa com o refinamento dos modelos SD e SR produzidos na fase de requisitos iniciais. Estes são revisados e estendidos para incluir novos atores, os quais representam tanto o sistema a ser desenvolvido quanto seus subsistemas (SILVA, 2005).

Esta fase também é constituída pelos modelos SD e SR. No modelo SD, os atores devem ser relacionados, em termos de novos pares de dependência, aos atores que foram previamente identificados. Já para a construção do modelo SR, o ator que representa o sistema a ser desenvolvido deve ser expandido para apresentar as razões que estão por trás de suas dependências (SILVA, 2005).

### 3.5.2.3 Projeto arquitetural

O principal objetivo da fase de projeto arquitetural é definir a arquitetura global do sistema em termos de subsistemas interconectados através de dados e fluxos de controle. Os subsistemas são representados como atores e as interconexões de controle como dependências (DÁRIO, 2005).

Para Silva (2005), “a arquitetura de um sistema pode ser considerada um modelo, relativamente pequeno e intelectualmente gerenciável da estrutura do sistema que descreve como seus componentes trabalham juntos”.

No entanto, para a construção deste modelo há três atividades a serem desenvolvidas: seleção do estilo arquitetural, refinamento dos modelos SD e SR e a aplicação dos padrões sociais.

Em Kolp, Castro e Mylopoulos (2001) foram definidos estilos arquiteturais para auxiliar o projeto da arquitetura de aplicações cooperativas, dinâmicas e

distribuídas. O Quadro 1 apresenta os estilos arquiteturais organizacionais utilizados em Tropos.

A seleção do estilo arquitetural é realizada por meio do *framework* NFR (*Non-Functional Requirements*) e do catálogo de correlação entre os estilos arquiteturais e requisitos não funcionais, apresentados no Quadro 2.

Os estilos têm sido avaliados e comparados usando atributos de qualidade de *software* identificados por arquiteturas que envolvem componentes, tais como previsibilidade, segurança, adaptabilidade, coordenação, cooperação, disponibilidade, integridade, modularidade e agregabilidade.

Neste catálogo são consideradas as notações *help*, *make*, *hurt* e *break* para modelar, respectivamente, as contribuições parcial/positiva (+), suficiente/positiva (++), parcial/negativa (-) e suficiente/negativa (--) (SILVA, 2005).

Estilo Arquitetural	Principais características
<b>Estrutura em 5</b> ( <i>Structure in 5</i> )	Consiste nos componentes típicos (estratégicos e logísticos) geralmente encontrados em várias organizações.
<b>Estrutura Plana</b> ( <i>Flat Structure</i> )	Não possui estrutura fixa e assume que nenhum ator tem controle sobre outro ator.
<b>Pirâmide</b> ( <i>Pyramid</i> )	Estrutura de autoridade bastante conhecida exercida dentro dos limites da organização. Atores nos níveis mais inferiores dependem de atores dos níveis mais elevados.
<b>União Estratégica</b> ( <i>Joint Venture</i> )	Envolve acordos entre dois ou mais parceiros principais para obter benefícios de escala maior.
<b>Tomada de Controle</b> ( <i>Takeover</i> )	Envolve a delegação total da autoridade e gerenciamento de dois ou mais parceiros para um único ator, semelhante ao estilo União Estratégica.
<b>Comprimento de Braço</b> ( <i>Arm's Length</i> )	Implica em acordos entre atores independentes e competitivos, porém parceiros.
<b>Oferta</b> ( <i>Bidding</i> )	Envolve mecanismos de competitividade e os atores se comportam como se estivessem participando de um leilão.
<b>Contratação Hierárquica</b> ( <i>Hierarchical Contracting</i> )	Identifica mecanismos de coordenação que combinam características do estilo Comprimento de Braço com aspectos de autoridade do estilo Pirâmide.
<b>Integração Vertical</b> ( <i>Vertical Integration</i> )	Consiste de atores comprometidos em atingir metas ou realizar tarefas relacionadas em estágios diferentes de um processo de produção.
<b>Apropriação</b> ( <i>Co-optation</i> )	Envolve a incorporação de agentes externos na estrutura, no comportamento tomador de decisão ou conselheiro de uma organização iniciante.

**Quadro 1 - Estilos arquiteturais organizacionais em Tropos**  
Fonte: Adaptado de Kolp, Castro e Mylopoulos (2001)

Catálogo de Correlação	Previsibilidade	Segurança	Adaptabilidade	Coordenação	Cooperação	Disponibilidade	Integridade	Modularidade	Agregabilidade
Estrutura Plana	Break	Break	Hurt			Help	Help	Make	Hurt
Estrutura em 5	Help	Help		Help	Hurt	Help	Make	Make	Make
Pirâmide	Make	Make	Help	Make	Hurt	Help	Break	Hurt	
União Estratégica	Help	Help	Make	Help	Hurt	Make		Help	Make
Oferta	Break	Break	Make	Hurt	Make	Hurt	Break	Make	
Tomada de Controle	Make	Make	Hurt	Make	Break	Help		Help	Help
Comprimento de Braço	Hurt	Break	Help	Hurt	Make	Break	Make	Help	
Contratação Hierárquica			Help	Help	Help	Help		Help	Help
Integração Vertical	Help	Help	Hurt	Help	Hurt	Help	Break	Break	Break
Apropriação	Hurt	Hurt	Make	Make	Help	Break	Hurt	Break	

**Quadro 2 - Catálogo de correlação entre estilos arquiteturais e requisitos não-funcionais**  
**Fonte: Adaptado de Silva (2005)**

Após escolhido o estilo arquitetural mais apropriado para representar a estrutura principal do sistema deve-se iniciar a criação do modelo SR desta fase. No entanto, continua-se levando em consideração os requisitos anteriormente levantados.

Silva (2005) ainda afirma que na última atividade deve-se definir como as metas associadas a cada ator serão cumpridas após aplicar os padrões sociais definidos para metodologia Tropos, os quais estão classificados em duas categorias: padrões entre pares e padrões de mediação.

Os padrões entre pares descrevem interações diretas entre agentes negociadores. Como exemplos desse padrão, temos: *booking*, *call-for-proposal*, *subscription* e *bidding*. Para os padrões de mediação, os quais são compostos por agentes intermediários que ajudam outros agentes a atingirem um acordo ou realizar troca de serviços, tem-se: *monitor*, *broker*, *matchmaker*, *mediator*, *embassy* e *wrapper*.

Por fim, os componentes arquiteturais identificados neste modelo deverão ser detalhados na fase de Projeto detalhado.



### 3.5.2.4 Projeto detalhado

Esta fase trabalha com a especificação dos agentes, preocupando-se em apresentar os detalhes adicionais para cada componente arquitetural do sistema. Portanto, são detalhados os padrões sociais e também como os objetivos atribuídos a cada ator serão realizados pelos agentes (SILVA, 2005). Além disso, nesta fase são confeccionados os diagramas de classe, sequência, colaboração e o diagrama de planos (VILELA, 2011).

Para Guedes (2011), o diagrama de classes é o responsável por definir a estrutura das classes utilizadas pelo sistema, determinando seus atributos e métodos. Este também estabelece como as classes se relacionam e trocam informações entre si.

Já o diagrama de sequência se preocupa com a ordem temporal em que as mensagens são trocadas entre os objetos envolvidos no processo. Este diagrama costuma identificar o evento modelado, bem como o ator responsável pelo mesmo, a partir disso determina como o processo deve se desenrolar e ser concluído (GUEDES, 2011).

O diagrama de colaboração, atualmente conhecido como diagrama de comunicação está amplamente associado ao diagrama de sequência, visto que eles se complementam. No entanto, esse diagrama não se preocupa com a temporalidade do processo, mas sim como os elementos estão vinculados e quais mensagens estão trocando entre si (GUEDES, 2011).

Por fim, o diagrama de plano é utilizado para especificar o processamento de atores atômicos, onde cada plano identificado é traduzido em um diagrama. Este não se trata apenas descrições de comportamento do sistema durante o projeto, mas sim de prescrições diretamente executáveis de como um agente deve se comportar para atingir um objetivo (VILELA, 2011).

Para acomodar seus conceitos na UML, a metodologia Tropos dispõe de um conjunto de estereótipos, etiquetas e restrições, tais como <<i\* actor>> e <<i\* dependency>>, os quais são utilizados na construção dos diagramas descritos acima (SILVA, 2005).

Segundo Bresciani et al. (2001), esta fase envolve o uso de plataformas de desenvolvimento específicas e por isso depende das características da linguagem de programação escolhida.

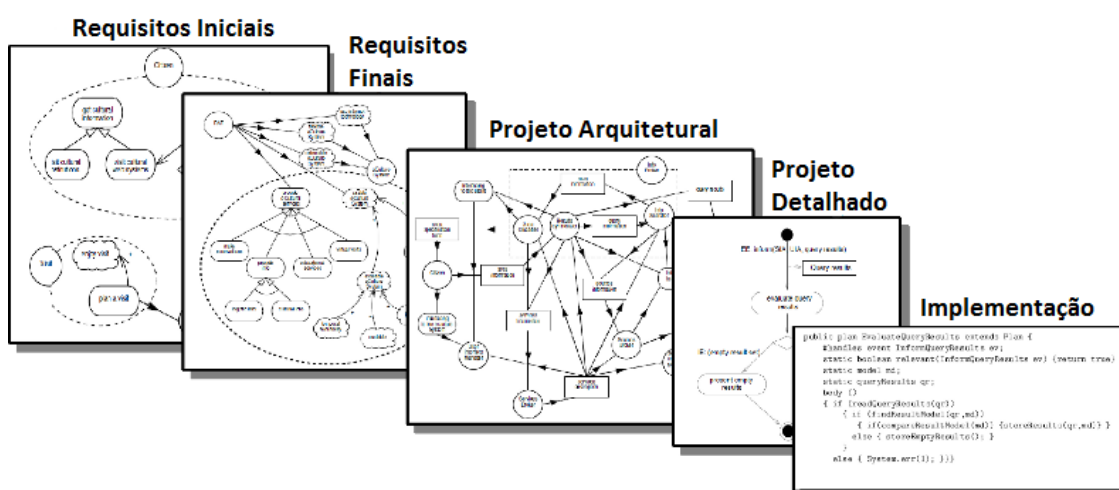
### 3.5.2.5 Implementação

Nesta fase, a especificação do projeto detalhado deve ser seguida para gerar um esqueleto de implementação do SMA. Este passo é realizado por meio de um mapeamento entre os conceitos da metodologia Tropos e os elementos de uma plataforma de implementação de agentes, tais como JACK (BUNETTA, 1999) ou JADE (SILVA et al., 2005).

A partir de uma linguagem de programação suportada pela plataforma escolhida, o código do sistema deve condizer com a estrutura básica oferecida pelo esqueleto obtido através do mapeamento.

Porém, como este trabalho não tem o objetivo abordar as fases de projeto e implementação da metodologia, o estudo destas plataformas se encontra fora do escopo desta pesquisa.

Para finalizar esta subseção, a Figura 13 ilustra a divisão da metodologia Tropos apresentando as suas fases.



**Figura 13 - Divisão das fases da metodologia Tropos**  
 Fonte: Adaptada de Tropos (2014)

### 3.6 MODELOS DE ORGANIZAÇÃO DE SMA

Segundo Coutinho (2009), um modelo organizacional é um elemento fundamental na etapa de concepção de um SMA-CO. Ele pode ser entendido como uma linguagem de modelagem utilizada para criar as especificações dos agentes que irão compor o SMA-CO.

Portanto, como esse trabalho não tem como meta utilizar um modelo organizacional essa Seção apresenta apenas uma breve descrição de dois modelos organizacionais, onde na Subseção 3.6.1 tem-se Steam (TAMBE, 1997) e na Subseção 3.6.2 aborda-se o modelo Islander (ESTEVA; CRUZ; SIERRA, 2002).

#### 3.6.1 Steam

De acordo com Coutinho (2009), no modelo organizacional Steam uma organização de agentes é representada por meio de times, sub-times, papéis, objetivos e planos compartilhados. Os agentes ao participarem de um time assumem papéis que resultam seguir determinados planos. Esse modelo disponibiliza uma sintaxe gráfica e uma sintaxe XML para escrever as especificações organizacionais.

#### 3.6.2 Islander

Segundo Coutinho (2009), no modelo Islander a especificação de uma organização de agentes é constituída por quatro elementos: uma estrutura de diálogo onde são descritos os papéis; cenas nas quais se descrevem os protocolos de interação; estruturas de atuação onde as cenas são inter-relacionadas; e normas que regem as obrigações dos agentes ao assumirem papéis. Assim como no Steam, o modelo Islander disponibiliza uma sintaxe gráfica e uma sintaxe XML para escrever as especificações organizacionais.

### 3.7 FERRAMENTAS PARA SIMULAÇÃO DE AGENTES

De acordo com Lima et al. (2009), em geral existem dois tipos de sistemas disponíveis para o desenvolvimento de modelos baseados em agentes – ABM (do inglês: *agent-based modeling*): Os *toolkits* e os *softwares*.

Os *toolkits* disponibilizam um *framework* para organizar e projetar modelos baseados em agentes por meio de bibliotecas de *software* que incluem rotinas e funcionalidades específicas para ABM.

Os *softwares* simplificam o processo de implementação por não exigirem a utilização de linguagens de programação de baixo nível, deste modo, estes se tornam úteis para o desenvolvimento ágil de protótipos e modelos básicos. Porém, os projetistas ficam restritos a modelos e funcionalidades especificadas pelo *software*, ao contrário dos *toolkits* que permitem a extensão de suas funcionalidades e integração de novas ferramentas.

Esta Seção apresenta algumas das ferramentas de simulação para agentes baseadas no estudo de Lima et al. (2009). A Subseção 3.7.1 destaca a ferramenta Swarm (SWARM, 2014) e a Subseção 3.7.2 apresenta a ferramenta RePast (REPAST, 2014). Ambas são apresentadas como exemplos de *toolkits*. Já a Subseção 3.7.3 destaca a ferramenta NetLogo, esta como exemplo de *software*.

#### 3.7.1 Swarm

Desenvolvido no *Santa Fe Institute*, o Swarm é considerado uma das primeiras bibliotecas para ABM. Essa plataforma inclui um *framework* conceitual para projetar, descrever e guiar experimentos, implementação de *software* com diversas ferramentas e uma comunidade de usuários e desenvolvedores que compartilham conhecimento.

Nesta ferramenta a unidade básica de simulação é o *swarm*, o qual representa um modelo completo de agentes. O Swarm suporta a modelagem hierárquica, onde os agentes podem ser compostos por *swarm* de outros agentes, sendo o comportamento do agente mais no topo definido pelo fenômeno dos agentes interiores ao seu *swarm*.

A ferramenta disponibiliza bibliotecas para gerenciar agentes, estruturas espaciais para ambiente, atividades e análise dos resultados.

### 3.7.2 RePast

RePast, acrônimo para *Recursive Porous Agent Simulation Toolkit*, é utilizado para modelagem baseada em agentes. Foi desenvolvida pela *University of Chicago* e vem sendo mantida pela ROAD (do inglês: *RePast Organization for Architecture and Development*).

A ferramenta realiza a simulação utilizando o conceito de máquina de estado no qual cada estado é constituído de componentes. Estes componentes são divididos em infra-estrutura e representação.

A infra-estrutura é formada pelos mecanismos que coletam, executam a simulação e exibem os dados. Já a representação é o que o modelador constrói, ou seja, o modelo de simulação propriamente dito.

Por fim, dentre os diversos recursos oferecidos pela ferramenta pode-se citar uma variedade de modelos e exemplos de agentes, bibliotecas para algoritmos genéticos, redes neurais, geração de números aleatórios, entre outros.

### 3.7.3 NetLogo

Desenvolvido inicialmente por Uri Wilensky (1999), e ainda em constante desenvolvimento através do *Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling*, o NetLogo é um ambiente de modelagem programável para simulação de fenômenos naturais e sociais de agentes. Utiliza uma linguagem de modelagem própria derivada da linguagem de programação Logo do Media Lab – MIT (NETLOGO, 2015).

O ambiente é capaz de dar, simultaneamente, instruções a um grande número de agentes independentes que trabalham em paralelo, tornando possível explorar as conexões em micro e macro níveis que emergem das interações dos indivíduos.

A ferramenta também disponibiliza alguns modelos já prontos em sua biblioteca, os quais podem ser utilizados e modificados a fim de explorar seus

diversos comportamentos sob diferentes condições. Estas simulações abordam algumas áreas, tais como: Ciências Naturais e Sociais, incluindo a Biologia, Medicina, Física, Química, Matemática, Ciência da Computação, Economia e Psicologia Social (NETLOGO, 2015). Exemplos desses modelos podem ser visualizados na Figura 14.

O modelo A se refere a uma rede neural artificial baseada no modelo Perceptron Multi-Camadas (MLP). O modelo B está relacionado a um jogo clássico chamado Pac-Man. O modelo C refere-se ao jantar dos filósofos, um conhecido estudo de caso relacionado à sincronização de processos simultâneos. Por fim, o modelo D simula diferentes condições em que as folhas da árvore caem no Outono (NETLOGO, 2015).

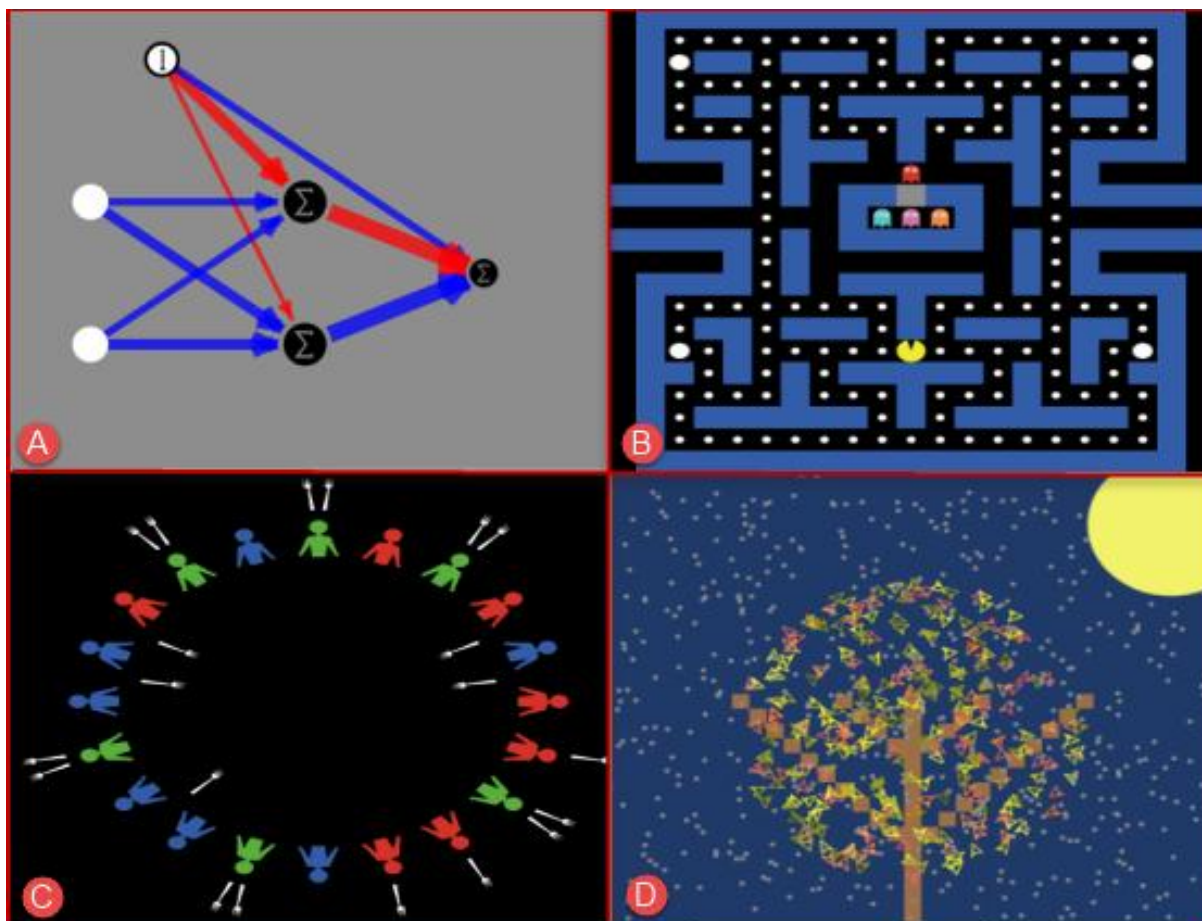


Figura 14 - Modelos disponibilizados pela ferramenta NetLogo  
Fonte: Autoria Própria

## 4 TRABALHOS RELACIONADOS

É possível encontrar diferentes pesquisas que aplicam SMA nas mais diversas áreas, entre elas, a área de sustentabilidade.

Bezirgiannis e Sakellariou (2011) desenvolveram um sistema de gestão chamado de EcoTruck. Esse sistema é modelado como um SMA e tem por finalidade automatizar a comunicação e cooperação das partes envolvidas no processo de coleta de papéis recicláveis, bem como otimizar o processo de roteamento dos veículos (caminhões de recolhimento de lixo), visando diminuir as distâncias e os custos das viagens.

A modelagem do problema consiste em mapear cada uma das partes interessadas no processo para um determinado agente, os quais podem ser de dois tipos: agente cliente (representando uma empresa) ou agente caminhão.

O agente cliente tem como objetivo reciclar uma determinada quantidade de papel, portanto, inicia um protocolo de cooperação para encontrar o melhor caminhão para processar o seu pedido. O melhor caminhão, neste caso, é o que pode atender sua solicitação no mais curto espaço de tempo.

Enquanto isso, o objetivo do agente caminhão é recolher o máximo de material reciclável possível para tentar maximizar o número de clientes a atender. Cada solicitação recebida é avaliada com base na capacidade atual disponível no caminhão, sua posição geográfica e as tarefas com que o mesmo já se comprometeu.

Esta aplicação é realizada em tempo real e por isso é capaz de atuar como um assistente aos motoristas das cooperativas.

Já Felsen e Wilensky (2007), desenvolveram um modelo na ferramenta NetLogo para simular a ação dos agentes em um cenário cujo os recursos naturais podem ser associados a “terra”. Além disso, eles possuem uma propriedade chamada de “energia” o qual pode ser assimilada ao termo dinheiro.

O meio é constituído por uma grelha de células, as quais podem alternar entre três estados diferentes: novo, reciclado e resíduo. Todas as células se iniciam no estado novo. Há dois tipos de agentes: os recicladores e os desperdiçadores.

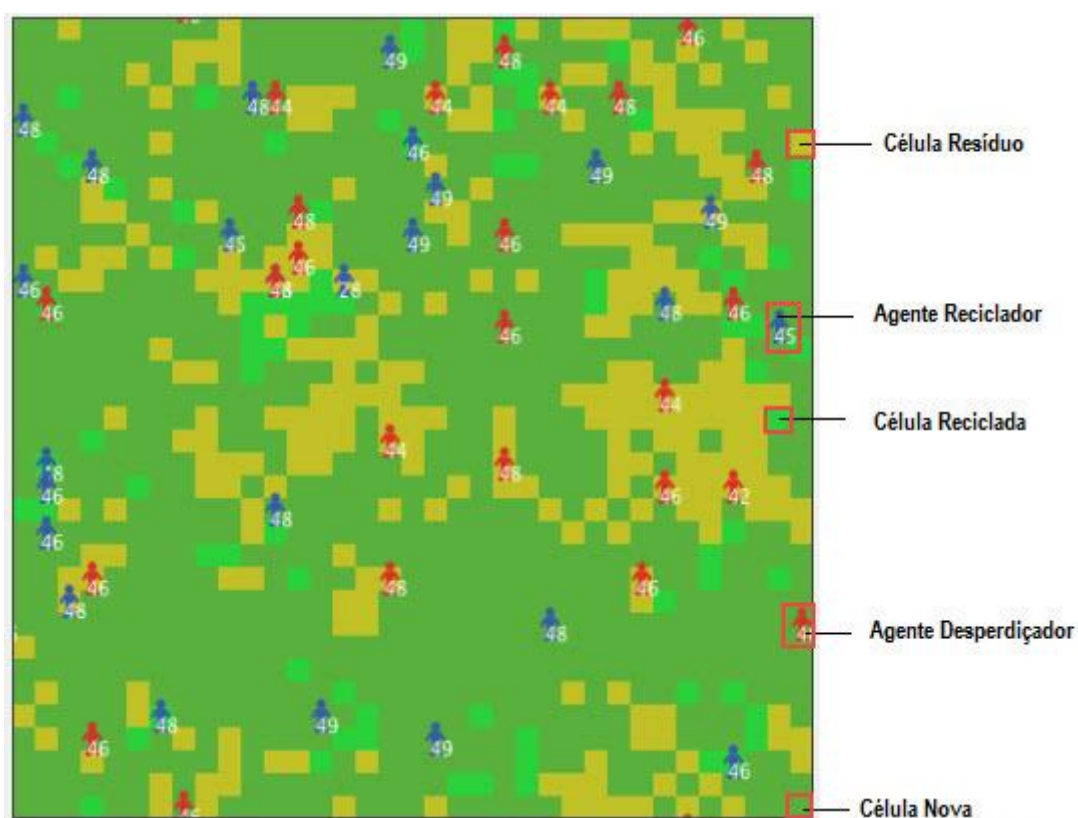
Os agentes recicladores só utilizam metade dos recursos disponíveis em cada célula e quando esses agentes encontram células resíduos perdem energia tentando reciclá-las.

Já os agentes que desperdiçam sempre exploram totalmente a célula que estão, assim levam toda a energia possível do recurso, deixando-a como um resíduo.

Todos os agentes começam com a metade de energia possível armazenada e se perdem tudo, desaparecem. Além disso, os recursos são regenerados de forma aleatória no ambiente, ou seja, com o passar do tempo as células voltam para o estado de novo.

Esse modelo é interessante pelo fato de mostrar como o ambiente reage em diferentes situações, como por exemplo, quando se tem muitos recicladores ou/e muitos desperdiçadores.

A Figura 15 ilustra o ambiente com os três tipos de células e os dois tipos de agentes.



**Figura 15 - Modelo de Reciclagem do NetLogo**  
 Fonte: Adaptado de Felsen e Wilensky (2007)

Vilela (2011) desenvolveu um sistema educativo utilizando a metodologia Tropos e a plataforma JADE. O *software*, denominado Mastem (*Multi-Agent System to Teaching and Evaluation of Mathematic*) é do tipo tutor inteligente e tem como



objetivo auxiliar o ensino de matemática aos alunos das séries finais do ensino fundamental, especialmente da 5ª e 6ª série. A finalidade do programa é que os alunos consigam aprender matemática brincando.

O Mastem monitora o desempenho dos usuários e a partir disso estabelece um *ranking* com as maiores pontuações. Esse fator faz com que os alunos se dediquem a aprender os conteúdos trabalhados no sistema. Além disso, essa pontuação é utilizada para verificar quais são as maiores dificuldades dos alunos sobre os conteúdos ministrados em sala de aula.

Os atores deste modelo são: Aluno, Professor, Sistema, Agente Tutor, Agente Ranking e Agente dificuldade.

Silva (2005), também utilizou a metodologia Tropos com a plataforma JADE para desenvolver um sistema gerenciador de conteúdo (*Content Management System - CMS*) denominado *Smart Journal*, o qual utiliza agentes para simular o processo de publicação de notícias em um *site* da internet.

Cada edição do jornal possui diversas notícias associadas, as quais são distribuídas para os seus respectivos responsáveis levando em consideração a área de atuação.

Para a modelagem desse problema, foi necessária a criação dos agentes: usuário, editor-geral, chefe-redação, fotografo, editor, *webmaster*, repórter, agencia de notícias e sistema gerenciador de notícias.

Por fim, existem inúmeros trabalhos relacionados a universidades que trocaram o uso de copos descartáveis por canecas (vide seção 2.2). Dentre eles pode-se citar o caso da Universidade Federal de São Carlos, onde em 2003 por iniciativa do grupo GAIA surgiu o Projeto Canecas. Mais de 2,8 mil canecas são distribuídas todos os anos e com isto por volta de 10 mil copos descartáveis são evitados de tornarem-se resíduos todos os dias. Até 2012 (ano da publicação) haviam sido entregues aproximadamente 35 mil canecas, o que significava cerca de 9 milhões de copos plásticos a menos no ambiente (PRADO et al., 2012).

## 5 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA TROPOS

Este capítulo aborda como o estudo de caso foi modelado na metodologia Tropos. Embora a metodologia seja composta por cinco fases: Requisitos iniciais, Requisitos finais, Projeto arquitetural, Projeto detalhado e Implementação, neste trabalho não serão aplicadas as fases de projeto e implementação, visto que as fases de requisitos iniciais e finais, mostram-se suficientes para a implementação do SMA via NetLogo.

A Seção 5.1 descreve os Requisitos Iniciais referentes ao estudo de caso. A Subseção 5.1.1 apresenta o Modelo de Dependência Estratégica desta fase e a Subseção 5.1.2 apresenta o Modelo de Razão Estratégica. A Seção 5.2 contempla a fase de Requisitos Finais, abordando também os modelos de Dependência Estratégica (Subseção 5.2.1) e Razão Estratégica (Subseção 5.2.2).

### 5.1 REQUISITOS INICIAIS

Um restaurante universitário pode ser visto como uma organização dinâmica, onde é frequentado por várias pessoas, cada uma com suas características.

Diante disso, nesse estudo de caso foi levado em consideração que os agentes possuem características sociais, as quais determinam a que grupo social eles pertencem. Existem dois grupos sociais: agentes recicladores e não recicladores. Adicionalmente, os agentes neutros são aqueles que ainda não fazem parte de um dos dois grupos.

Quando se utiliza os termos "Agentes Recicladores" e "Agentes Não Recicladores" é cometido um certo "abuso de linguagem", pois o grupo de "Agentes Recicladores" não é de fato caracterizado por indivíduos que fazem reciclagem. Esses indivíduos na verdade promovem um uso racional de um recurso, e dessa forma minimizam a quantidade de reciclagem necessária no ambiente.

Por outro lado, o grupo de "Agentes Não Recicladores" é caracterizado por indivíduos que não fazem uso racional de um recurso, e dessa forma maximizam a necessidade de reciclar este recurso.

O modelo ainda considera que por meio de influência social, os agentes recicladores e não recicladores tentam “convencer” os agentes neutros a fazerem parte do seu respectivo grupo. Ademais, um agente reciclador pode passar para o grupo social não-reciclador, e vice-versa.

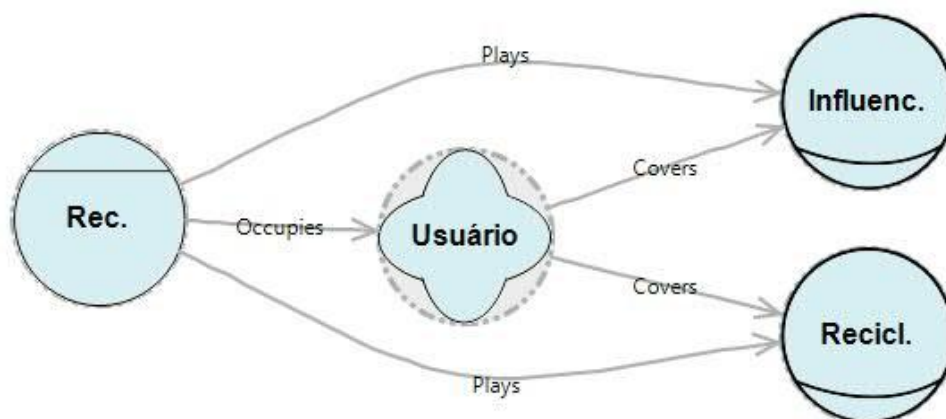
Como se trata de uma organização situada no interior de uma universidade foi possível realizar uma análise do comportamento dos usuários no ambiente e obter elementos suficientes para produzir a modelagem dos requisitos iniciais do sistema, representados nos modelos SD e SR descritos nas subseções seguintes.

### 5.1.1 Modelo de Dependência Estratégica

Nesta etapa, inicialmente serão apresentados os principais atores identificados, bem como seus papéis e posições no ambiente. Posteriormente o modelo SD ilustrará as relações de dependências externas entre eles.

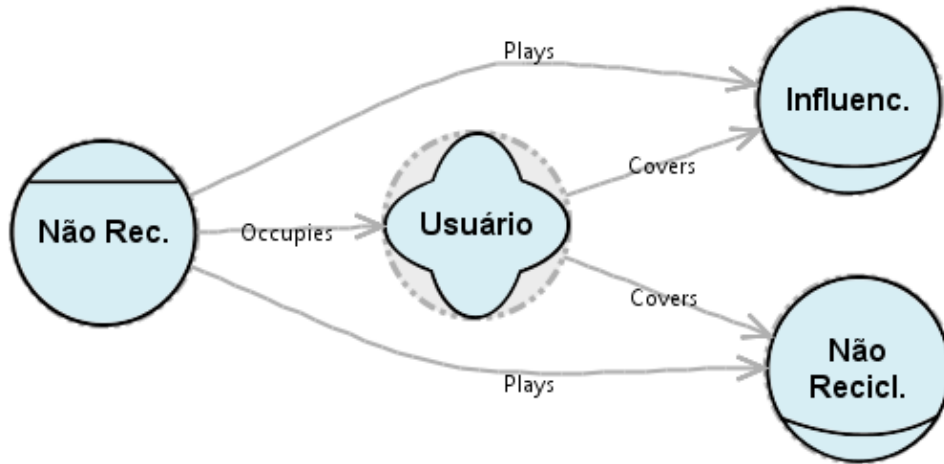
Os atores desse ambiente são: Reciclador (Rec.), Não Reciclador (Não Rec.) e Neutro (considerados sem grupo definido).

- **Reciclador:** Ocupa a posição de usuário na organização (RU), onde executa os papéis de Reciclador e Influenciador. Essa arquitetura pode ser vista na Figura 16.



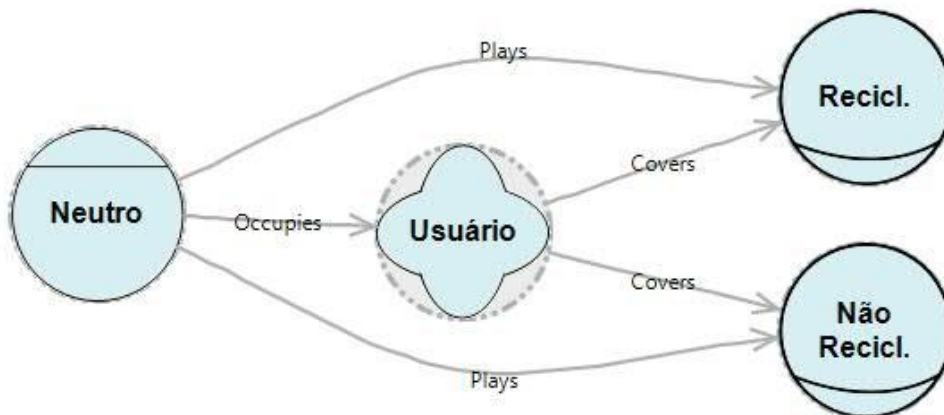
**Figura 16 - Agente Reciclador**  
Fonte: Autoria Própria

- **Não Reciclador:** Ocupa a posição de usuário na organização, onde executa os papéis de Não Reciclador e Influenciador. Esta arquitetura pode ser observada na Figura 17.



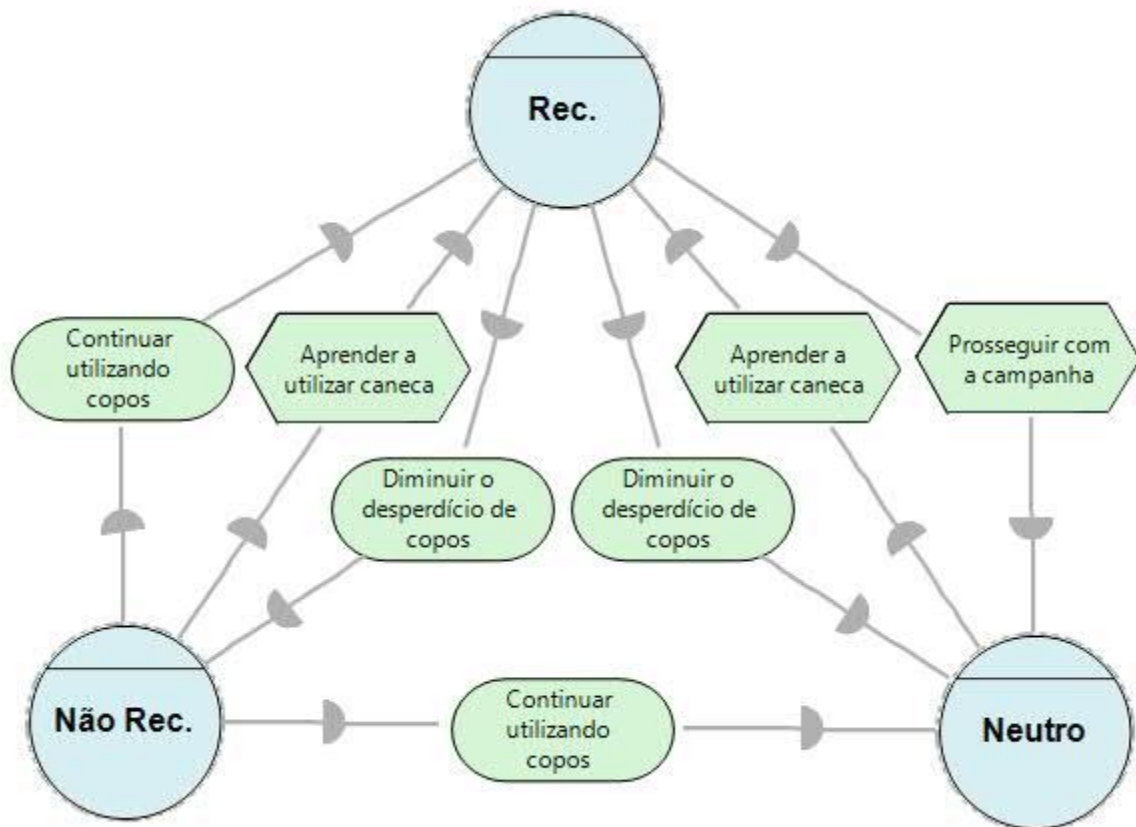
**Figura 17 - Agente Não Reciclador**  
Fonte: Autoria Própria

- **Neutro:** Ocupa a posição de usuário na organização, onde executa o papel de Reciclador ou Não Reciclador. Esta arquitetura pode ser visualizada na Figura 18.



**Figura 18 - Agente Neutro**  
Fonte: Autoria Própria

Após definido a posição e os papéis dos agentes, a Figura 19 apresenta o modelo SD da fase de requisitos iniciais deste trabalho.



**Figura 19 - Modelo i\* de Dependência Estratégica dos Requisitos iniciais**  
**Fonte: Autoria Própria**

O agente *Reciclador* depende do agente *Neutro* para realizar a tarefa de *Prosseguir com a campanha* nos próximos semestres letivos. Além disso, depende dos agentes *Não Reciclador* e *Neutro* para alcançar o objetivo de *Diminuir o desperdício dos copos*.

O agente *Não Reciclador* depende tanto do agente *Reciclador* quanto do agente *Neutro* para alcançar seu objetivo de *Continuar utilizando os copos descartáveis*, pois depende de influenciá-los negativamente a não aderir à campanha. Além disso, os agentes *Neutro* e *Não Reciclador* dependem do agente *Reciclador* para realizar a tarefa de *Aprender a utilizar caneca*.

### 5.1.2 Modelo de Razão Estratégica

Uma vez que os atores e suas principais dependências externas foram identificados no modelo SD, é possível através do modelo SR refinar as descrições

dos processos descrevendo os relacionamentos intencionais internos dos mesmos (SILVA, 2005).

O agente *Reciclador* tem como principal objetivo influenciar os usuários do restaurante universitário a utilizarem canecas. Para atingir esse fim, existe um meio: *Divulgar a campanha* de redução de desperdício de copos descartáveis.

No entanto, para realizar a tarefa de divulgar a campanha existem três meios: *Ter contato com recicladores*, *Ter contato com não recicladores* e *Ter contato com neutros*. Ele depende do contato com não recicladores e neutros para tentar alcançar o objetivo de *Diminuir o desperdício de copos*. Também depende de *Ter contato com neutros* para realizar a tarefa de *Prosseguir com a campanha* nos próximos semestres letivos.

A Figura 20 apresenta o modelo SR para o agente reciclador.

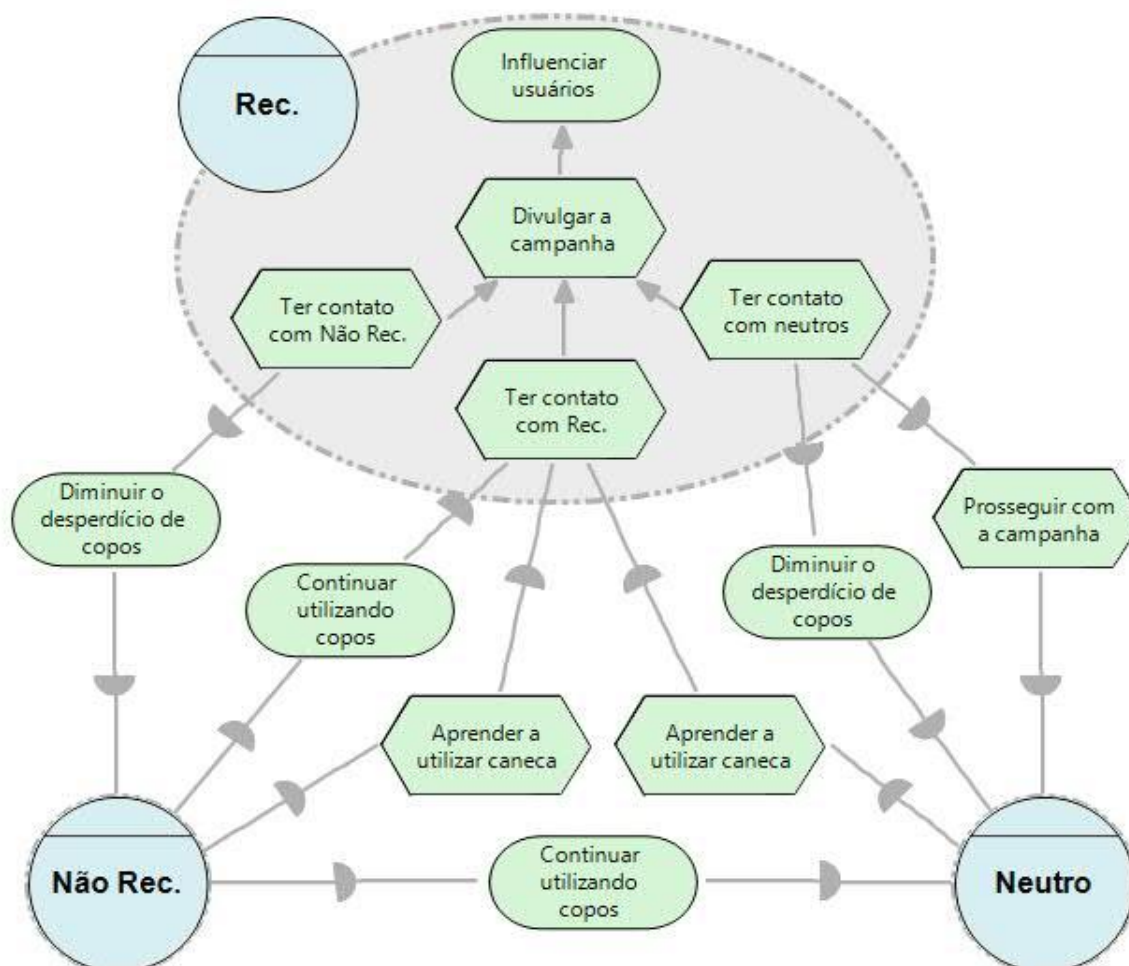
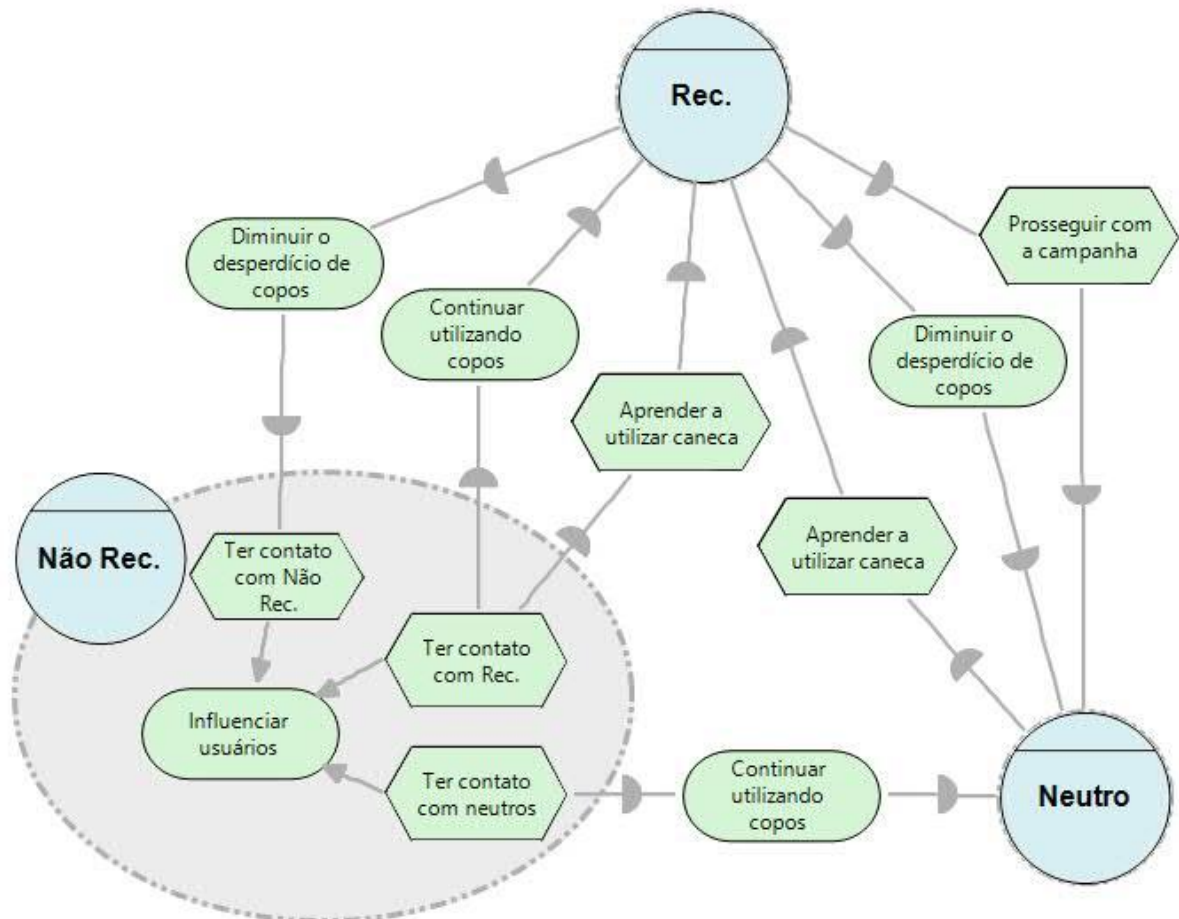


Figura 20 - Modelo i\* de Razão Estratégica para o agente Reciclador  
Fonte: Autoria Própria

O agente *Não Reciclador* também tem como principal objetivo *Influenciar usuários*, neste caso, a não utilizar canecas. Para isto, existem três meios: *Ter contato com recicladores*, *Ter contato com não recicladores* e *Ter contato com neutros*. Ele depende do contato com recicladores e neutros para atingir o objetivo de *Continuar utilizando copos*.

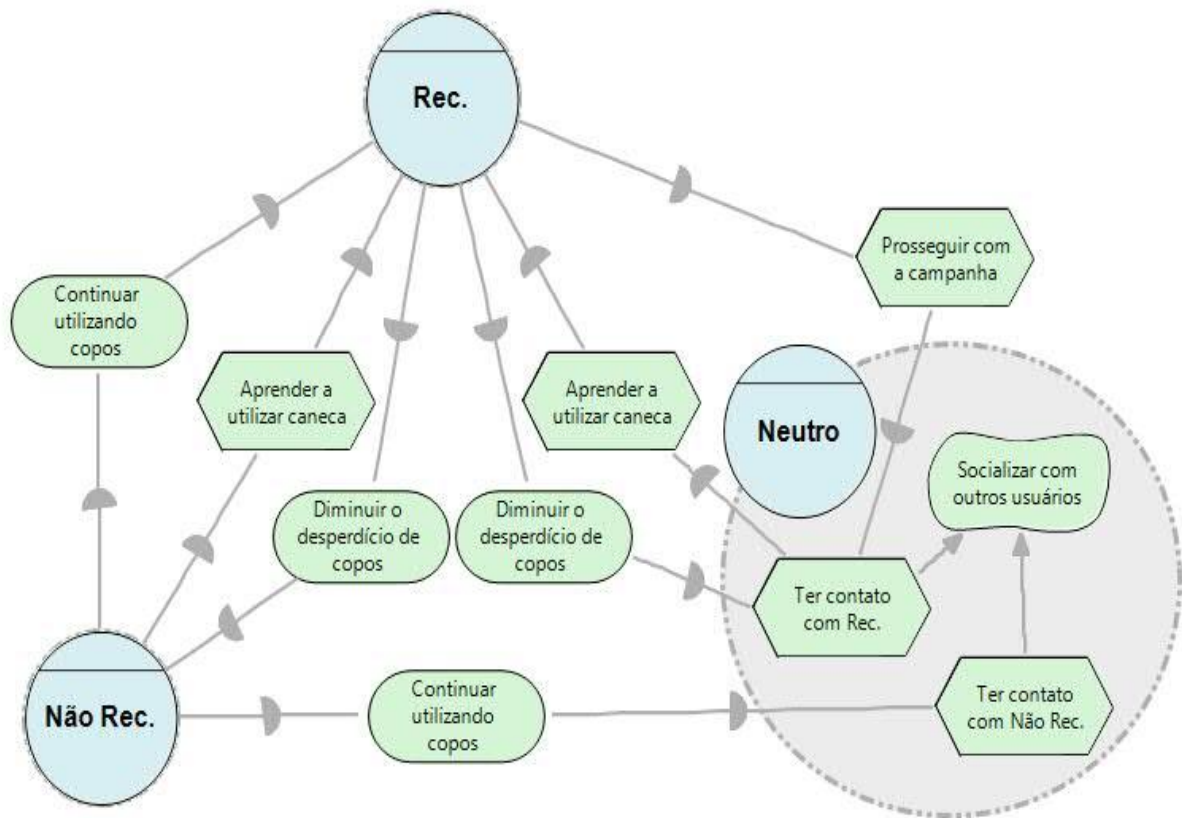
A Figura 21 apresenta o modelo SR para o agente não reciclador.



**Figura 21 - Modelo i\* de Razão Estratégica para o agente Não Reciclador**  
**Fonte: Autoria Própria**

O agente *Neutro* tem como meta-soft *Socializar com outros usuários*. Para isto, existem dois meios: *Ter contato com recicladores* e *Ter contato com não recicladores*.

A Figura 22 apresenta o modelo SR para o agente neutro.



**Figura 22 - Modelo i\* de Razão Estratégica para o agente Neutro**  
**Fonte: Autoria Própria**

## 5.2 REQUISITOS FINAIS

A fase de Requisitos Finais se preocupa com o refinamento dos modelos apresentados na fase de Requisitos iniciais. Nesta etapa novos atores e dependências são inseridos para representar mais detalhadamente o sistema a ser desenvolvido.

Os requisitos finais do estudo de caso estão definidos nos modelos SD e SR descritos nas próximas subseções.

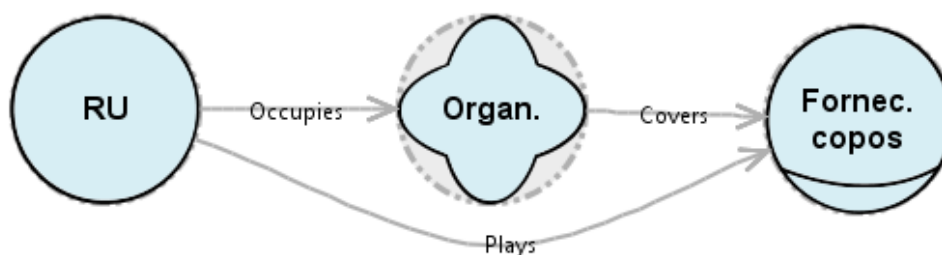
### 5.2.1 Modelo de Dependência Estratégica

Nesta etapa, foi identificada a necessidade de inserir mais três atores: RU, o qual representa o ambiente a ser desenvolvido, Semestre (Semest.) e o agente



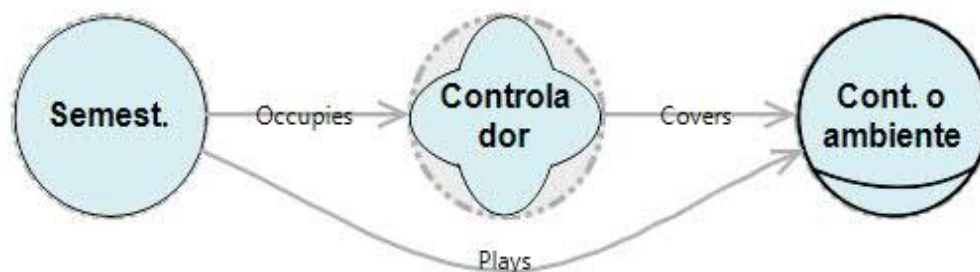
Colaborador (Colab.). Esses agentes são representados no sistema conforme as imagens abaixo.

- **RU:** Ocupa a posição de Organização, onde executa o papel de fornecedor de copos descartáveis. Esta arquitetura pode ser visualizada na Figura 23.



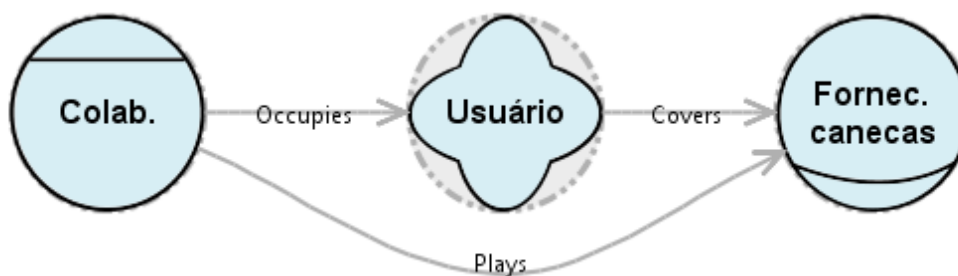
**Figura 23 - Ator RU**  
Fonte: Autoria Própria

- **Semestre:** Ocupa a posição de Controlador, onde executa o papel de Controlar o ambiente (dias letivos, quantidade de ingressos e quantidade de egressos). Esta arquitetura pode ser observada na Figura 24.



**Figura 24 - Ator Semestre**  
Fonte: Autoria Própria

- **Colaborador:** Executa o papel de fornecedor de canecas, onde pode ocupar tanto uma posição de usuário como uma posição de não usuário do sistema. Estas arquiteturas podem ser observadas, respectivamente, nas Figuras 25 e 26.
  - No caso de usuário, o colaborador pode ser um integrante do centro acadêmico, atlética, DCE, etc.



**Figura 25 - Agente Colaborador Interno**  
**Fonte: Autoria Própria**

- No caso de não usuário, o colaborador pode ser alguém externo a instituição que tenha o interesse de apoiar a campanha.



**Figura 26 - Agente Colaborador Externo**  
**Fonte: Autoria Própria**

O *RU* é o ator que representa a organização do restaurante universitário. Ele depende do agente *Reciclador* para atingir sua meta-soft de *Conscientizar usuários*. Além disso, também depende do agente *Colaborador* para obter o recurso *Caneca*. Os agentes *Não Reciclador* e *Neutro* dependem do *RU* para que o recurso *Copo descartável* lhe sejam fornecidos.

O ator *Semestre* (Semest.) é o responsável por controlar a duração de um semestre letivo e a quantidade de ingressantes e egressantes no ambiente, portanto o agente *Neutro* depende deste ator para atingir seu objetivo de *Ingressar na Universidade*.

Já o agente *Colaborador* (Colab.) é o responsável por fornecer o recurso *Caneca*, então o agente *Reciclador* e o ator *RU* dependem dele para conseguir tal recurso.

O modelo SD desta fase é apresentado na Figura 27.

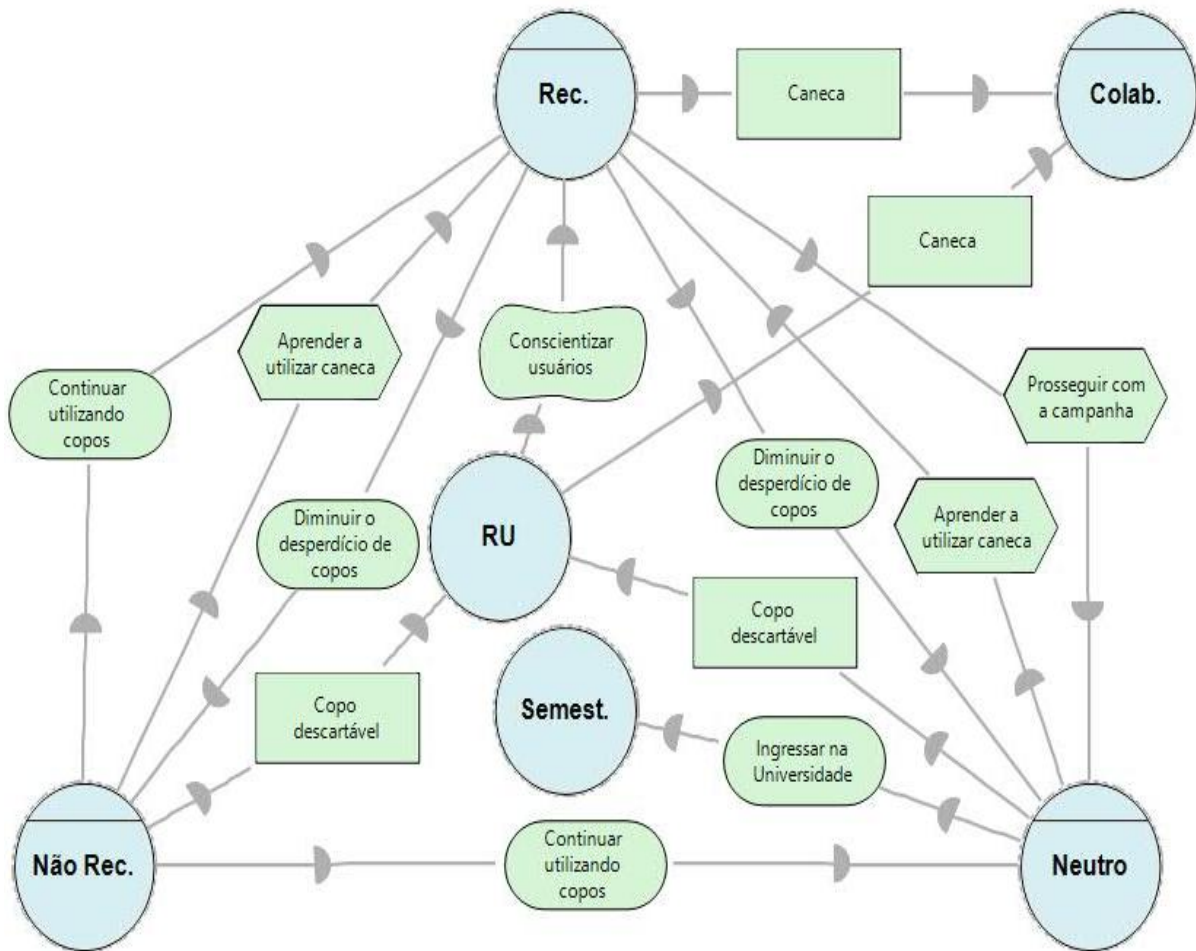


Figura 27 - Modelo i\* de Dependência Estratégica dos Requisitos Finais  
Fonte: Autoria Própria

### 5.2.2 Modelo de Razão Estratégica

Uma vez que os atores e suas principais dependências externas foram identificados no modelo SD, o modelo SR apresenta os relacionamentos intencionais internos dos mesmos.

O agente *Reciclador* tem como principal objetivo *Influenciar usuários*, no entanto para atingir essa meta ele deve executar a tarefa de *Divulgar a campanha*, onde os três meios possíveis são: *Ter contato com recicladores*, *Ter contato com não recicladores* e *Ter contato com neutros*. A partir da divulgação, o agente *Reciclador* passa a depender de um agente *Colaborador* para que o recurso *Caneca* lhe seja fornecido.

Além disso, depende de executar as tarefas de *Ter contato com neutros* e *Ter contato com não recicladores* para que o objetivo de *Diminuir o desperdício de copos* seja alcançado. Por fim, também depende de *Ter contato com neutros*, a fim de torná-los futuros recicladores, para que então a tarefa de *Prosseguir com a campanha* seja realizada.

A Figura 28 apresenta o modelo de requisitos finais para o agente reciclador.

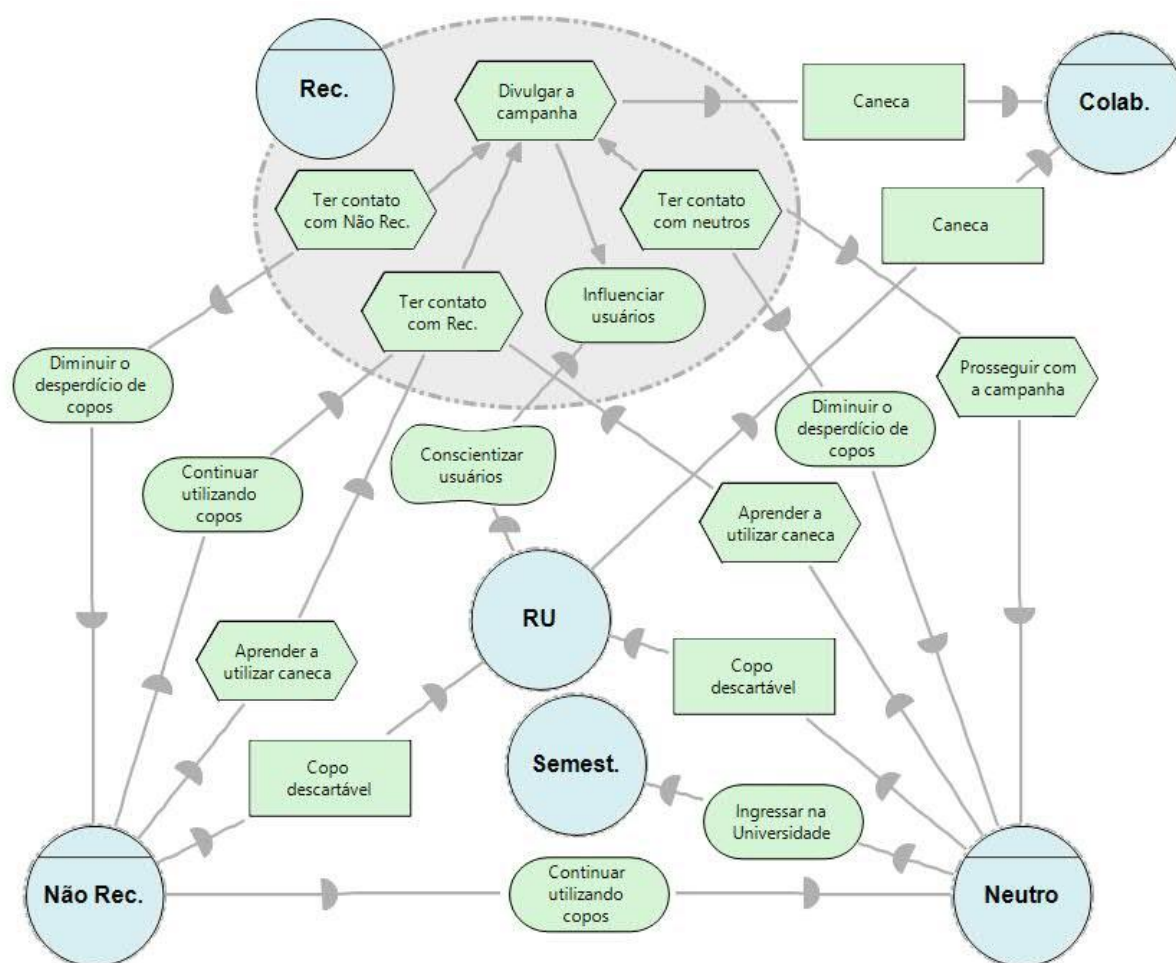


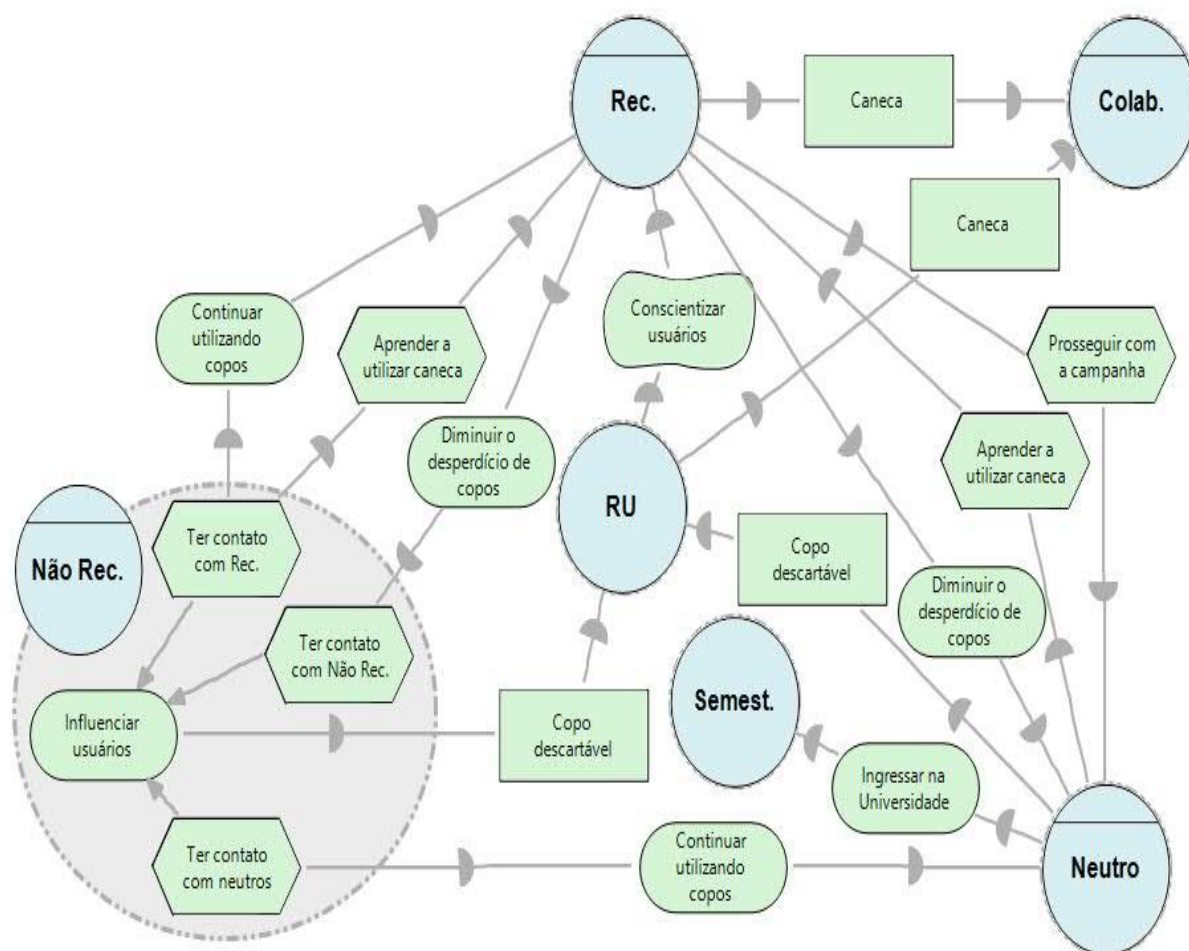
Figura 28 - Modelo i\* de Razão Estratégica dos Requisitos finais para o agente Reciclador  
Fonte: Autoria Própria

O agente *Não Reciclador* também possui como principal objetivo *Influenciar usuários*, para isto, conta três meios possíveis: *Ter contato com recicladores*, *Ter contato com não recicladores* e *Ter contato com neutros*. Ele depende do contato com os recicladores e com os neutros para atingir o objetivo de *Continuar utilizando copos*, visto que esse contato é uma forma de influenciá-los negativamente sobre o

uso das canecas. Então, se o objetivo de *Influenciar os usuários* for atingido, estes continuarão dependendo do RU para o fornecimento do recurso Copo descartável.

Porém, pode-se dizer que o agente *Não Reciclador* depende do agente *Reciclador* para executar a tarefa de *Aprender a utilizar canecas*.

A Figura 29 apresenta o modelo de requisitos finais para o agente Não Reciclador.



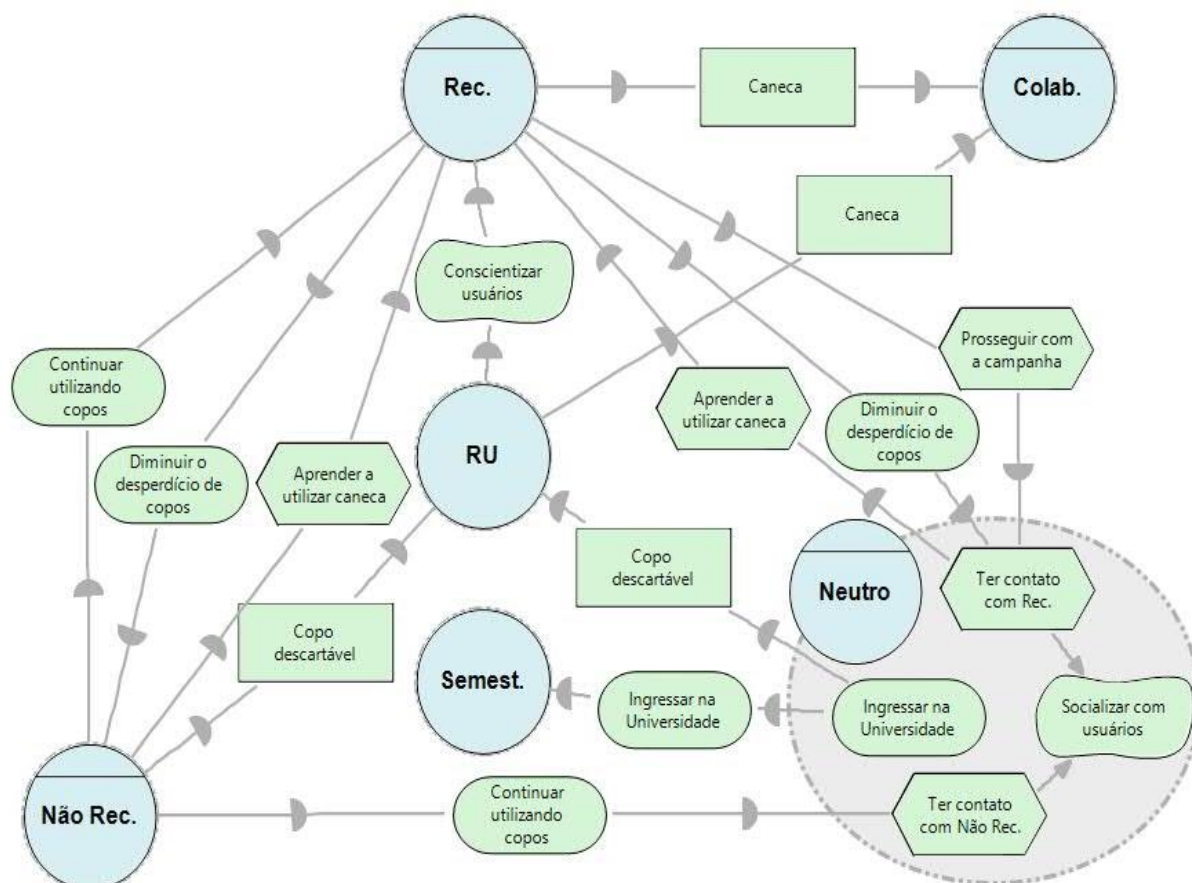
**Figura 29 - Modelo i\* de Razão Estratégica dos Requisitos finais para o agente Não Reciclador**  
Fonte: Autoria Própria

O agente *Neutro* tem como principal objetivo *Ingressar na Universidade*, para isto depende do agente *Semestre*, o qual é responsável por controlar a entrada no ambiente.

Além disto, possui como meta-soft *Socializar com usuários*, onde para tal, existem dois meios: *Ter contato com recicladores* e *Ter contato com não recicladores*. A partir do contato com recicladores é que se torna possível executar a tarefa de *Aprender a utilizar caneca*. Contudo, como se trata de um agente que

ainda não pertence a nenhum grupo social, acaba por depender do *RU* para que o recurso *Copo descartável* lhe seja fornecido nos dias que não optar pelo uso da caneca.

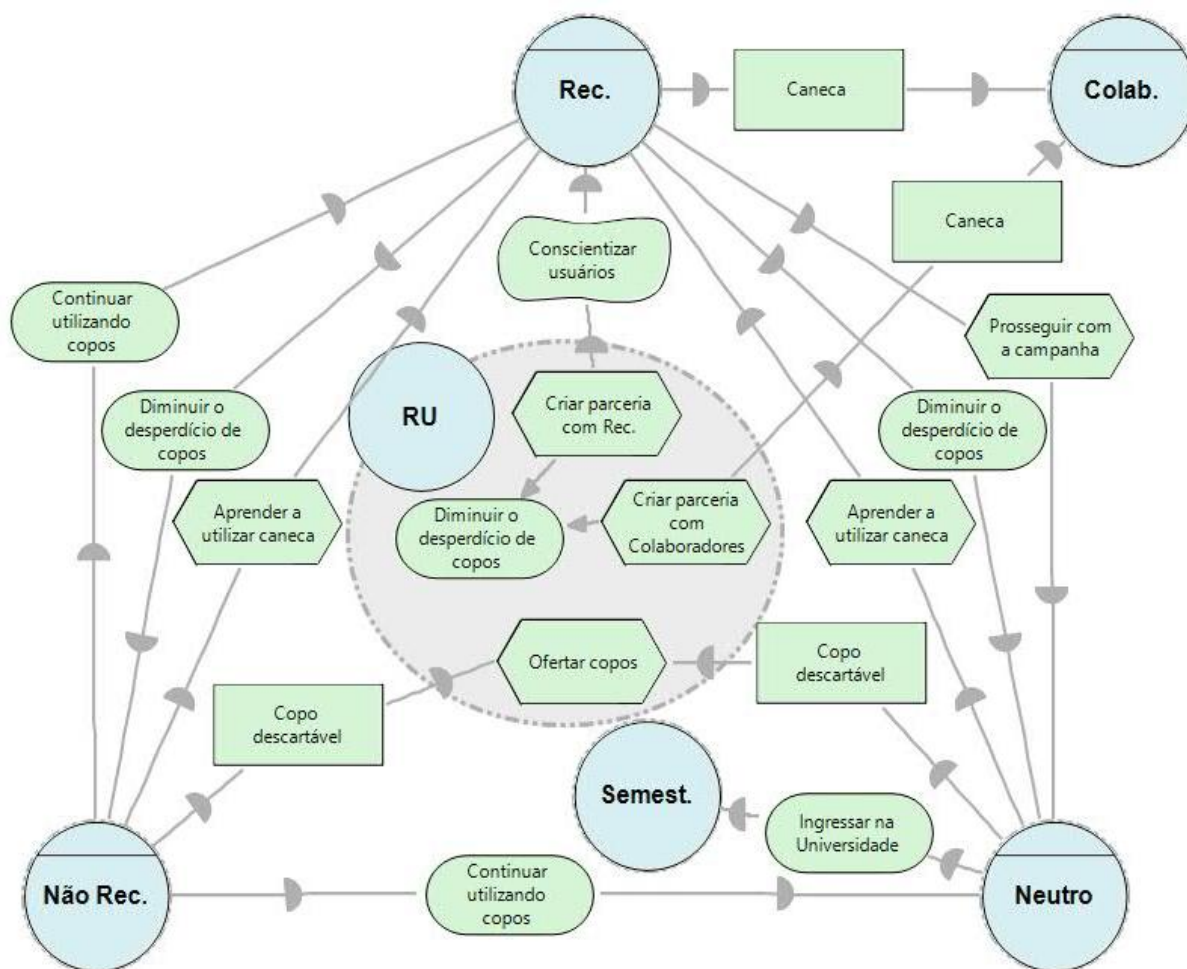
A Figura 30 apresenta o modelo de requisitos finais para o agente Neutro.



**Figura 30 - Modelo  $i^*$  de Razão Estratégica dos Requisitos finais para o agente Neutro**  
Fonte: Autoria Própria

O agente *RU* possui apenas um objetivo, *Diminuir o desperdício de copos*. Para isso, existem dois meios: *Criar parceria com recicladores* e *Criar parceria com colaboradores*. Depende também da criação da parceria com os recicladores para alcançar sua meta-soft de *Conscientizar usuários*. Além disso, depende do agente *Colaborador* para obter o recurso *Caneca*.

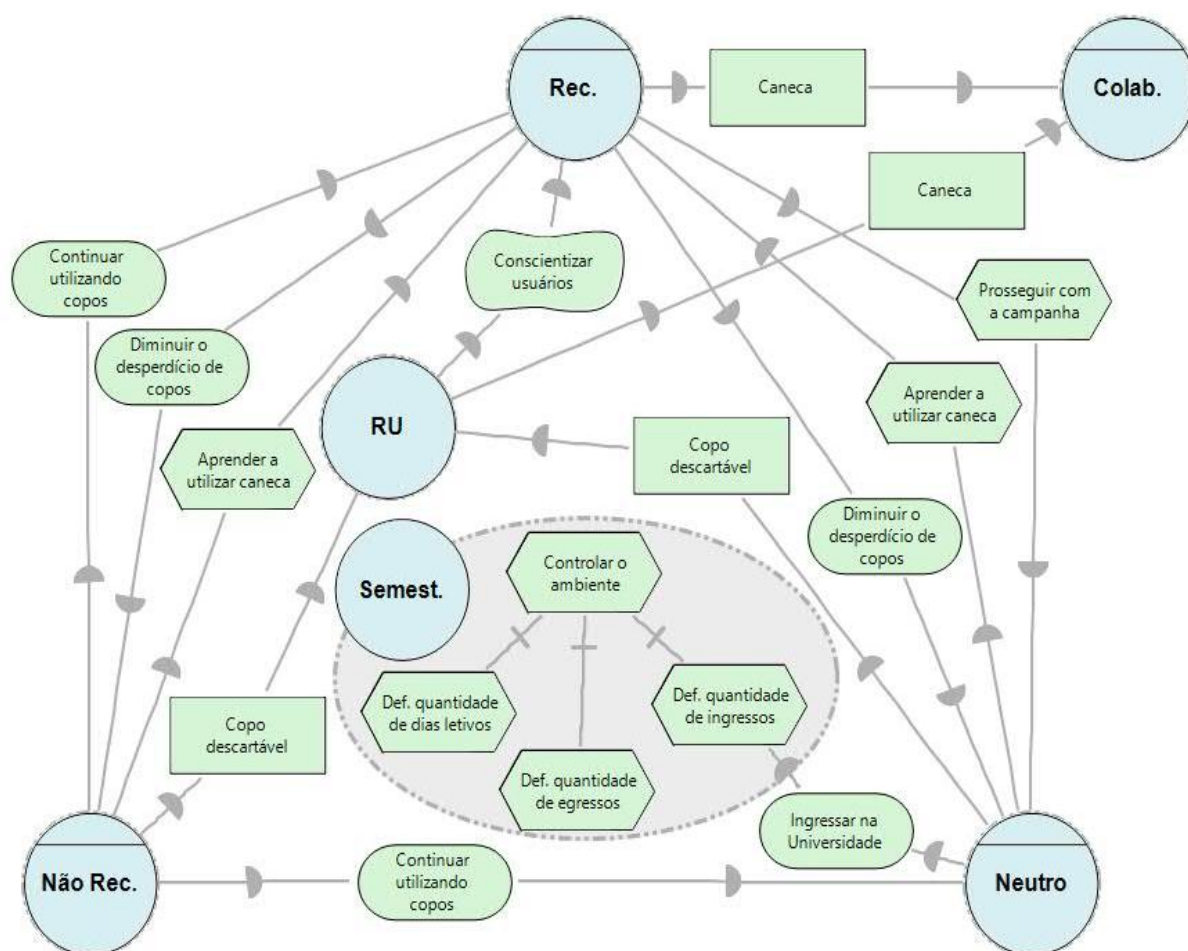
A Figura 31 ilustra o modelo de requisitos finais para o ator *RU*.



**Figura 31 - Modelo i\* de Razão Estratégica dos Requisitos finais para o ator RU**  
**Fonte: Autoria Própria**

O ator *Semestre* tem como tarefa *Controlar o ambiente*, no entanto primeiramente deve cumprir as sub-tarefas *Definir dias letivos* e *Definir a quantidade de ingressos e egressos no ambiente*.

A Figura 32 apresenta o modelo de requisitos finais do agente *Semestre*.



**Figura 32 - Modelo i\* de Razão Estratégica dos Requisitos finais para o ator Semestre**  
**Fonte: Autoria Própria**

O agente *Colaborador* possui apenas um objetivo, *Fazer propaganda*. Para isso, há o meio *Fornecer canecas*. É a partir da execução desta tarefa que o agente *Reciclador* tem o recurso caneca fornecido.

A Figura 33 apresenta o modelo de requisitos finais para o agente Colaborador.



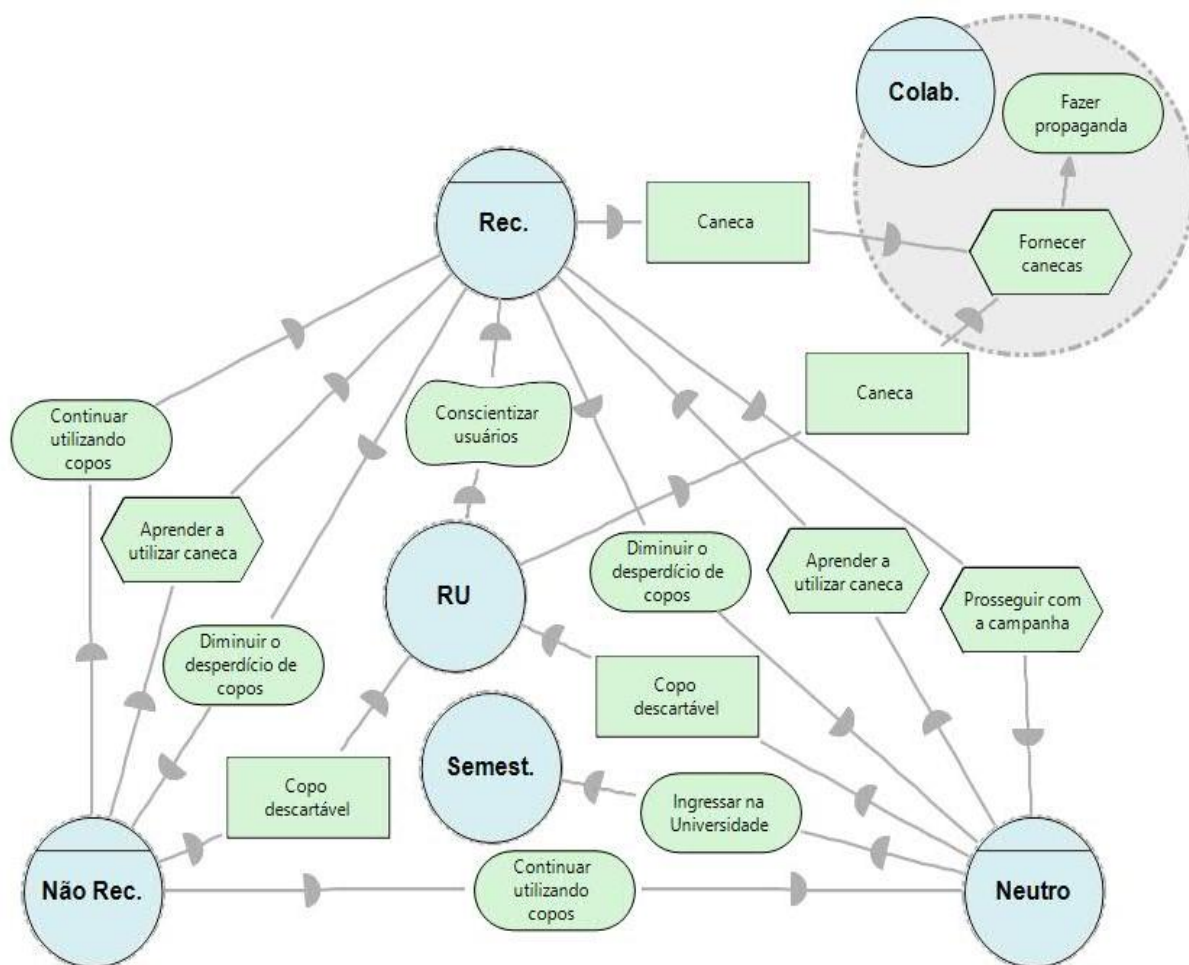


Figura 33 - Modelo i\* de Razão Estratégica dos Requisitos finais para o agente Colaborador  
Fonte: Autoria Própria

## 6 DESENVOLVIMENTO DO SMA NA FERRAMENTA NETLOGO

Como descrito no decorrer do trabalho, a simulação do SMA será realizada por meio da ferramenta Netlogo. O modelo criado para essa etapa pode ser visto nas Figuras 34, 35 e 36.

Os detalhes referentes à codificação podem ser observados no Apêndice A.

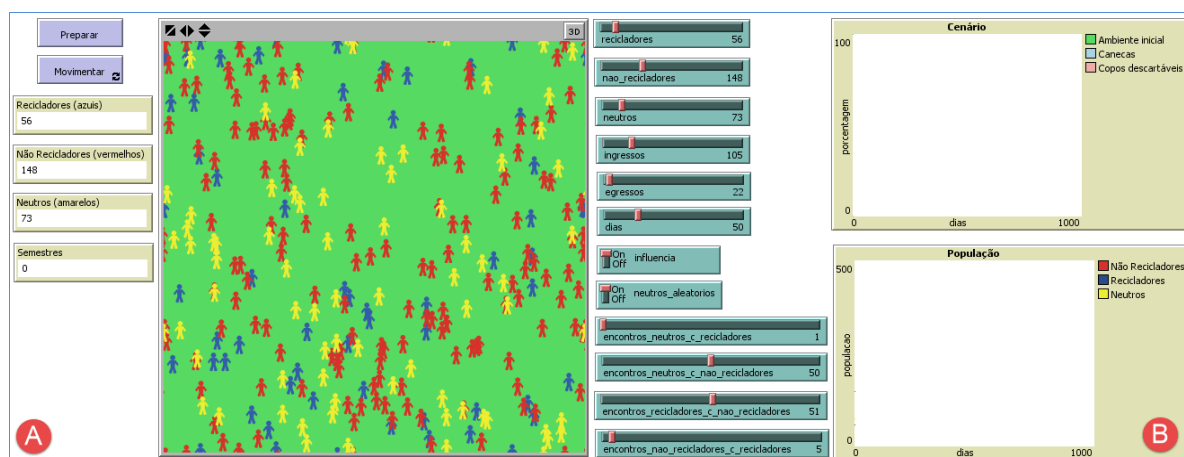


Figura 34 - Protótipo do estudo de caso elaborado na ferramenta Netlogo  
Fonte: Autoria Própria

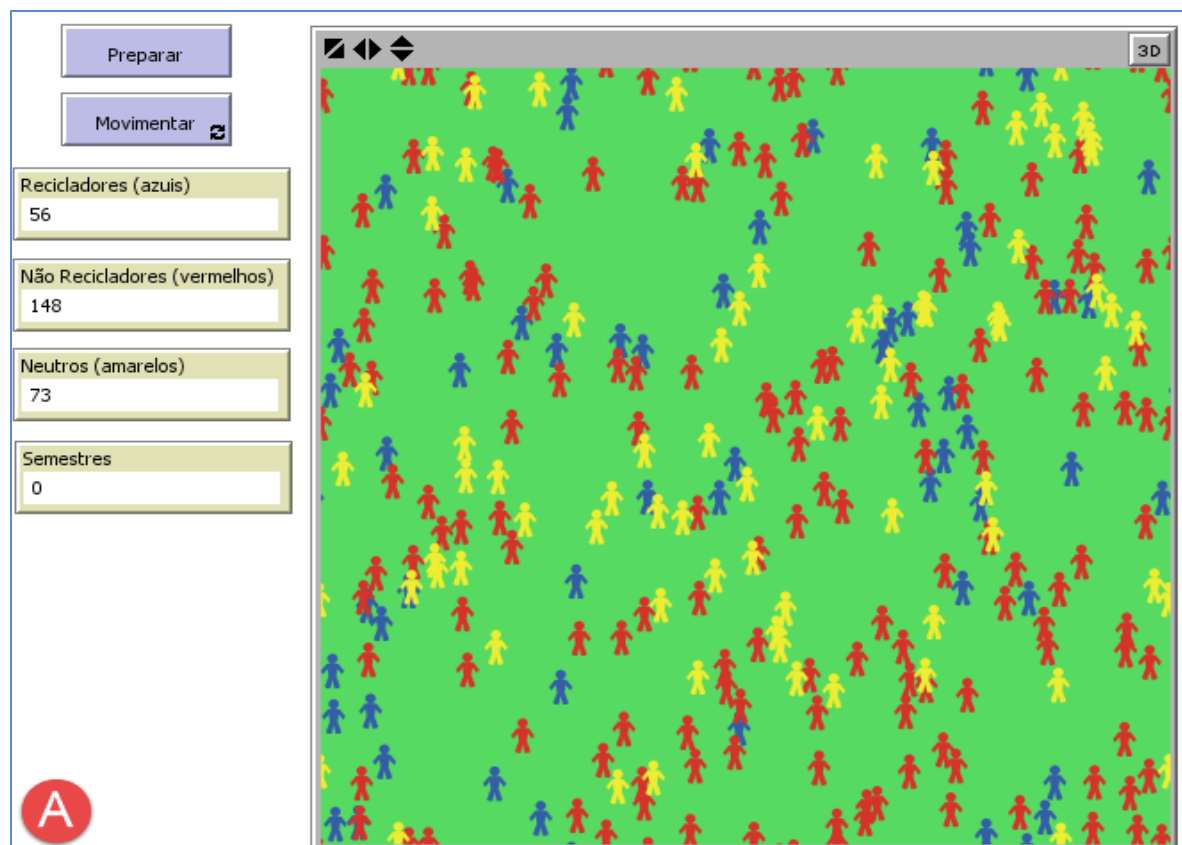


Figura 35 - Protótipo desenvolvido na ferramenta Netlogo Parte A  
Fonte: Autoria Própria

A seguir serão descritas as funcionalidades de cada componente apresentado na Figura 35.

- **Preparar:** O botão preparar é responsável por colocar o modelo nas condições iniciais.
- **Movimentar:** Este botão é o responsável por iniciar o movimento dos agentes no ambiente.
- **Recicladores (azuis):** Este monitor é responsável por exibir dinamicamente a quantidade de agentes recicladores que estão no ambiente.
- **Não Recicladores (vermelhos):** Possui a mesma função do monitor de recicladores, no entanto contabiliza a quantidade de agentes não recicladores que estão no ambiente.
- **Neutros (amarelos):** Possui a mesma função dos anteriores, porém exibe a quantidade de agentes neutros que estão no ambiente.
- **Semestres:** O monitor de semestres é responsável por exibir quantos semestres já se passaram durante a simulação.
- **Célula:** Cada célula da interface de simulação representa um copo ou uma caneca a ser utilizada. Neste modelo, cada célula pode assumir três cores:
  - **Azul:** Quando um agente opta pelo uso da caneca.
  - **Vermelho:** Quando um agente opta pelo uso do copo descartável.
  - **Verde:** Significa que nenhum agente explorou esta célula até o momento.

Como não foi realizada nenhuma movimentação dos agentes, na Figura 35 todas as células se encontram atualmente como verdes.

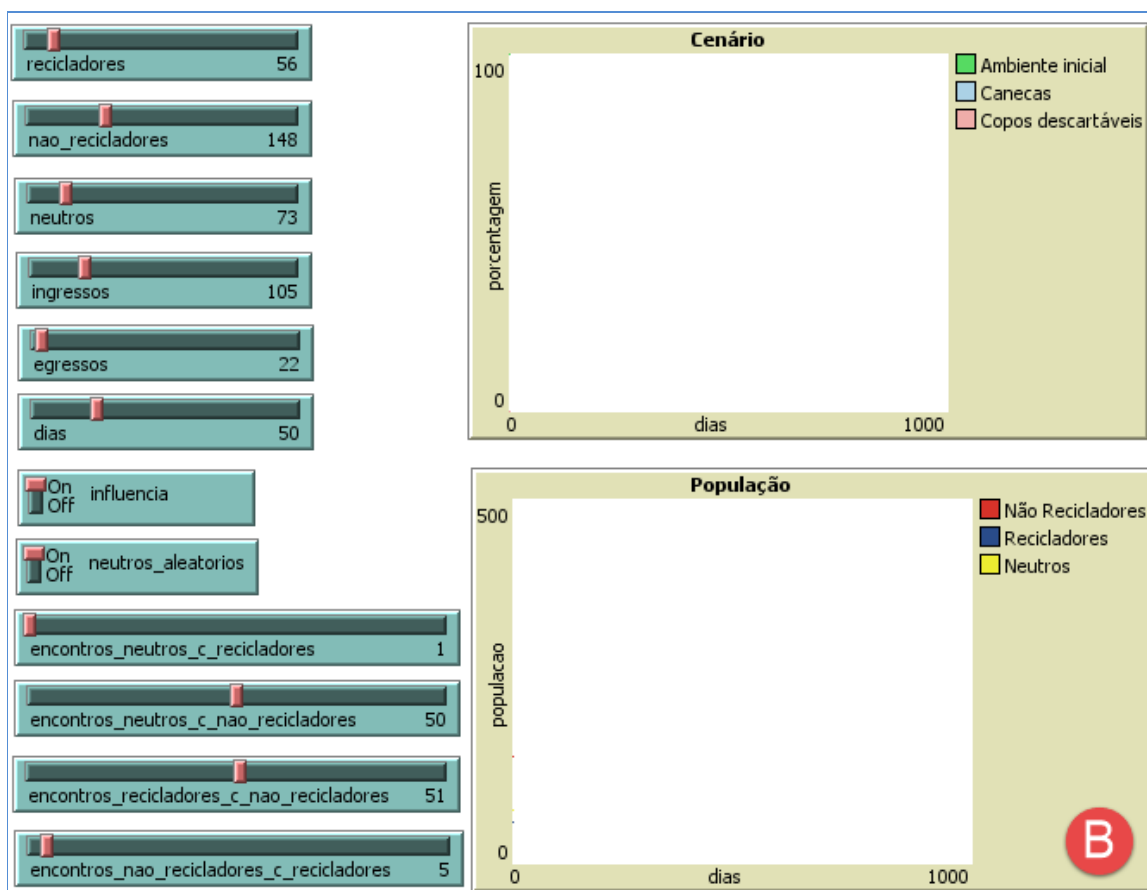
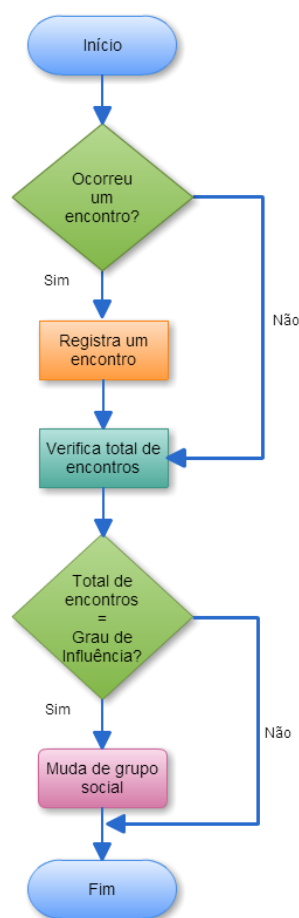


Figura 36 - Protótipo desenvolvido na ferramenta Netlogo Parte B  
Fonte: Autoria Própria

A seguir serão descritas as funcionalidades de cada componente apresentado na Figura 36.

- **recicladores:** Este *slider* possibilita definir quantos agentes recicladores iniciarão no ambiente.
- **nao\_recicladores:** Possibilita definir quantos agentes não recicladores iniciarão no ambiente.
- **neutros:** Assim como os anteriores, possibilita definir quantos agentes neutros iniciarão no ambiente.
- **ingressos:** Este *slider* possibilita definir quantos agentes neutros ingressarão no ambiente a cada semestre letivo.

- **egressos:** Define quantos agentes sairão do ambiente a cada semestre letivo.
- **dias:** A quantidade de dias definidos neste *slider* equivalem a um semestre letivo na simulação.
- **influencia:** O interruptor de influência social possui dois estados:
  - **On:** Significa que os agentes se influenciarão entre si, exceto o agente neutro que apenas sofre influência dos agentes recicladores e não recicladores. Esta influência acontece quando um dado agente se encontra na mesma célula (recurso) com outros agentes. Com isso, esse agente guarda em seu histórico as relações com os demais agentes, quando se atinge um determinado nível (estabelecido pelo respectivo *grau de influência* – definido logo abaixo), o agente muda o grupo social ao qual pertence. Este fluxo pode ser observado na Figura 37.



**Figura 37 - Processo de mudança de grupo social**  
**Fonte: Autoria Própria**

- **Off:** Neste caso não haverá influência e os agentes se comportarão conforme as configurações iniciais.
- **neutros\_aleatorios:** Este interruptor define as seguintes situações:
  - **On:** Os ingressos farão uso de copos descartáveis ou canecas aleatoriamente, ou seja, um dia utilizam um recurso já no outro dia podem utilizar o outro. Isto ocorrerá até que esses agentes passem a pertencer a um dos grupos sociais.
  - **Off:** Neste caso os ingressos entram utilizando apenas copos descartáveis até que passem a pertencer a um dos grupos sociais.
- **encontros\_neutros\_c\_recicladores:** Este *slider* define o grau de influência dos agentes recicladores sobre os agentes neutros. Por exemplo, se o grau de influência for definido como 1, significa que o agente reciclador possui um grau de influência forte, pois basta apenas 1 encontro para que o agente neutro pertença ao seu grupo social. Ao passo, que um grau igual a 50 significa um grau fraco, pois são necessários 50 encontros para que a mudança ocorra.
- **encontros\_neutros\_c\_nao\_recicladores:** Este é responsável por definir o grau de influência dos agentes não recicladores sobre os agentes neutros.
- **encontros\_recicladores\_c\_n\_recicladores:** Este tem como finalidade definir o grau de influência dos agentes não recicladores sobre os agentes recicladores.
- **encontros\_nao\_recicladores\_c\_recicladores:** Assim como os anteriores, este tem como finalidade definir o grau de influência dos agentes recicladores sobre os agentes não recicladores.
- **Cenário:** O gráfico do cenário tem como finalidade ilustrar como está o ambiente em termos de utilização dos recursos (em porcentagem) no decorrer dos semestres letivos. Os resultados são apresentados em três cores: verde para recurso ainda não explorado, azul para canecas e vermelho para copos descartáveis.

- **População:** Este gráfico tem como objetivo exibir a quantidade de agentes por grupo no decorrer dos semestres letivos. Os resultados são visualizados em três cores: azul representa agentes recicladores, vermelho representa agentes não recicladores e amarelo representa agentes neutros.

## 7 RESULTADOS

Este Capítulo apresenta os resultados obtidos por meio da simulação na ferramenta Netlogo. Para facilitar a visualização dos mesmos, a Seção 7.1 apresentará os experimentos realizados com as configurações divididas em grupos: sem influência social com Neutros aleatórios “On” e “Off” (Subseção 7.1.1) e com influência social com Neutros aleatórios “On” e “Off” (Subseção 7.1.2).

### 7.1 EXPERIMENTOS

A Tabela 3 apresenta as entradas de cada configuração abordada. É importante ressaltar que todas as simulações têm duração de 10 semestres.

**Tabela 3 - Entradas referentes às configurações selecionadas para as simulações no Netlogo**

<b>Configurações</b>													
<b>Entradas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
<b>Recicladores</b>	25	220	123	72	300	186	40	250	145	30	400	215	215
<b>Não recicladores</b>	220	25	123	300	72	186	250	40	145	400	30	215	215
<b>Neutros</b>	70	70	70	54	54	54	65	65	65	100	100	100	100
<b>Ingressos</b>	70	70	70	54	54	54	65	65	65	120	120	120	120
<b>Egressos</b>	22	22	22	35	35	35	45	45	45	40	40	40	40
<b>Dias</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>Influência</b>	Off	Off	Off	Off	Off	Off	On	On	On	On	On	On	On
<b>Neutros aleatórios</b>	Off	Off	Off	On	On	On	Off	Off	Off	On	On	On	On
<b>Enc. Neutros c/ Recicladores</b>	0	0	0	0	0	0	10	10	10	15	15	5	20
<b>Enc. Neutros c/ Não recicladores</b>	0	0	0	0	0	0	10	10	10	15	15	20	5
<b>Enc. Recicladores c/ Não Recicladores</b>	0	0	0	0	0	0	20	20	20	25	25	20	5
<b>Enc. Não recicladores c/ Recicladores</b>	0	0	0	0	0	0	20	20	20	25	25	5	20

Fonte: Autoria Própria



É necessário destacar que as configurações em relação a quantidade de agentes (recicladores, não recicladores e neutros, ver Tabela 3) foram baseadas no número aproximado de alunos de alguns cursos da UFLIP, o qual varia de 300 à 500 alunos.

### 7.1.1 Configurações sem Influência social

Nas Configurações onde a influência social está como “Off”, todos os agentes permanecem no mesmo grupo social, ou seja, não mudam de opinião com o decorrer do tempo.

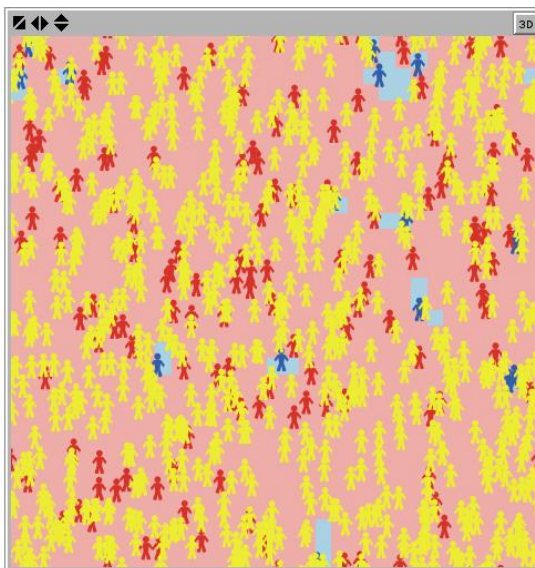
Além disso, quando o parâmetro “Neutros aleatórios” também está como “Off” significa que esses agentes sempre utilizam copos descartáveis diferentemente de quando está como “On” que significa que hora eles utilizam copos e hora utilizam canecas.

#### 7.1.1.1 Neutros aleatórios “Off”

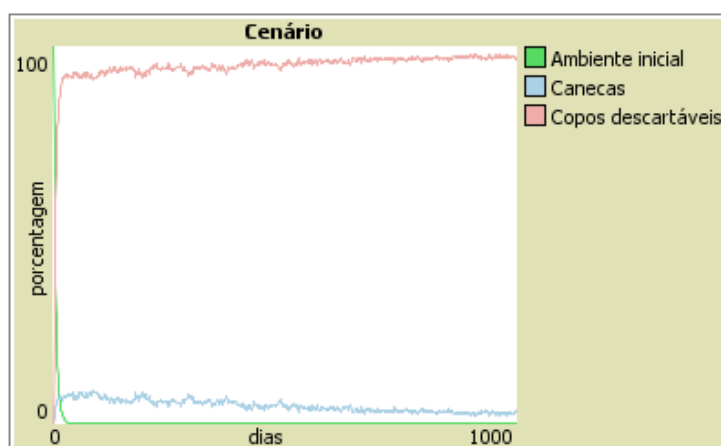
- **Entrada 1:**

A entrada 1 foi inicializada com 25 recicladores, 220 não recicladores, 70 neutros, 70 ingressos e 22 egressos. Essa configuração foi escolhida para abordar um ambiente onde haja mais não recicladores que recicladores. Diante disso, obteve-se um ambiente “negativamente” desequilibrado, onde a maioria dos agentes estão utilizando copos descartáveis.

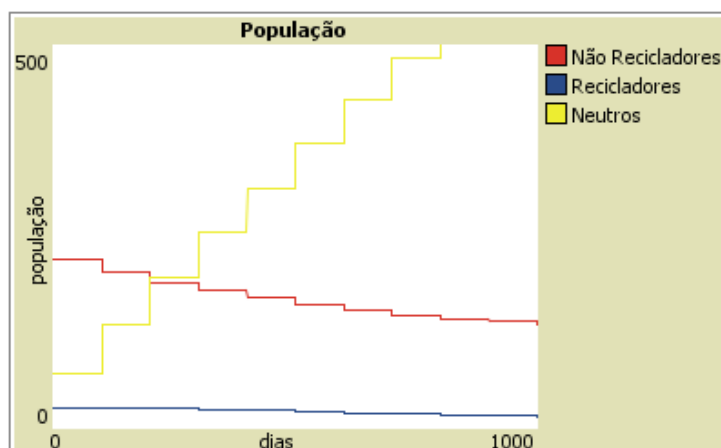
Os resultados desta entrada podem ser vistos a partir da Figura 37 e dos Gráficos 1 e 2.



**Figura 38 - Ambiente final referente à entrada 1**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Gráfico 1 - Gráfico referente ao cenário da entrada 1**  
**Fonte: Autoria Própria**



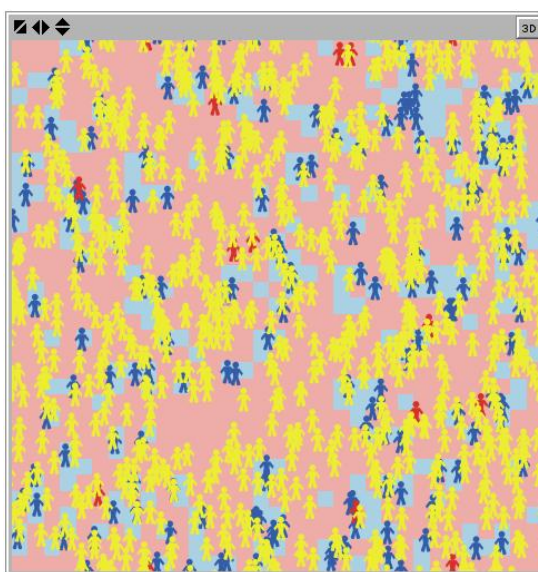
**Gráfico 2 - Gráfico referente à população da entrada 1**  
**Fonte: Autoria Própria**

- **Entrada 2:**

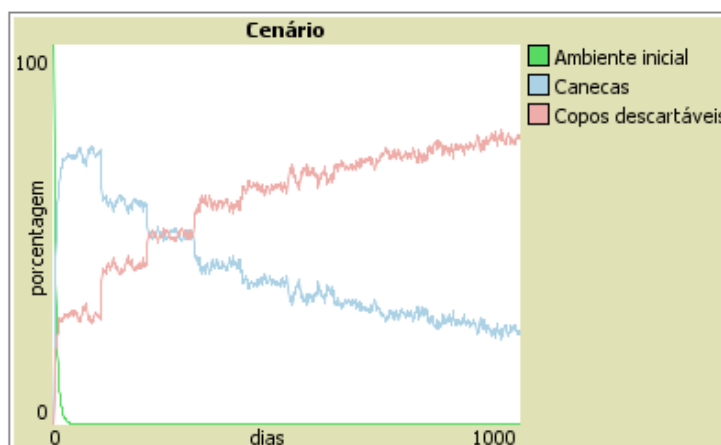
A entrada 2 foi inicializada com 220 recicladores, 25 não recicladores, 70 neutros, 70 ingressos e 22 egressos, ou seja, apenas foram invertidos os parâmetros de quantidade de recicladores e não recicladores definidos na entrada 1.

Embora o mesmo tenha apresentado um pouco mais de agentes utilizando canecas ainda pode-se dizer que o ambiente continua “negativamente” desequilibrado.

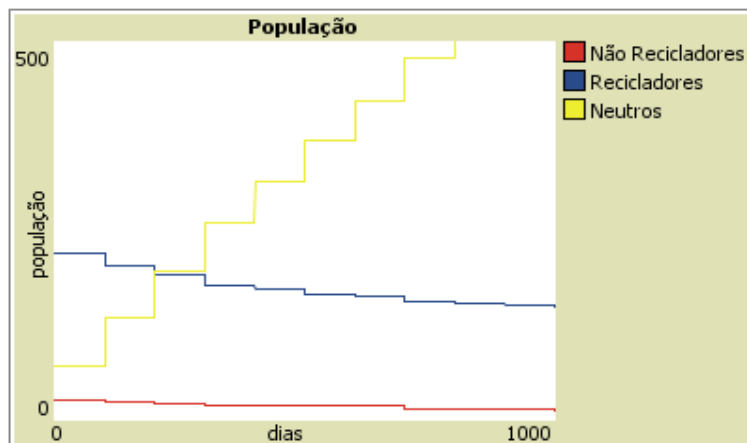
O resultado da simulação desta entrada pode ser visualizado na Figura 38 e nos Gráficos 3 e 4.



**Figura 39 - Ambiente final referente à entrada 2**  
Fonte: Autoria Própria



**Gráfico 3 - Gráfico referente ao cenário da entrada 2**  
Fonte: Autoria Própria



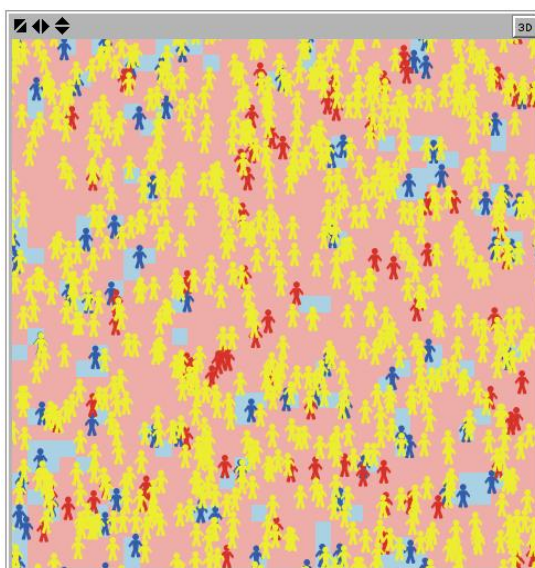
**Gráfico 4 - Gráfico referente à população da entrada 2**  
**Fonte: Autoria Própria**

- **Entrada 3:**

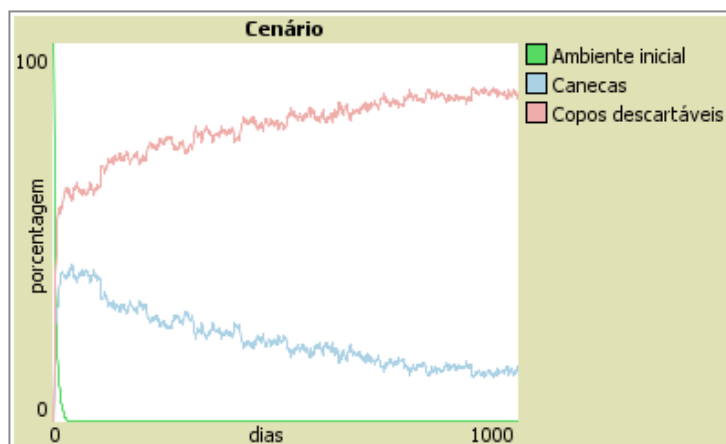
Para finalizar as entradas sem que os neutros utilizem os recursos aleatoriamente e sem influência social no ambiente, a entrada 3 foi inicializada com 123 recicladores, 123 não recicladores, 70 neutros, 70 ingressos e 22 egressos.

O ambiente também se apresentou “negativamente” desequilibrado, ou seja, há mais usuários utilizando copos descartáveis do que canecas.

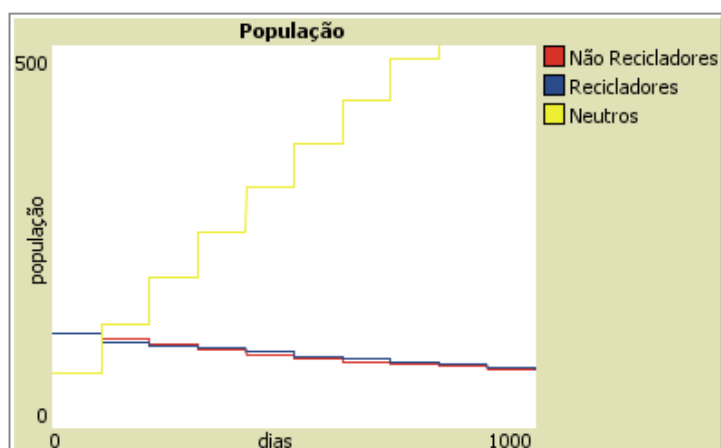
O resultado desta entrada pode ser visualizado na Figura 39 e nos Gráficos 5 e 6.



**Figura 40 - Ambiente final referente à entrada 3**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Gráfico 5 - Gráfico referente ao cenário da entrada 3**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Gráfico 6 - Gráfico referente à população da entrada 3**  
**Fonte: Autoria Própria**

#### 7.1.1.2 Neutros aleatórios “On”

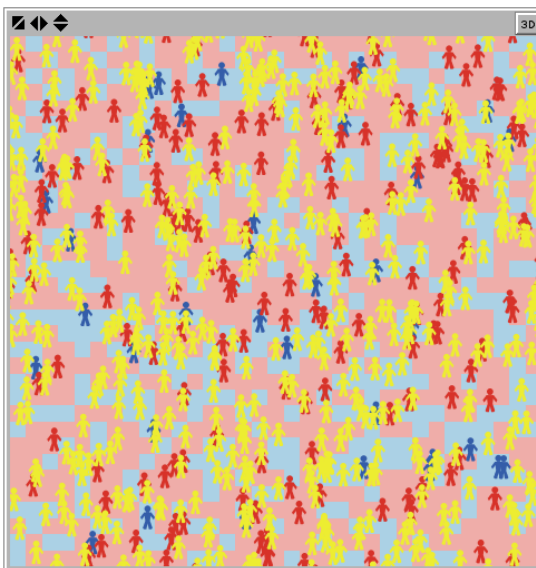
A partir da entrada 4, os neutros utilizam de maneira aleatória copos descartáveis ou canecas.

- **Entrada 4:**

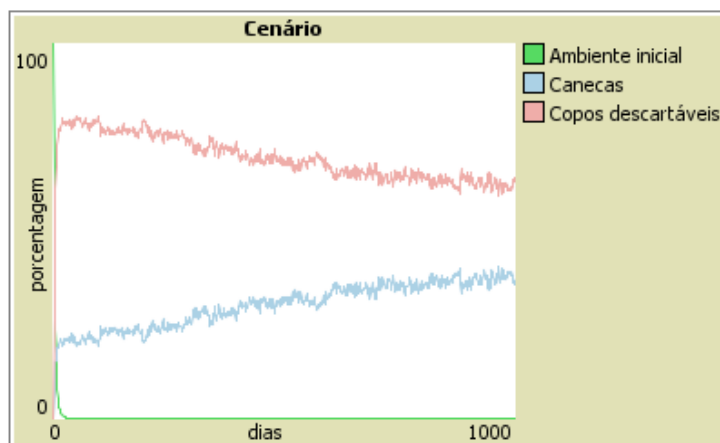
A entrada 4 foi inicializada com 72 recicladores, 300 não recicladores, 54 neutros, 54 ingressos e 35 egressos. O objetivo dessa configuração é abordar um ambiente com menos recicladores e mais não recicladores.

Como ainda não há influência social neste ambiente, o mesmo continua apresentando uma maior utilização de copos descartáveis do que canecas.

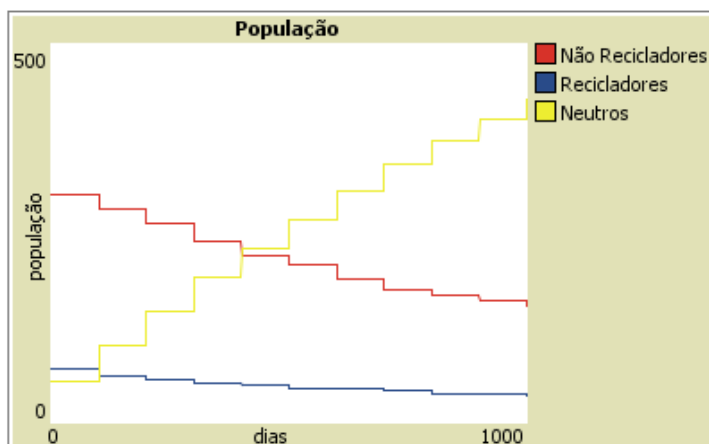
O resultado desta entrada pode ser visto na Figura 40 e nos Gráficos 7 e 8.



**Figura 41 - Ambiente final referente à entrada 4**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Gráfico 7 - Gráfico referente ao cenário da entrada 4**  
**Fonte: Autoria Própria**



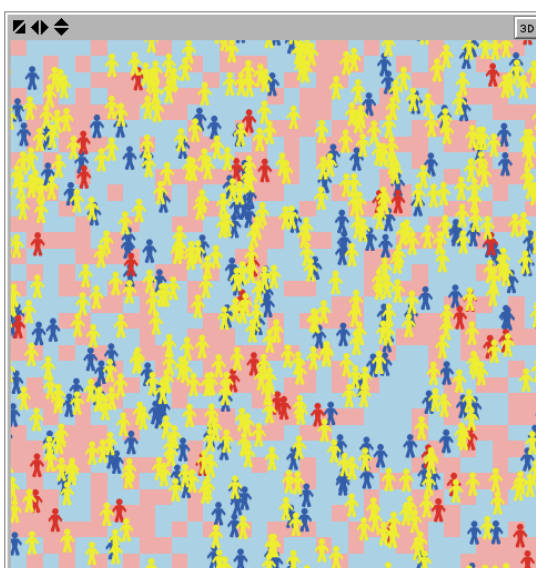
**Gráfico 8 - Gráfico referente à população da entrada 4**  
**Fonte: Autoria Própria**

- **Entrada 5:**

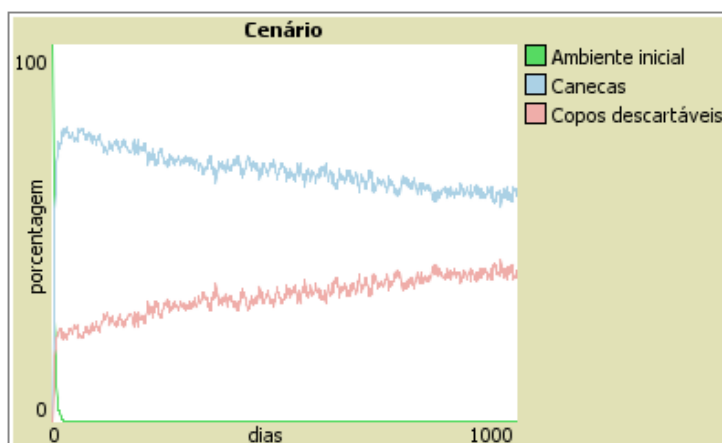
A entrada 5 foi inicializada com 300 recicladores, 72 não recicladores, 54 neutros, 54 ingressos e 35 egressos, ou seja, apenas foram invertidos os parâmetros de quantidade de recicladores e não recicladores definidos na entrada 4.

O resultado obtido foi um ambiente mais equilibrado em termos dos recursos. Já em termos de população os neutros estão em maioria, visto que como não há influência social não é possível se tornarem recicladores ou não recicladores.

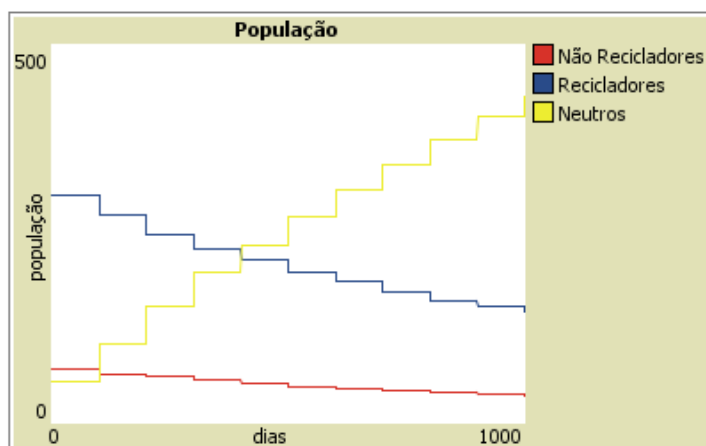
O resultado desta entrada pode ser observado na Figura 41 e nos Gráficos 9 e 10.



**Figura 42 - Ambiente final referente à entrada 5**  
Fonte: Autoria Própria



**Gráfico 9 - Gráfico referente ao cenário da entrada 5**  
Fonte: Autoria Própria



**Gráfico 10 - Gráfico referente à população da entrada 5**  
**Fonte: Autoria Própria**

- **Entrada 6:**

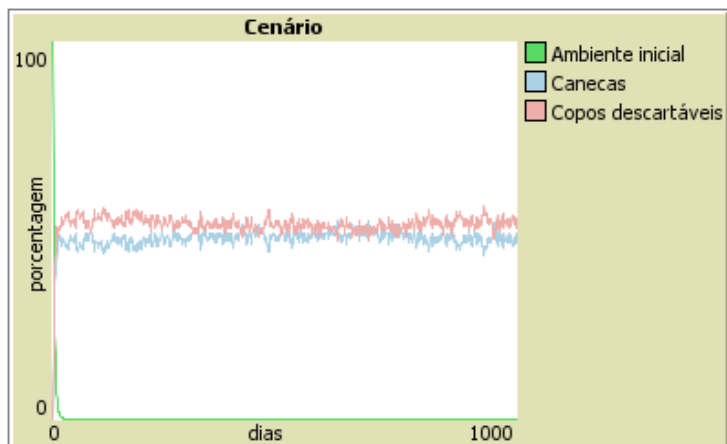
Para finalizar as entradas sem influência social e com neutros utilizando os recursos aleatoriamente, a entrada 6 foi inicializada com 186 recicladores, 186 não recicladores, 54 neutros, 54 ingressos e 35 egressos, ou seja, aborda um ambiente com a mesma quantidade de recicladores e não recicladores.

O resultado da simulação desta entrada foi um ambiente mais equilibrado o qual pode ser visto na Figura 42 e nos Gráficos 11 e 12.

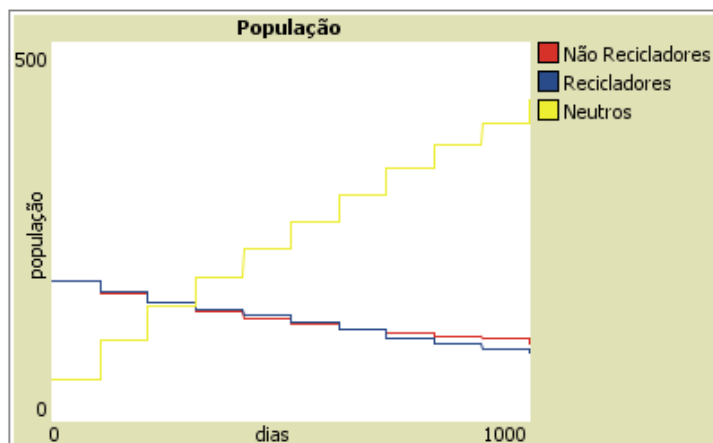


**Figura 43 - Ambiente final referente à entrada 6**  
**Fonte: Autoria Própria**





**Gráfico 11 - Gráfico referente ao cenário da entrada 6**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Gráfico 12 - Gráfico referente à população da entrada 6**  
**Fonte: Autoria Própria**

### 7.1.2 Configurações com Influência social

Nas Configurações onde a influência social está como “On”, todos os agentes podem mudar o grupo social a que pertencem, ou seja, podem mudar de opinião com o decorrer do tempo.

Assim como nas configurações sem influência social, estas serão divididas em dois grupos: Neutros aleatórios “Off” e Neutros aleatórios “On”.

### 7.1.2.1 Neutros aleatórios “Off”

Este parâmetro como citado anteriormente define que os neutros utilizarão apenas copos descartáveis.

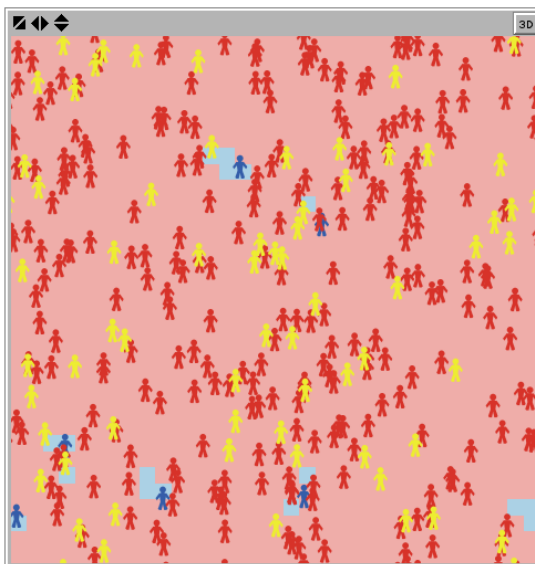
- **Entrada 7:**

A entrada 7 foi inicializada com 40 recicladores, 250 não recicladores, 65 neutros, 65 ingressos e 45 egressos. E como há influência social no ambiente foi necessário configurar a quantidade de “encontros” para que seja possível ocorrer a mudança de grupo social.

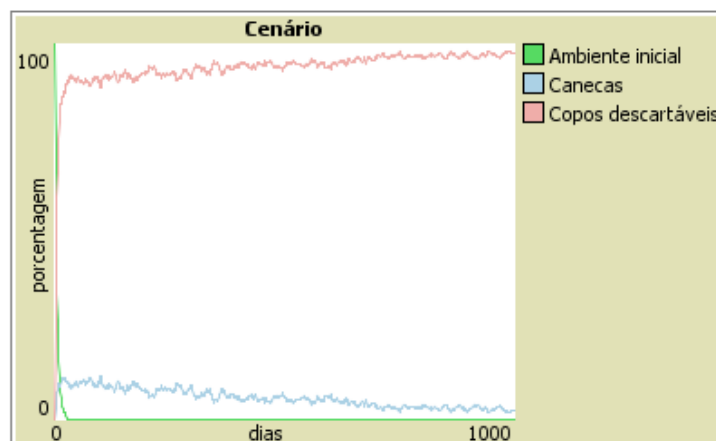
Portanto, foram definidos 10 encontros para que um agente neutro se torne reciclador ou não reciclador e 20 encontros para que recicladores se tornem não recicladores ou vice-versa.

Como há mais agentes não recicladores no ambiente há uma grande possibilidade dos neutros e dos recicladores se tornarem não recicladores também.

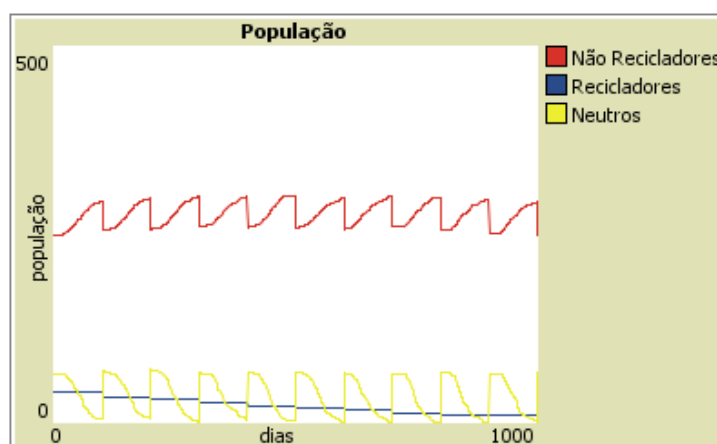
O resultado pode ser visualizado na Figura 43 e nos Gráficos 13 e 14.



**Figura 44 - Ambiente final referente à entrada 7**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Gráfico 13 - Gráfico referente ao cenário da entrada 7**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Gráfico 14 - Gráfico referente à população da entrada 7**  
**Fonte: Autoria Própria**

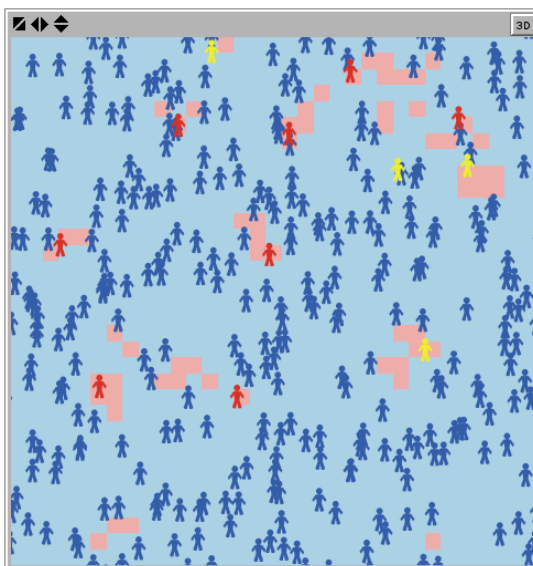
- **Entrada 8:**

A entrada 8 foi inicializada com 250 recicladores, 40 não recicladores, 65 neutros, 65 ingressos e 45 egressos, ou seja, apenas foram invertidos os parâmetros de quantidade de agentes recicladores e não recicladores definidos na entrada 7.

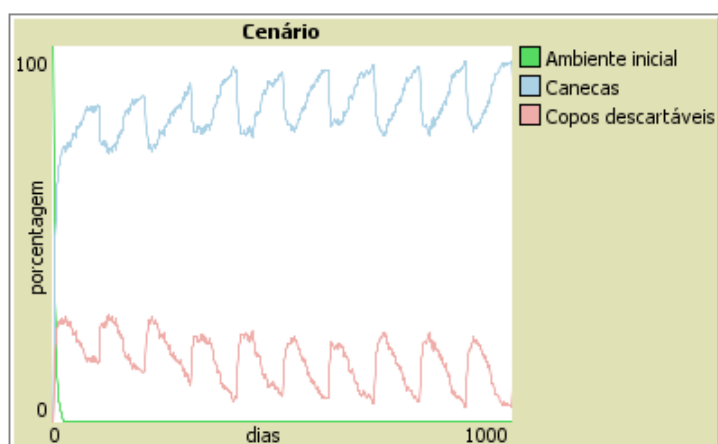
Também foram definidos 10 encontros para que um agente neutro se torne reciclador ou não reciclador e 20 encontros para que recicladores se tornem não recicladores ou vice-versa.

Porém, como neste caso há mais recicladores e os agentes sofrem influência social, há uma grande possibilidade dos neutros e dos não recicladores se tornarem recicladores.

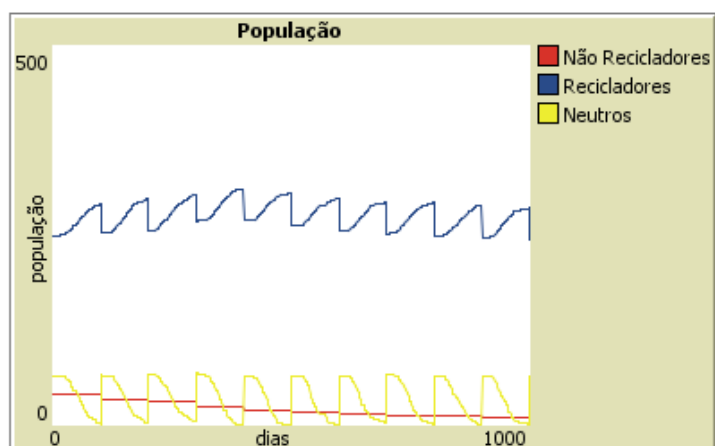
O resultado da entrada 8 pode ser visto na Figura 44 e nos Gráficos 15 e 16.



**Figura 45 - Ambiente final referente à entrada 8**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Gráfico 15 - Gráfico referente ao cenário da entrada 8**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Gráfico 16 - Gráfico referente à população da entrada 8**  
**Fonte: Autoria Própria**

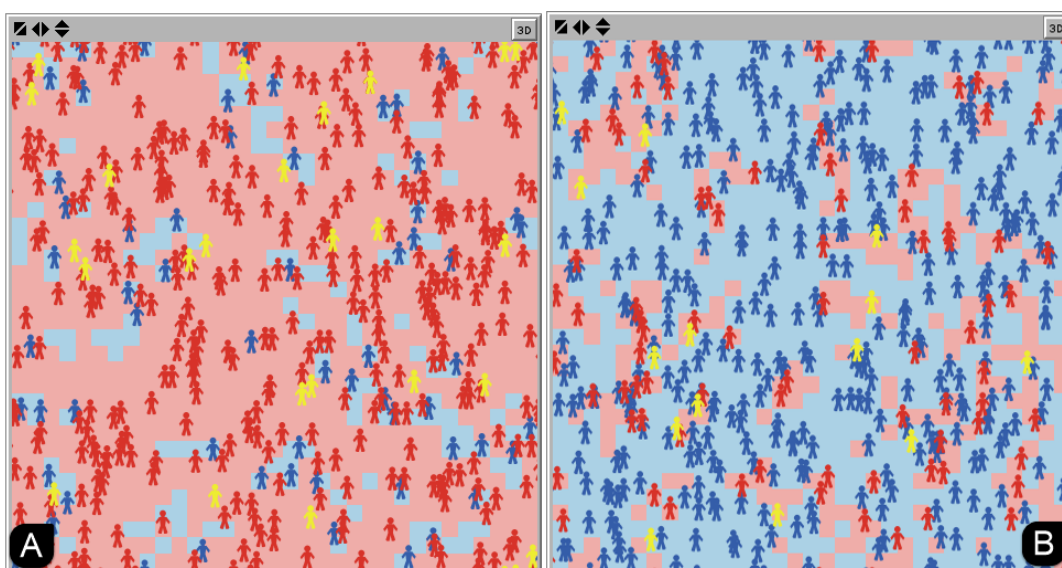
- **Entrada 9:**

Para finalizar as entradas com influência social e neutros utilizando inicialmente apenas copos descartáveis, a entrada 9 foi inicializada com 145 recicladores, 145 não recicladores, 65 neutros, 65 ingressos e 45 egressos, ou seja, a mesma quantidade de recicladores e não recicladores (média das entradas 7 e 8).

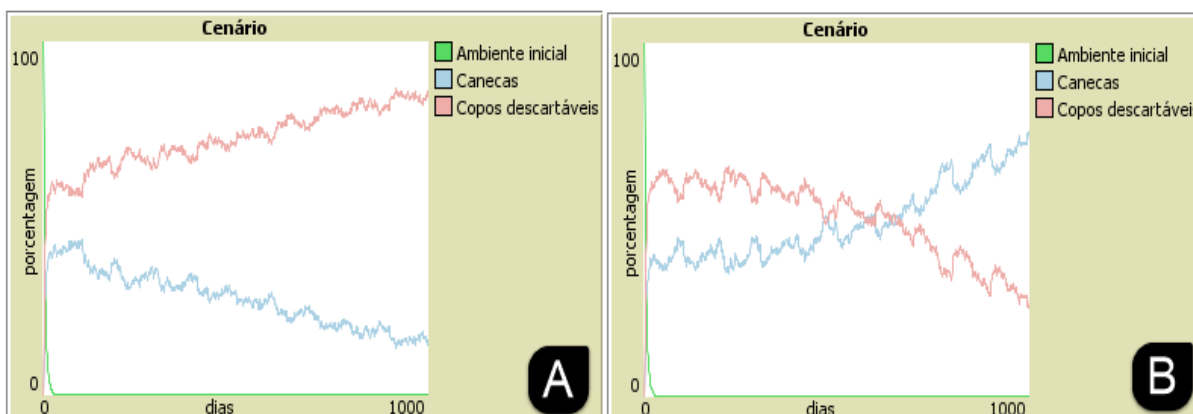
Também foram definidos 10 encontros para que um agente neutro se torne reciclador ou não reciclador e 20 encontros para que recicladores se tornem não recicladores ou vice-versa.

Um ponto importante a ser destacado, é que o fato dos egressos serem selecionados aleatoriamente para sair do ambiente pode ocasionar resultados distintos em simulações que utilizam a mesma entrada.

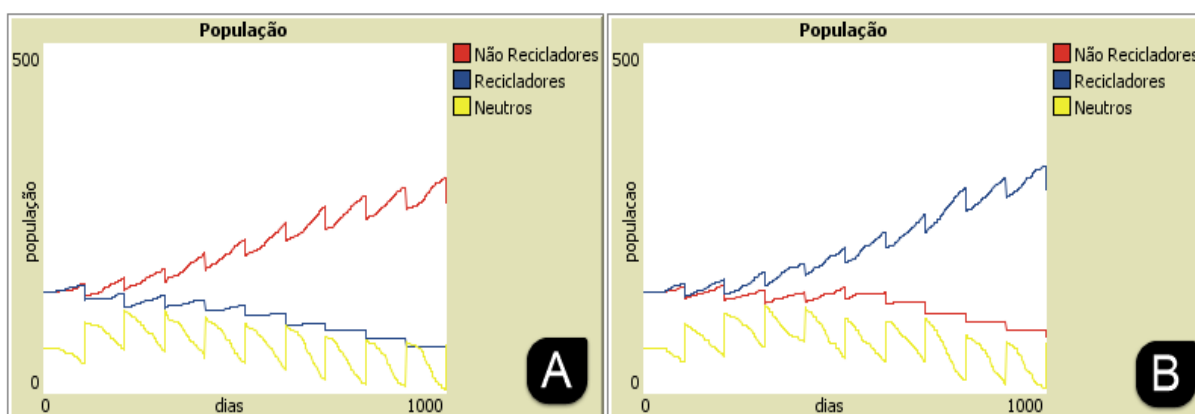
Este caso se aplica a entrada 9, onde os dois resultados obtidos são apresentados na Figura 45 e nos Gráficos 17 e 18.



**Figura 46 - Ambientes finais referente à entrada 9**  
Fonte: Autoria Própria



**Gráfico 17 - Gráficos referente ao cenário da entrada 9**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Gráfico 18 - Gráficos referente à população da entrada 9**  
**Fonte: Autoria Própria**

### 7.1.2.2 Neutros aleatórios “On”

A partir da entrada 10, os neutros utilizam de maneira aleatória copos descartáveis ou canecas.

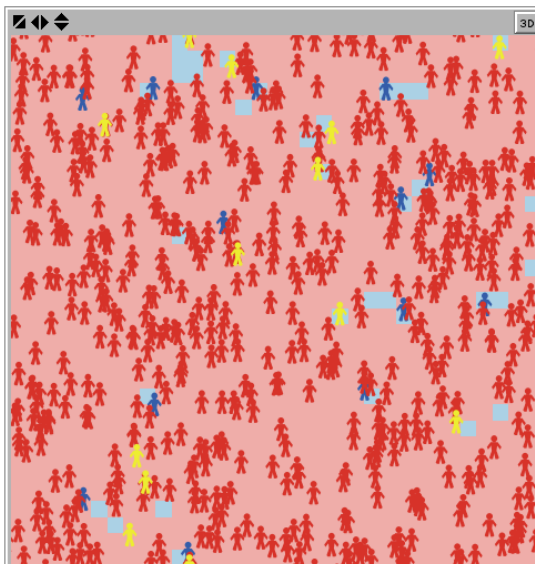
- **Entrada 10:**

A entrada 10 foi inicializada com 30 recicladores, 400 não recicladores, 100 neutros, 120 ingressos e 40 egressos, ou seja, aborda um ambiente com mais agentes não recicladores do que agentes recicladores.

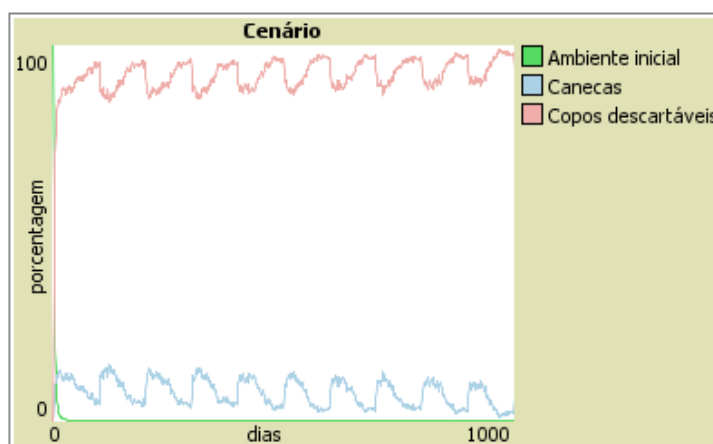
Para este caso foram definidos 15 encontros para que um agente neutro se torne reciclador ou não reciclador e 25 encontros para que recicladores se tornem não recicladores ou vice-versa.

O resultado foi um ambiente desequilibrado em termos da utilização de copos descartáveis.

Esse resultado pode ser observado na Figura 46 e nos Gráficos 19 e 20.



**Figura 47 - Ambiente final referente à entrada 10**  
Fonte: Autoria Própria



**Gráfico 19 - Gráfico referente ao cenário da entrada 10**  
Fonte: Autoria Própria



**Gráfico 20 - Gráfico referente à população da entrada 10**  
**Fonte: Autoria Própria**

- **Entrada 11:**

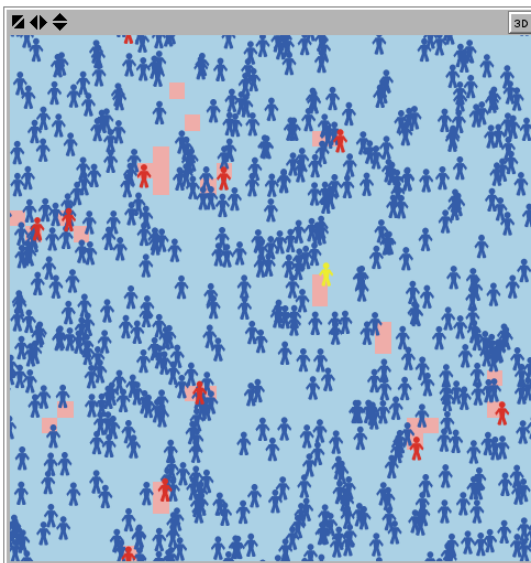
A entrada 11 foi inicializada com 400 recicladores, 30 não recicladores, 100 neutros, 120 ingressos e 40 egressos, ou seja, apenas foram invertidos os parâmetros de quantidade de agentes recicladores e não recicladores definidos na entrada 10.

Também foram definidos 15 encontros para que um agente neutro se torne reciclador ou não reciclador e 25 encontros para que recicladores se tornem não recicladores ou vice-versa.

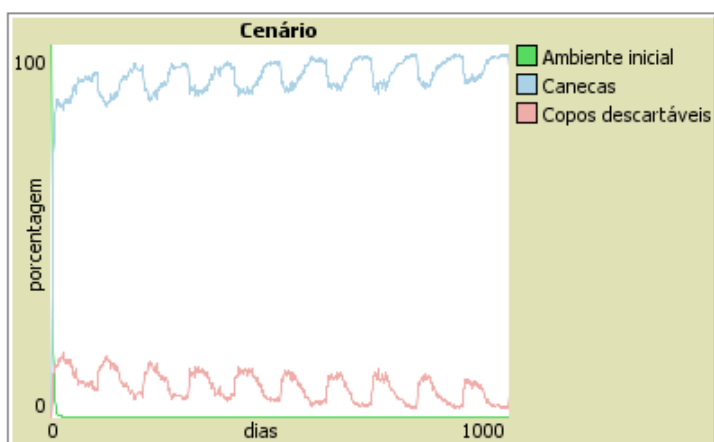
O resultado desta configuração mostra um ambiente em que quase todos os agentes utilizam canecas, o que seria o ambiente ideal.

O resultado obtido para esta entrada pode ser visto na Figura 47 e nos Gráficos 21 e 22.

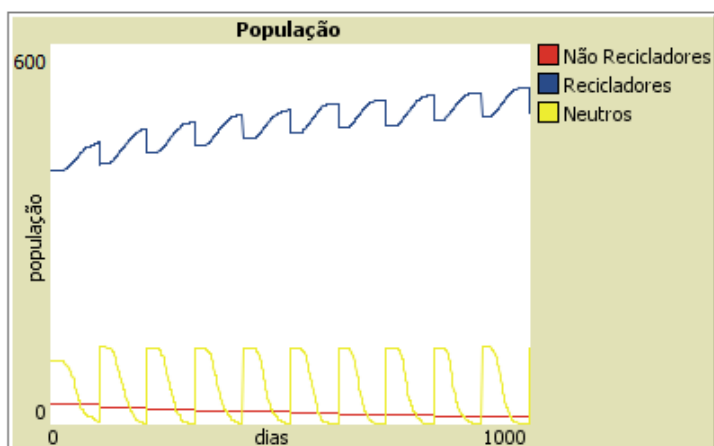




**Figura 48 - Ambiente final referente à entrada 11**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Gráfico 21 - Gráfico referente ao cenário da entrada 11**  
**Fonte: Autoria Própria**



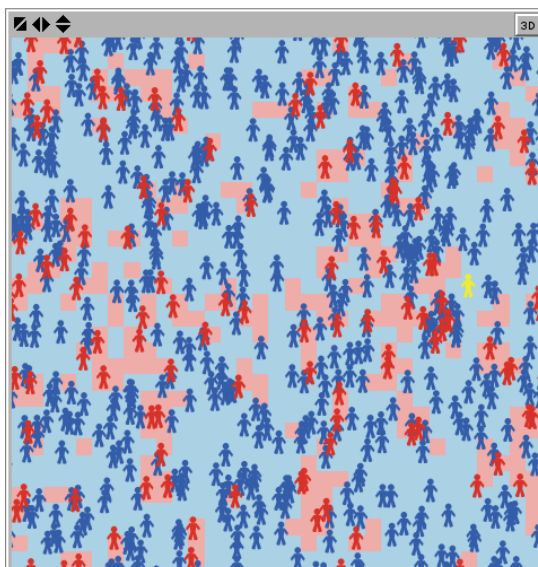
**Gráfico 22 - Gráfico referente à população da entrada 11**  
**Fonte: Autoria Própria**

- **Entrada 12:**

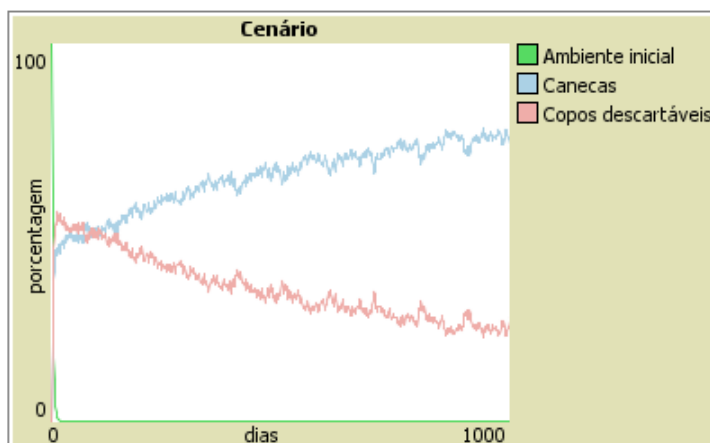
A entrada 12 foi inicializada com 215 recicladores, 215 não recicladores, 100 neutros, 120 ingressos e 40 egressos, ou seja, foi definida a mesma quantidade de agentes recicladores e não recicladores, sendo esta quantidade a média entre as os valores definidos na entrada 10 e 11.

A configuração referente aos encontros, para este caso, destaca que os agentes recicladores possuem forte grau de influência sobre os agentes não recicladores e neutros, pois necessitam de apenas 5 encontros para influenciá-los a mudar de grupo social, enquanto que os não recicladores precisam de 20.

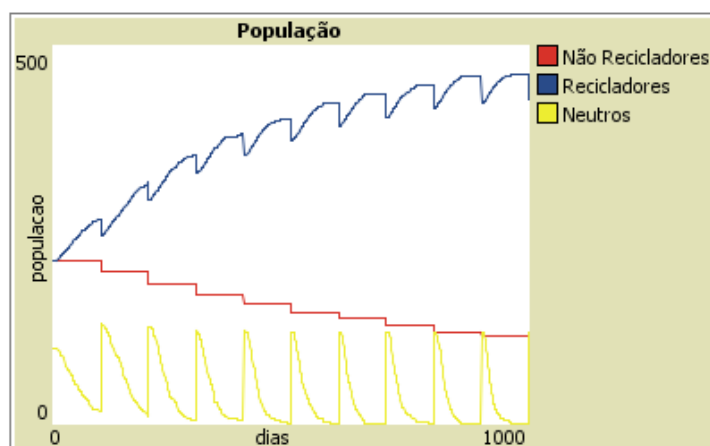
O resultado desta configuração mostra um ambiente mais equilibrado em termos do uso de canecas, conforme pode ser visto na Figura 48 e nos Gráficos 23 e 24.



**Figura 49 - Ambiente final referente à entrada 12**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Gráfico 23 - Gráfico referente ao cenário da entrada 12**  
**Fonte: Autoria Própria**



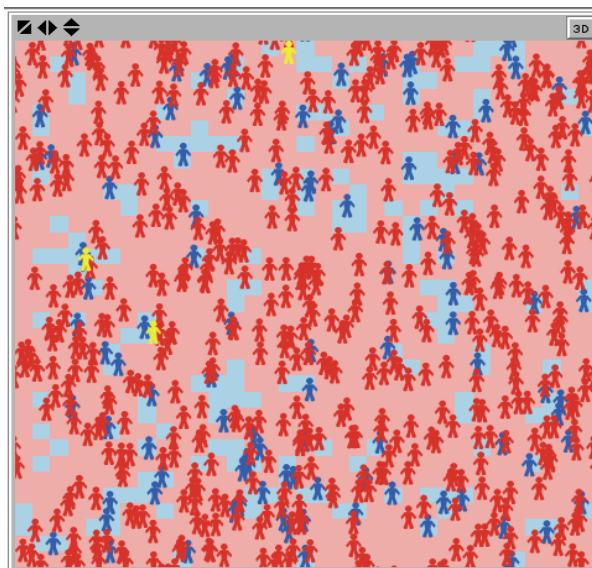
**Gráfico 24 - Gráfico referente à população da entrada 12**  
**Fonte: Autoria Própria**

- **Entrada 13:**

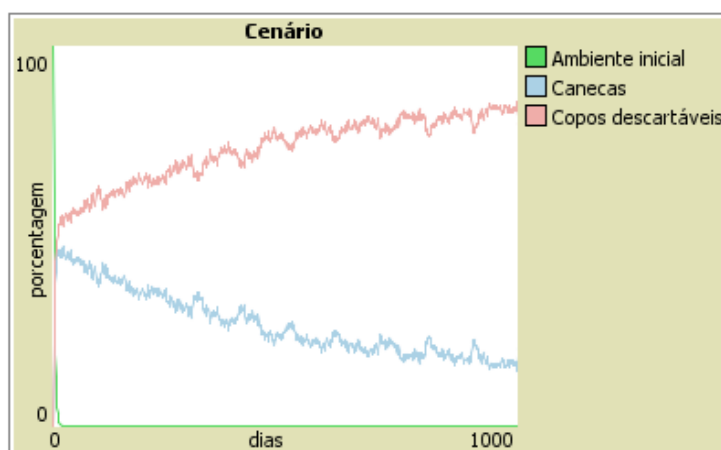
A entrada 13 foi inicializada com a mesma configuração da amostra 12, ou seja, 215 recicladores, 215 não recicladores, 100 neutros, 120 ingressos e 40 egressos.

A configuração realizada para esta entrada destaca que os agentes não recicladores possuem forte grau de influência sobre os agentes recicladores e neutros, visto que necessitam de apenas 5 encontros para influenciá-los a mudar de grupo social, passo que, os recicladores precisam de 20 encontros.

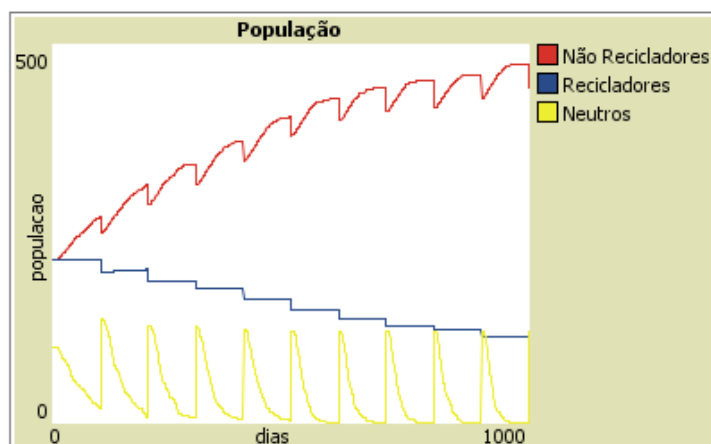
O resultado desta entrada pode ser visto na Figura 49 e nos Gráficos 25 e 26.



**Figura 50 - Ambiente final referente à entrada 13**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Gráfico 25 - Gráfico referente ao cenário da entrada 13**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Gráfico 26 - Gráfico referente à população da entrada 13**  
**Fonte: Autoria Própria**

## 8 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta a modelagem e a simulação de um sistema multiagente baseado nos conceitos e técnicas da metodologia Tropos e da ferramenta Netlogo.

A modelagem por meio da Tropos é um diferencial comparado ao trabalho de Felsen e Wilensky (2007), os quais também utilizaram o Netlogo para simular agentes em um ambiente relacionado à área ambiental. Além disso, a modelagem é um ponto crucial no desenvolvimento de SMAs, pois é uma etapa que se preocupa com os detalhes dos agentes e com a estrutura do sistema.

A metodologia Tropos mostrou-se adequada principalmente por possuir uma ferramenta, denominada *OpenOME* (OpenOME, 2015), para desenvolver as fases de requisitos iniciais e requisitos finais aplicadas neste trabalho. Através dos modelos desenvolvidos nestas fases foi possível definir os objetivos, as tarefas e as dependências dos agentes no sistema.

A escolha da ferramenta Netlogo também foi outro ponto crucial, visto que esta se destacou pela simplicidade de codificação, ambiente gráfico, além de apresentar os resultados de forma clara e objetiva, através de gráficos.

Portanto, a combinação da Netlogo com a metodologia Tropos, mesmo que aplicada parcialmente, apresentou bons resultados, visto que os modelos foram essenciais para o entendimento do sistema e a simulação foi primordial para abstração dos resultados.

Contudo, um ponto a ser observado, é que nem todos os agentes modelados na Tropos são passíveis de implementação na ferramenta Netlogo, como o caso do agente *Colaborador*, o qual é pertinente para o modelo, mas não interfere na simulação dos grupos sociais, que é o foco abordado no trabalho.

A escolha por contemplar um cenário da área sustentável foi bastante representativa, pois sabe-se que o mundo está passando por sérios problemas relacionados ao desperdício de recursos em geral. Para contextualizar o trabalho, optou-se pela utilização de copos descartáveis principalmente por vivenciar o desperdício dos mesmos no âmbito do restaurante universitário da UFLIP. Contudo, o modelo é susceptível a extensões, de forma que seja possível simular a utilização (e eventual desperdício) de outros recursos, além dos copos descartáveis.

Uma característica determinante do SMA desenvolvido é a influência social. Esta foi modelada em diferentes níveis, onde os agentes podem ou não influenciar uns aos outros. Ainda, há um grau de influência, o qual determina o quão forte ou fraca é a capacidade de intervenção de um grupo sobre o outro. Esse aspecto permite a eles adentrarem ou trocarem o grupo social a que pertencem.

O Quadro 3 apresenta os principais resultados obtidos levando em consideração a presença ou ausência da influência social nas simulações.

<b>Entradas</b>	<b>Resultado</b>
<b>1 e 7</b>	Apresentaram um gráfico similar referente ao cenário, mesmo com a entrada 7 possuindo um ambiente provido de influência social. Isto ocorreu devido ao número de agentes não recicladores e agentes neutros que iniciam utilizando apenas copos descartáveis.
<b>3 e 6</b>	Apresentaram um gráfico similar referente à população. Isto ocorreu devido à ausência de influência social, ou seja, os agentes não mudam de grupo e sim, ingressam e egressam conforme a configuração inicial.
<b>4 e 5</b>	Apresentaram cenários opostos, visto que o ambiente não possui influência e as configurações iniciais apenas foram invertidas.
<b>7</b>	Diante do elevado número de agentes não recicladores e da existência de influência social no ambiente, esta entrada apresentou, até o momento, um dos resultados mais desequilibrado em termos de utilização de copos descartáveis. Isto ocorreu devido à frequente interação dos agentes recicladores e neutros com os agentes não recicladores.
<b>8</b>	Ao contrário da entrada 7, a entrada 8 iniciou-se com um elevado número de agentes recicladores. O resultado também foi um ambiente desequilibrado em termos da utilização de canecas. Contudo este é o ambiente que se deseja obter.
<b>9</b>	Mesmo utilizando a mesma entrada foi possível obter dois cenários que no decorrer dos semestres se tornaram opostos. Isto aconteceu por diversos motivos como: o ambiente inicia com a mesma quantidade de recicladores e não recicladores; Possui influência social; Se a maioria dos egressos escolhidos aleatoriamente pertencerem ao grupo dos recicladores, os não recicladores ficarão em maioria para influenciar os neutros que ingressarão, e vice-versa.
<b>12 e 13</b>	Estas entradas foram simuladas a fim de destacar o grau de influência forte e fraco dos agentes recicladores e não recicladores.
<b>6, 9, 12 e 13</b>	Estas entradas possuem a mesma quantidade de agentes recicladores e não recicladores. Contudo, apresentaram resultados distintos devido as suas características relacionadas à presença ou ausência de influência social e se neutros iniciam ou não utilizando os recursos aleatórios.

**Quadro 3 - Síntese dos principais resultados obtidos por meio da simulação na Netlogo**  
**Fonte: Autoria Própria**

Diante dos resultados obtidos é possível retomar o questionamento do Cap. de Introdução: Quais contribuições podem ser obtidas quando um SMA é utilizado para simular um ambiente, onde se almeja diminuir o desperdício de copos descartáveis?

E inferir que por meio da modelagem e da simulação a utilização de um SMA mostrou-se adequada para: compreender o comportamento social dos grupos de indivíduos que fazem uso do recurso (copos descartáveis), bem como apresentar resultados numa forma gráfica, o que facilita a apresentação para não especialistas da área de Computação.

E ainda, caso a UFLIP adote tal abordagem, pode-se determinar que é possível chegar no ambiente almejado, onde todos ou a grande maioria dos usuários utilizem canecas ao invés de copos descartáveis, conforme pode ser visualizado principalmente nas configurações 8, 11 e 12, visto que o cenário atual assemelha-se com as configurações 1, 7 e 10.

## 8.1 TRABALHOS FUTUROS

Nesta seção, descreve-se brevemente algumas possibilidades de trabalhos futuros.

1. Neste trabalho não se utilizou das fases de projeto e implementação da metodologia Tropos. Assim é possível como trabalho futuro explorar o uso dessas fases e das plataformas de implementação JACK e JADE.
2. Relacionada à modelagem do trabalho, é possível inserir novas características aos agentes, podendo assim realizar mais experimentos específicos. A exemplos destas características pode-se citar a lealdade do agente com seu grupo, questões que envolvem liderança e a educação ambiental adquirida com o decorrer do tempo.

3. Por fim, é possível estender o modelo para simular outros recursos relacionados com sustentabilidade, como algum produto específico de uma Indústria.



## REFERÊNCIAS

BARBOSA, G. S. O Desafio do Desenvolvimento Sustentável. **Revista Visões**, Rio de Janeiro, v.1, n. 4, jan. 2008. Disponível em: <[http://www.fsma.edu.br/visoes/ed04/4ed\\_O\\_Desafio\\_Do\\_Developolvimento\\_Sustentavel\\_Gisele.pdf](http://www.fsma.edu.br/visoes/ed04/4ed_O_Desafio_Do_Developolvimento_Sustentavel_Gisele.pdf)>. Acesso em: 27 nov. 2014.

BEZIRGIANNIS, N.; SAKELLARIOU, I. Ecotruck: An agent system for paper recycling. **In: Advances in Information and Communication Technology**, 2011, Boston. Disponível em: <[http://users.uom.gr/~iliass/Publications/Conferences/S16\\_EcotruckAgentSystemForPaperRecycling.pdf](http://users.uom.gr/~iliass/Publications/Conferences/S16_EcotruckAgentSystemForPaperRecycling.pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2014.

BOUSQUET, F.; BARRETEAU, O.; LE PAGE, C.; MULLON, C.; WEBER, J. An environmental modelling approach: the use of multi-agent simulations. **In: Advances in environmental and ecological modelling**, 1999, Paris. Disponível em: <<http://cormas.cirad.fr/pdf/gowith.pdf>>. Acesso em: 20. Set. 2014.

BOUSQUET, F.; BARRETEAU, O.; D'AQUINO, P.; ETIENNE, M.; BOISSAU, S.; AUBERT, S.; LE PAGE, C.; BABIN, D.; CASTELLA, J.C. Multi-agent systems and role games: Collective learning processes for ecosystem management. **In: Complexity and Ecosystem Management: The Theory and Practice of Multi-agent Approaches**, 2002. Disponível em: <<http://cormas.cirad.fr/pdf/janssenEdited.pdf>>. Acesso em: 20. Set. 2014.

Brasileiro produz 63 milhões de toneladas de lixo por ano. **O Povo Online**, 03 ago. 2014. Disponível em: <<http://www.opovo.com.br/app/opovo/brasil/2014/08/02/noticiasjornalbrasil,3292028/brasileiro-produz-63-milhoes-de-toneladas-de-lixo-por-ano.shtml>>. Acesso em: 28 nov. 2014.

BRESCIANI, P.; PERINI, A.; GIORGINI, P.; GIUNCHIGLIA, F.; MYLOPOULOS, J. Modeling Early Requirements in Tropos: A Transformation Based Approach. **Proceedings...** Canada, 2001. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=750379>>. Acesso em: 01. mai. 2014.

BURSZTYN, M. **Ciência, Ética e Sustentabilidade**: desafios ao novo século. 2 ed. São Paulo: Cortez, 2001.

BUSETTA, P.; RONNQUIST, R.; HODGSON, A.; LUCAS A.: **Jack Intelligent Agents -Components for Intelligent Agents in Java**. AOS Technical Report TR9901, 1999.

Campanha Universidade Sustentável - Os copos de plástico NÃO morrem. **Portal UFG**, 03 abr. 2015. Disponível em:  
[http://www.eee.ufg.br/this2/page.php?site\\_id=16&noticia=1328943939](http://www.eee.ufg.br/this2/page.php?site_id=16&noticia=1328943939)

CARLETTO, M. R. **Avaliação de Impacto Tecnológico: Alternativas e Desafios para a Educação em Engenharia**. 2009. 252 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2009.

Carta da Terra. **Ministério do meio ambiente**, 13 abr. 2015. Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/carta-da-terra>>

CASTELFRANCHI, C. **Modelling social action for AI agents**. Artificial Intelligence, v. 103, p. 157–182, 1998.

CAVALCANTI, C. **Desenvolvimento e Natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2003.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. 2ª ed. Tradução de Our common future. 1ª ed. 1988. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

COPPIN, B. **Inteligência Artificial**. 1. ed. Rio de Janeiro: gen, 2012.

COUTINHO, L. R. **Interoperabilidade Organizacional em sistemas Multiagentes Abertos baseada em Engenharia Dirigida por Modelos**. 2009. 253f. Tese (Doutorado) – Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica - Escola Politécnica, USP, São Paulo, 2009.

DÁRIO, Cláudia Filomena Bratficher. **Uma Metodologia Unificada para o Desenvolvimento de Sistemas Orientados a Agentes**. 2005. 200 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

DOBRZANSKI, Tatiane. **Modelagem organizacional de um Sistema Multiagente através do modelo Moise+**. 2013. 145 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

ESTEVA, M.; CRUZ, D.; SIERRA, C. Islander: na eletronic institutions editor. In: **Proceedings...** Bolonha, 2002.

FELSEN, M.; WILENSKY, U. (2007) NetLogo Urban Suite - Recycling model. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL. Disponível em: <<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/UrbanSuite-Recycling>>. Acesso em 21 set. 2014.

GOMES, D. V. Educação para o consumo ético e sustentável. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Porto Alegre, v.16, p.18-31, 2006. Disponível em: <<http://nead.uesc.br/arquivos/Biologia/reoferta/bsc1/revista-eletronica-do-mestrado.pdf>>

GUEDES, G. T. A. **UML 2: Uma abordagem prática**. 1. ed. São Paulo: Novatec Editora, 2009.

GUIMARAES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. **Revista Ambiente e Sociedade Online**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 307-323, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2009000200007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2009000200007&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 03 abr. 2015.

INSTITUTO AKATU. **Consumidores Conscientes: o que pensam e como agem**. São Paulo, 2005. Disponível em: <[http://www.akatu.org.br/Content/Akatu/Arquivos/file/Publicacoes/8-pesq\\_5-Internet-Final.pdf](http://www.akatu.org.br/Content/Akatu/Arquivos/file/Publicacoes/8-pesq_5-Internet-Final.pdf)>. Acesso em: 01 dez. 2014.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 118, p. 189-206, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-15742003000100008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-15742003000100008&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 04 abr. 2015.

JENNINGS, R.; CAMPOS, J. R. Towards a social level characterisation of socially responsible agents. In: **Proceedings...** Londres, 1997.

JÚNIOR, D. S. **Análise, Design e implementação de Sistemas Multiagentes**. 2005. 94 f. Monografia – Escola Politécnica, UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

KOLP, M.; CASTRO, J.; MYLOPOULOS, J. A social organization perspective on software architectures. In: **Proceedings...** Canadá, 2001.

LIMA, T. F. M.; FARIA, S. D.; FILHO, B. S. S.; CARNEIRO, T. G. S. Modelagem de sistemas baseada em agentes: alguns conceitos e ferramentas. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009. Natal. **Anais...** Natal, 2009. Disponível em: <<http://martedpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.15.46/doc/5279-5286.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2014.

LINO, N. L.; TEDESCO, P.; ROUSY, D. Modelo de percepção de agentes inteligentes baseados em emoções. In: **Proceedings...** Pernambuco, 2006.

NETLOGO. Disponível em: <<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>>. Acesso em 01. Mai. 2015.

NOBRE, V. E. L.; LUCENA, S. C. B.; SOUZA, J. Projeto Copo Descartável: Reutilização com Criatividade. In: VII CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 2012, Palmas. **Ciência, Tecnologia e Inovação: ações sustentáveis para o desenvolvimento regional**. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/1064/1815>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

OPENOME. Disponível em: <<http://www.cs.toronto.edu/km/openome/>>. Acesso em: 01 jan. 2015.

PADGHAM, L; WINIKOFF, M.: **Prometheus: A practical agent-oriented Methodology**, Idea Group, 2005.

PINTO, A; S. **Simulação e avaliação de comportamentos em sistemas Multi-Agentes baseados em modelos de reputação e interação**. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2008. Disponível em: <<http://biblioteca.asav.org.br/vinculos/tede/simulacao%20e%20avaliacao.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2015.

PRADO, P. F.; BARRETO, M. A.; BERTUSO, P. C.; PINDOBEIRA, D. A.; BUSICO, S. U.; GALDIANO, C. M. R.; GEBARA, R.C.; OLIVEIRA, F.B.; SILVA, D.A.; MELO, D.C.; PRINTES, L. B. Projeto de Minimização de Resíduos Sólidos na UFSCar: O Projeto Canecas. **In: II CONGRESSO PAULISTA DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA**, 2012, São Paulo. Disponível em: <<http://www.deaea.ufscar.br/documentos-1/II%20COPEX%20Poster%20-%20Projeto%20Canecas%20-%20Pedro%20Prado.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

REPAST. Disponível em: <<http://repast.sourceforge.net/>>. Acesso em 27 mai. 2014.

ROMANHUKI, E. **Aprendizagem de Políticas de Oferta de Negociação entre Agentes Cognitivos**. 2008. 88 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em: <[http://www.ppgia.pucpr.br/lib/exe/fetch.php?media=dissertacoes:2008:2008\\_emerson\\_romanhuki.pdf](http://www.ppgia.pucpr.br/lib/exe/fetch.php?media=dissertacoes:2008:2008_emerson_romanhuki.pdf)>. Acesso em: 22 nov. 2014.

SACHS, I. **Estratégias de Transição para do século XXI – Desenvolvimento e Meio Ambiente**. São Paulo: Studio Nobel – Fundação para o desenvolvimento administrativo, 1993.

SANTOS, S. L. **A reestruturação do centro comercial de Maceió como estratégia de desenvolvimento local no contexto da sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/cea/Artigo-dessust12.pdf>>. Acesso em: 01 abril. 2015.

SATTERTHWAITE, D. Como as cidades podem contribuir para o Desenvolvimento Sustentável. **In: MENEGAT, R. e ALMEIDA, G. Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental nas Cidades, Estratégias a partir de Porto Alegre**. Porto Alegre: UFRGS Editora, pp. 129-167, 2004.

SILVA, C.; CASTRO, J.; TEDESCO, P.; SILVA, I. Describing Agent-Oriented Design Patterns in Tropos. **In: XIX Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software**, Uberlândia, Brasil, 2005.

SILVA, I. G. L. **Projeto e implementação de Sistemas Multi-Agentes: O caso Tropos**. 2005. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005. Disponível em: <[http://doc.utwente.nl/65332/1/dissertacao\\_igls.pdf](http://doc.utwente.nl/65332/1/dissertacao_igls.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2014.

SILVA, M. R. **Um Agente Deliberativo Aplicado ao Apoio à Condução de Trens**. 2011. 117 f. Dissertação (Mestrado em Informática Aplicada) – Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <[http://www.ppgia.pucpr.br/lib/exe/fetch.php?media=dissertacoes:2011:marcos\\_rafael\\_vf.pdf](http://www.ppgia.pucpr.br/lib/exe/fetch.php?media=dissertacoes:2011:marcos_rafael_vf.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2014.

SILVA, R. E.S. **Um Estudo Sobre Modelagem Conceitual Baseada em Agentes**. Pelotas, 2006. Disponível em: <<http://ppginf.ucpel.tche.br/TI-arquivos/2006/RosauraSilva/PPGINF-UCPel-TI-2006-2-08.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

SILVA, V. M.; TUBINO, R. M. C.; CAMPANI, D. B. Propostas para redução de desperdícios ambientais numa Universidade Pública – Redução do uso de copos descartáveis no Centro de Biotecnologia. In: III CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 2012, Bento Gonçalves. **Ecoeficiência dos processos**. Disponível em: <<http://www.proamb.com.br/downloads/gl50x6.pdf>>. Acesso em: 25. Nov. 2014.

SIMONETTO, E. O.; LÖBLER, M. L. Simulação Computacional para Avaliação de Cenários sobre a Reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos e o seu Impacto na Economia de Energia. In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, 2013, Paraíba. **Sistemas de informação e os desafios do mundo aberto**. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbsi/2013/0049.pdf>>. Acesso em: 20. Set. 2014.

SWARM. Disponível em: <<http://www.swarm.org>>. Acesso em: 28 nov. 2014.

TAMBE, M. Towards flexible teamwork. **Jounal of Artificial Intelligence Research**, v.7, p.83-124, 1997.

TÓDERO, M. **Consumo Consciente e Percepção do Consumidor Sobre Ações Corporativas Vinculadas ao Conceito de Responsabilidade Social: Um Estudo no Setor da Saúde**. 2009. 172 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2009. Disponível em: <[http://tede.ucs.br/tde\\_arquivos/5/TDE-2009-11-30T151024Z-317/Publico/Dissertacao%20Mirele%20Toderero.pdf](http://tede.ucs.br/tde_arquivos/5/TDE-2009-11-30T151024Z-317/Publico/Dissertacao%20Mirele%20Toderero.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2014.

TROPOS. Disponível em: <<http://www.troposproject.org/>>. Acesso em: 25 nov. 2014.

UTRINI, D. P.; FUJITA, F. J.; BOMBIG, M.; NISHINO, N. Análise de viabilidade da substituição dos copos descartáveis por copos de vidros na cantina FEM, UNICAMP. **Revista Ciências do Ambiente Online**, v. 3, n. 1, 2007.

VILELA, J. F. F. **Projeto e implementação de um software educativo Multi-agente com Tropos e JADE**. 2011. 129 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Bacharelado em Engenharia da Computação – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2011.

WOOLDRIDGE, M. **An Introduction to MultiAgent Systems**. 2. ed. Nova York: J. Wiley, 2009.

WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. R.; KINNY, D. The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design. **Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, v.3, n.3, p.285-312, 2000.

YU, E. **Modelling strategic relationships for business process reengineering**. 1995. 131 f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação – Universidade de Toronto, Toronto, 1995.

## **APÊNDICE A - CÓDIGO DESENVOLVIDO NA FERRAMENTA NETLOGO**



```
globals [criar_a criar_v criar_n num_dias i cor_randomica
geracao]

breed [azuis azul]
breed [vermelhos vermelho]
breed [amarelos amarelo]

azuis-own [n_vermelhos]
vermelhos-own [n_azuis]
amarelos-own [n_vermelhos n_azuis]

to setup
  clear-all
  set criar_a 0
  set criar_v 0
  set criar_n 0
  set num_dias 0
  set geracao 0

  ask patches
  [
    set pcolor 66
  ]

  set-default-shape turtles "person"

  create-azuis recicladores
  [
    set color blue
    setxy random-xcor random-ycor
    set n_vermelhos 0
    set size 1.5
  ]

  create-vermelhos nao_recicladores
  [
    set color red
    setxy random-xcor random-ycor
    set n_azuis 0
    set size 1.5
  ]

  create-amarelos neutros
  [
    set color yellow
    setxy random-xcor random-ycor
    set n_vermelhos 0
    set n_azuis 0
    set size 1.5
  ]
]
```

```

    reset-ticks
end

to movimento
  if num_dias = dias
  [
    sair_alunos
    entrar_alunos
    set num_dias 0
    set geracao geracao + 1
  ]

  tick

  ask amarelos
  [
    rt random-float 360.0
    forward 1
    contador_neutro
    pinta_chao
  ]
  criar

  ask azuis
  [
    rt random-float 360.0
    forward 1
    contador_azul
    pinta_chao
  ]
  criar

  ask vermelhos
  [
    rt random-float 360.0
    forward 1
    contador_vermelho
    pinta_chao
  ]
  criar

  set num_dias num_dias + 1
end

to contador_neutro
  if (influencia)
  [
    if any? azuis-here

```

```

    [
      ask amarelo who [set n_azuis n_azuis + 1]
    ]

    if any? vermelhos-here
      [
        ask amarelo who [set n_vermelhos n_vermelhos + 1]
      ]
      ensinar_neutro
    ]
  end

```

```

to contador_vermelho
  if (influencia)
    [
      if any? azuis-here
        [
          ask vermelho who [set n_azuis n_azuis + 1]
        ]
      if any? vermelhos-here
        [
          if n_azuis > 0
            [
              ask vermelho who [set n_azuis n_azuis - 1]
            ]
          ]
        ]
      ensinar_vermelho
    ]
  end

```

```

to contador_azul
  if (influencia)
    [
      if any? vermelhos-here
        [
          ask azul who [set n_vermelhos n_vermelhos + 1]
        ]
      if any? azuis-here
        [
          if n_vermelhos > 0
            [
              ask azul who [set n_vermelhos n_vermelhos - 1]
            ]
          ]
        ]
      ensinar_azul
    ]
  end

```

```

to ensinar_neutro
  ask amarelo who

```

```

[
  if n_azuis = encontros_neutros_c_recicladores
  [
    set criar_a 1
    die
  ]
  if n_vermelhos = encontros_neutros_c_nao_recicladores
  [
    set criar_v 1
    die
  ]
]
end

to ensinar_vermelho
ask vermelho who
[
  if n_azuis = encontros_nao_recicladores_c_recicladores
  [
    set criar_a 1
    die
  ]
]
end

to ensinar_azul
ask azul who
[
  if
encontros_recicladores_c_nao_recicladores      n_vermelhos      =
  [
    set criar_v 1
    die
  ]
]
end

to criar
if criar_a = 1
[
  create-azuis 1
  [
    set color blue
    setxy random-xcor random-ycor
    set size 1.5
  ]
  set criar_a 0
]

if criar_v = 1

```

```

[
  create-vermelhos 1
  [
    set color red
    setxy random-xcor random-ycor
    set size 1.5
  ]
  set criar_v 0
]
end

to entrar_alunos
  create-amarelos ingressos
  [
    set color yellow
    setxy random-xcor random-ycor
    set n_vermelhos 0
    set n_azuis 0
    set size 1.5
  ]
end

to sair_alunos
  set i 0
  while [i < egressos]
  [
    ask one-of turtles
    [
      die
    ]
    set i i + 1
  ]
end

to pinta_chao
  if breed = azuis
  [
    set pcolor 98
  ]
  if breed = vermelhos
  [
    set pcolor 18
  ]
  if breed = amarelos
  [
    ifelse (neutros_aleatorios)
    [
      set cor_randomica random-float 1
      ifelse cor_randomica > 0.5

```

```
        [set pcolor 98]
        [set pcolor 18]
    ]
    [set pcolor 18]
]
end
```