

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
CENTRO DE CIÊNCIAS COMPUTACIONAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Dissertação de Mestrado

**Mineração de Dados no Domínio de Gestão de Recursos
Naturais: Descoberta de estratégias em um RPG**

Marla Rosana Pereira Melo

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Computação

Orientadora: Profa. Dra. Diana Francisca Adamatti

Rio Grande, 2020

Ficha Catalográfica

M528m Melo, Marla Rosana Pereira.

Mineração de dados no domínio de gestão de recursos naturais:
descoberta de estratégias em um RPG / Marla Rosana Pereira
Melo. – 2020.

108 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande –
FURG, Programa de Pós-Graduação em Computação, Rio
Grande/RS, 2020.

Orientadora: Dra Diana Francisca Adamatti.

1. Jogos de Papéis 2. Sistemas Multiagente 3. Gestão de
Recursos Naturais 4. Mineração de Dados I. Adamatti, Diana
Francisca II. Título.

CDU 004.6

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS COMPUTACIONAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MINERAÇÃO DE DADOS NO DOMÍNIO DE GESTÃO DE RECURSOS
NATURAIS: DESCOBERTA DE ESTRATÉGIAS EM UM RPG**

Marla Rosana Pereira Melo

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marilton Sanchotene de Aguiar (participação remota)

Prof. Dr. Cleo Zanella Billa (participação remota)

Profa. Dra. Diana Francisca Adamatti (participação remota)
Orientadora

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelas graças recebidas, pelo amor, sustento, saúde e força para prosseguir nesta jornada.

À minha irmã Vanessa e aos meus pais Mara e Carlos, pelo incentivo, apoio, suporte e orações.

À minha orientadora professora Dra. Diana, pela dedicação e orientação imprescindível para realização deste trabalho e pela oportunidade de atuar no projeto.

À equipe do projeto Bruna, Giovani, Matheus, Míriam, Paulo e Vinícius, pelo empenho realizado no desenvolvimento das tarefas do projeto, na qual viabilizou este trabalho.

Aos professores Drs. Cleo e Marilton, pela disponibilidade e pelas contribuições para o aprimoramento deste trabalho.

À todos os professores, pelos conhecimentos transmitidos ao longo da minha jornada acadêmica.

À Universidade Federal do Rio Grande, ao Centro de Ciências Computacionais e ao Laboratório de Simulação Social e Ambiental pelo ambiente estruturado e pelo ensino gratuito e de qualidade.

E à CAPES, processo 88887.284125/2018-00, pelo auxílio financeiro.

RESUMO

MELO, Marla Rosana Pereira. **Mineração de Dados no Domínio de Gestão de Recursos Naturais: Descoberta de estratégias em um RPG.** 2020. 108 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Computação. Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande.

Questões socioambientais representam um grande desafio à humanidade em geral, mas com o auxílio de artefatos computacionais, pode ser possível criar métodos para solucionar tais problemas. Este trabalho apresenta o mapeamento das estratégias dos jogadores em um jogo de papéis, no domínio da gestão de recursos naturais. Os jogos de papéis podem funcionar como um sistema de apoio a decisão de forma lúdica, eles permitem que as pessoas interpretem um papel, entendam sobre um assunto, tomem decisões, testem possibilidades sem causar prejuízos, isto é interessante para simular situações reais, onde decisões têm impactos a um longo prazo. Além da resolução de conflitos, pois ao assumir o papel de outro sujeito, o ponto de vista a respeito de alguma situação possivelmente se altere. Então, juntamente com a equipe do projeto onde esta dissertação está inserida, foi desenvolvido um jogo de papéis, no contexto da gestão de recursos naturais, e dele, são coletados os dados (ações dos jogadores no jogo) para a aplicação do aprendizado automático, no qual é o propósito deste trabalho. Mediante a mineração de dados, através de árvores de decisão geradas pelo software WEKA, foram obtidas as estratégias dos jogadores através das ações destes tomadas no jogo, por meio da análise de cenários de testes propostos. Os cenários foram construídos sob duas abordagens diferentes, uma de forma automática e outra baseada nas ações dos jogadores. Verifica-se que o software WEKA é capaz de classificar com um taxa de erro baixa para ambas abordagens de cenários. As árvores de decisão, para o mapeamento das estratégias dos jogadores geradas a partir dos cenários automáticos e não automáticos, obtiveram o percentual de não menos 91% e entre 59% a 93% respectivamente. Com 22 cenários propostos de forma não automática, conseguiu-se extrair 14 estratégias, e com 44 cenários automáticos extrai-se 30. As 44 estratégias mapeadas a partir dos cenários propostos auxiliam um melhor entendimento do jogo e proporcionaram a percepção de como os jogadores tomam suas decisões.

Palavras-chave: Jogos de papéis, Sistemas multiagente, Gestão de recursos naturais, Mineração de dados.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação esquemática de um sistema sócio-ecológico. Adaptada de (BOUSQUET, 2005).	19
Figura 2	Representação esquemática de um SMA. Adaptada de (BOUSQUET, 2005).	19
Figura 3	Associação de SMA, RPG e observações de campo em um método de dois ciclos (BARRETEAU et al., 2001).	20
Figura 4	O processo de descoberta de conhecimento em bancos de dados(KDD) (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2009).	21
Figura 5	Áreas de abrangência do projeto e sua integração	23
Figura 6	Visão geral do projeto.	28
Figura 7	Diagrama de interação do RPG proposto.	29
Figura 8	Diagrama de Classes Geral do RPG proposto.	32
Figura 9	Diagrama de sequência do prefeito	33
Figura 10	Ficha da personagem agricultor.	34
Figura 11	Ficha da personagem empresário de sementes.	35
Figura 12	Ficha da personagem empresário de fertilizantes.	35
Figura 13	Ficha da personagem empresário de máquinas.	35
Figura 14	Ficha da personagem empresário de agrotóxicos.	35
Figura 15	Ficha da personagem fiscal.	36
Figura 16	Ficha da personagem prefeito.	36
Figura 17	Ficha da personagem vereador.	38
Figura 18	Arquivo de log gerado pelo motor do jogo.	38
Figura 19	Metodologia proposta.	39
Figura 20	Cabeçalho do arquivo ARFF utilizado.	44
Figura 21	Dados do arquivo ARFF utilizado.	44
Figura 22	Resultado da aplicação do J48 na configuração cross-validation com 10 folds utilizando os 87 atributos definidos.	46
Figura 23	Árvore de decisão gerada a partir da utilização dos 87 atributos definidos.	46
Figura 24	Árvore de decisão gerada no cenário 2.	59
Figura 25	Árvore de decisão gerada no cenário 9.	60
Figura 26	Árvore de decisão gerada no cenário 10.	61
Figura 27	Árvore de decisão gerada no cenário 11.	61
Figura 28	Árvore de decisão gerada pelo cenário 12.	61
Figura 29	Árvore de decisão gerada no cenário 14.	62

Figura 30	Árvore de decisão gerada no cenário 16.	63
Figura 31	Árvore de decisão gerada no cenário 17.	63
Figura 32	Árvore de decisão gerada no cenário 18.	64
Figura 33	Árvore de decisão gerada no cenário 19.	66
Figura 34	Árvore de decisão gerada no cenário 21.	66
Figura 35	Árvore de decisão gerada no cenário 20.	67
Figura 36	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-5.	68
Figura 37	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-6.	68
Figura 38	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-7.	68
Figura 39	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-9.	69
Figura 40	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-11.	69
Figura 41	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-12.	69
Figura 42	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-13.	70
Figura 43	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-14.	71
Figura 44	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-15.	71
Figura 45	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-16.	71
Figura 46	Árvores de decisão gerada nos cenários Automáticos CA-17 e CA-18.	71
Figura 47	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-19.	71
Figura 48	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-24.	72
Figura 49	Árvore de decisão gerada nos cenários automáticos CA-26 e CA-27.	73
Figura 50	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-28.	73
Figura 51	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-29.	73
Figura 52	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-30.	73
Figura 53	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-31.	74
Figura 54	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-38.	74
Figura 55	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-39.	74
Figura 56	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-40.	74
Figura 57	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-41.	75
Figura 58	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-42.	75
Figura 59	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-43.	75
Figura 60	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-45.	76
Figura 61	Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-46.	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Sumarização dos trabalhos relacionados	26
Tabela 2	Papéis definidos no RPG proposto.	30
Tabela 3	Ações e opções de escolha para cada papel.	37
Tabela 4	Modelagem dos Dados	41
Tabela 5	Número de instâncias por rodada dos jogos de testes	45
Tabela 6	Cenários baseados nas ações dos jogadores - Parte 1	47
Tabela 7	Cenários baseados nas ações dos jogadores - Parte 2	48
Tabela 8	Seleção de atributos - Agricultores e Empresários	50
Tabela 9	Seleção de atributos - Agricultores	50
Tabela 10	Seleção de atributos - Fiscal	51
Tabela 11	Seleção de atributos - Prefeito	51
Tabela 12	Seleção de atributos - Atributos em Comum	52
Tabela 13	Cenários obtidos de forma automática - Parte 1	53
Tabela 14	Cenários obtidos de forma automática - Parte 2	54
Tabela 15	Cenários obtidos de forma automática - Parte 3	55
Tabela 16	Cenários obtidos de forma automática - Parte 4	56
Tabela 17	Mapeamento das estratégias dos papéis agricultores e empresários	77
Tabela 18	Mapeamento de estratégias dos papéis fiscais e prefeitos	78
Tabela 19	Mapeamento de estratégias dos jogadores extras - Agricultores	78
Tabela 20	Mapeamento de estratégias dos jogadores extras - Fiscais e Prefeitos	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDI	<i>Belief-Desire-Intention</i>
ComMod	<i>Companion Modelling</i>
NPC	<i>Non-player character</i>
ONG	Organização Não Governamental
RPG	<i>Role-Playing Game</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SMA	Sistema Multiagente
UML	Linguagem de Modelagem Unificada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivos	14
1.3	Organização do texto	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Recursos Hídricos	15
2.2	Sistemas Multiagente	16
2.3	Jogos	17
2.3.1	Jogos de Papéis	17
2.4	ComMod	18
2.5	Mineração de dados	21
2.6	Trabalhos Relacionados	23
3	DESENVOLVIMENTO DE UM RPG PARA GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS	27
3.1	Escopo do projeto	27
3.2	Modelagem	28
3.2.1	Diagramas de Classe	31
3.2.2	Diagramas de Sequência	33
3.3	RPG de Mesa	33
3.4	Jogo computacional	36
4	METODOLOGIA PROPOSTA	39
4.1	Modelagem de dados	40
4.2	Processo de KDD	43
4.2.1	Pré-Processamento	43
4.2.2	Técnica de Mineração de dados	45
4.2.3	Obtenção de cenários baseado nas ações dos jogadores	45
4.2.4	Obtenção dos cenários de forma automática	49
5	RESULTADOS	57
5.1	Análise das Árvores de Decisão por Cenários de Teste Definidos	57
5.2	Análise das Árvores de Decisão por Cenários de Teste Automáticos	67
6	CONCLUSÃO	80
	REFERÊNCIAS	82

ANEXO A	DIAGRAMAS DE CLASSE	85
ANEXO B	DIAGRAMAS DE SEQUÊNCIA	87
ANEXO C	CARTÃO DE VALORES	90
APÊNDICE A	DICIONÁRIO DOS DADOS	94
APÊNDICE B	ÁRVORES DE DECISÃO: CENÁRIOS BASEADOS NAS AÇÕES DOS JOGADORES	98
APÊNDICE C	ÁRVORES DE DECISÃO: CENÁRIOS GERADOS DE FORMA AUTOMÁTICA	103

1 INTRODUÇÃO

A gestão dos recursos naturais compreende uma realidade complexa, pois envolve interações homens-ecossistemas: de um lado pensa-se em desenvolvimento socioeconômico e, de outro, em qualidade do meio ambiente. No sentido dos estudos sobre os impactos ecológicos das ações humanas e questões de cooperação, resolução de conflitos no contexto da dinâmica dos sistemas socioambientais, a utilização dos sistemas multiagente é uma das formas para construção de modelos a fim da obtenção de simulações das “inter-relações entre homens e ecossistemas” (FREIRE VIEIRA; WEBER, 1997), pois um sistema multiagente “equivale a reproduzir um mundo artificial que assemelha-se ao mundo observado” (BOUSQUET, 1995 apud (FREIRE VIEIRA; WEBER, 1997)).

Este trabalho está associado ao projeto interinstitucional entre a Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), intitulado “Gestão participativa dos recursos hídricos utilizando jogos computacionais e sistemas multiagente”. O projeto mencionado tem como objetivo a formalização, desenvolvimento de um jogo computacional para gestão participativa dos recursos hídricos no estado no Rio Grande do Sul, utilizando Simulação Baseada em Multiagente (*Multi-Agent-Based Simulation* - MABS) e Jogos de Papéis (*Role-Playing Games* - RPG). O projeto tem financiamento pelo Programa de apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Regulação e Gestão de Recursos Hídricos – Pró-Recursos Hídricos Chamada N° 16/2017 da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Agência Nacional das Águas (ANA).

1.1 Justificativa

O gerenciamento de recursos naturais é uma área que busca melhores formas de gerenciar terras, águas, plantas e animais, baseado em qualidade de vida das pessoas no presente e para gerações futuras. Essa área ganhou visibilidade com a noção de desenvolvimento sustentável, que é um princípio de como os governos veem e compreendem o mundo. O gerenciamento dos recursos naturais foca especificamente no entendimento técnico científico de recursos e ecologia e como esses recursos podem dar suporte à vida

animal (HOLZMAN, 2009).

Para FULLER et al. (2007), existem três desafios computacionais ligados ao gerenciamento de recursos naturais: gerenciamento e comunicação de dados; análise de dados; e, controle e otimização. Para resolver esses desafios, a utilização de ferramentas computacionais utilizando técnicas de IA pode ser uma solução, visto que elas têm a flexibilidade necessária para tratar a dinâmica existente em recursos naturais. Muitas técnicas estão disponíveis na literatura, como Algoritmos Genéticos, Redes Neurais, Sistemas Multiagente, Autômatos Celulares e Inteligência de Enxames.

O gerenciamento de recursos depende de sistemas de informações geográficas (SIG), para que se tenha interatividade, alto desempenho, computação integrada aos modelos e computação distribuída geograficamente. Técnicas de gerenciamento de larga escala para processar e descobrir as sequências genômicas. Normalmente, a computação é aplicada em áreas da biologia para resolver os problemas de análise e gerenciamento de dados, pois esses têm uma importância política, social e econômica agregada. Contudo, um problema pode envolver todas essas três áreas, como soluções para controle de espécies exóticas, que depende de informações sobre os organismos e sua difusão no ambiente (gerenciamento e comunicação de dados), entendimento de ligações temporais e espaciais (análise de dados) e desenvolvimento de estratégias para gerenciar populações de espécies exóticas (controle e otimização).

De acordo com BARRETEAU et al. (2001), realizar experimentos em ecossistemas reais com o intuito de analisar sua gestão é difícil, pois os ecossistemas geralmente são sistemas complexos, no que se refere à gestão de recursos naturais, e sua dinâmica pode ser bastante lenta. Além disso, por questões gerenciais, as pessoas são incluídas no sistema em estudo.

As abordagens que utilizam MABS possibilitam a realização de experimentos com cenários totalmente reproduzíveis e controláveis e sem consequências potencialmente danosas para as pessoas que vivem no ecossistema em questão BARRETEAU et al. (2001), pois “o fenômeno real é decomposto em um conjunto de elementos e em suas interações. Cada elemento é modelado como um agente e o modelo geral é o resultado das interações entre estes agentes” (ADAMATTI; SICHMAN, 2007).

A análise dos resultados fornece um meio para desenvolver teorias sobre o comportamento do ecossistema virtual, que pode então ser comparado a outras observações. Algumas dificuldades surgem quando se retorna ao ecossistema real para estender essas teorias sobre a gestão de recursos naturais reais, portanto uma validação do modelo multiagente proposto pode ser necessária (BARRETEAU et al., 2001).

Neste sentido, o RPG é utilizado, como uma espécie de validador e meio de compreensão do Sistema Multiagente (SMA). Pois é um tipo de jogo onde os jogadores “interpretam” uma personagem, criada dentro de um determinado cenário (ambiente). As personagens respeitam um sistema de regras, que serve para organizar suas ações, deter-

minando os limites do que pode ou não ser feito (PEREIRA, 2003). RPG é uma técnica muito utilizada em treinamento, pois pode colocar os jogadores em situações de tomada de decisão similares às reais, porém sem consequência efetivas. Em especial, grandes empresas têm utilizado RPG em cursos de treinamento devido ao fator lúdico envolvido nos jogos, o que faz com que o treinamento e/ou aprendizagem de determinado assunto seja facilitado (PERROTTON et al., 2017).

1.2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é o mapeamento de estratégias dos jogadores em um RPG, no domínio da gestão de recursos naturais, de forma a melhor entender os perfis dos jogadores.

De forma a atender esse objetivo, as seguintes etapas foram necessárias:

1. Participação no desenvolvimento de um jogo do tipo RPG de mesa para definição do jogo computacional e geração de dados;
2. Utilização de mineração de dados, por meio das árvores de decisão, para mapeamento das estratégias de cada jogador.

No escopo do projeto maior que este trabalho está inserido, esse mapeamento das estratégias dos jogadores será utilizado para a implementação de jogadores virtuais (Non-Player Characters - NPC), para o posterior desenvolvimento de um RPG totalmente computacional *online*.

1.3 Organização do texto

O texto está dividido da seguinte forma: No segundo capítulo são apresentados os conceitos de Recursos Hídricos, Sistemas Multiagente, Jogos, Jogo de Papéis, metodologia ComMod, Mineração de Dados e os trabalhos relacionados ao objetivo deste trabalho. O terceiro capítulo descreve o Desenvolvimento do RPG para a gestão de recursos naturais, bem como, o escopo do projeto no qual o trabalho está inserido. Além disso, descreve as etapas do projeto: (i) modelagem e os diagramas de classe e sequência, (ii) jogos de mesa e (iii) jogo computacional. O quarto capítulo apresenta a metodologia para desenvolvimento deste trabalho. No quinto capítulo são apresentados os resultados obtidos dos cenários propostos e, por fim, o sexto capítulo as conclusões. Além disso, os anexos A e B apresentam, respectivamente, os diagramas de classe e sequência. O anexo C apresenta os cartões do RPG de mesa. No apêndice A é descrito o dicionário de dados e o apêndice B apresenta todas as árvores de decisão geradas a partir dos cenários propostos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são explanados os conceitos para o embasamento deste trabalho: recursos hídricos, sistemas multiagente, jogos, jogos de papéis, abordagem Companion Modelling e mineração de dados, assim como os trabalhos relacionados.

2.1 Recursos Hídricos

Incluídos nos recursos naturais de grande importância para a humanidade estão os recursos hídricos. Os recursos hídricos são águas superficiais ou subterrâneas disponíveis para qualquer tipo de uso de região ou bacia hidrográfica (COSTA et al., 2012). Os seres humanos estão envolvidos com todas as suas atividades, nos diversos usos da água.

Apesar de água ser um recurso renovável, fatores como falta de chuvas, poluição da água doce, uso elevado da água, geram preocupações no que diz respeito a resiliência da vida, sistemas fluviais vibrantes, a complexidade e a incerteza dos sistemas naturais (EVERARD e POWELL 2002 apud (WINZ; BRIERLEY; TROWSDALE, 2009)).

À vista disso, emergiu-se o problema de garantir o abastecimento de água para atender às demandas presentes e futuras gerações, pois a agricultura, a indústria e as comunidades urbanas precisam de suprimentos garantidos em quantidades cada vez maiores (WINZ; BRIERLEY; TROWSDALE, 2009).

Por essa crescente demanda, estudos científicos são necessários para conceber soluções efetivas para esse complexo desafio. Segundo MEFFE (1996) apud WINZ; BRIERLEY; TROWSDALE (2009), “abordagens tradicionais de comando e controle para a gestão de recursos hídricos enfatizaram preocupações quanto à provisão de recursos hídricos adequados para necessidades, sem dar a devida atenção à manutenção dos serviços ecossistêmicos”.

Neste sentido, metodologias computacionais de simulação, tais como, simulação baseada em multiagente podem contribuir na compreensão sobre a dinâmica dos sistemas sociais e ambientais.

2.2 Sistemas Multiagente

Sistemas multiagente (SMA), segundo WOOLDRIDGE (2009), “são sistemas compostos por múltiplos elementos de computação interagentes, conhecidos como agentes”. De acordo com os autores BOUSQUET; TRÉBUIL (2005), um SMA é constituído por um conjunto de processos computacionais que ocorrem ao mesmo tempo, ou seja, vários agentes que existem ao mesmo tempo, compartilham recursos comuns e se comunicam uns com os outros. Os SMA estudam o comportamento de um conjunto de agentes autônomos, eventualmente com características diferentes, que evoluem em um ambiente comum (ALVARES, 1997).

Esses agentes são sistemas de computador autônomos, que estão situados em algum ambiente, capazes de decidir o que eles precisam fazer a fim de satisfazer seus objetivos de projeto, para isso, eles podem interagir com outros agentes de forma a cooperar, coordenar, negociar, competir (WOOLDRIDGE, 2009). Os agentes realizam suas tarefas de modo cooperativo, compartilham informações, evitam conflitos e coordenam a execução de atividade (BITTENCOURT, 1998).

Para tais atividades, existem arquiteturas para o desenvolvimento de agentes. Dentre elas está a BDI (*Belief-Desire-Intention*) (RAO; GEORGEFF et al., 1995), baseada em crenças, desejos e intenções. ADAMATTI; SICHMAN (2007) esclarecem que as crenças de um agente são suas visões do mundo, os desejos do agente se referem a seus objetivos e as intenções são as ações que os agentes executam. A arquitetura define o comportamento do agente, ou seja, contém explicitamente estruturas de dados que correspondem aos estados mentais dos agentes (WOOLDRIDGE, 2000b apud (WOOLDRIDGE, 2009).

A simulação baseada em multiagente (*Multi-Agent-Based Simulation* (MABS)) surgiu da integração das tecnologias de agentes e de simulação) (ADAMATTI; SICHMAN, 2007). As MABS são realizadas iterativamente, dessa forma, fornecem uma melhor compreensão da realidade após cada iteração TORII et al. (2005), e conforme GILBERT; TROITZSCH (1999) apud ADAMATTI; SICHMAN (2007), é uma área de pesquisa interdisciplinar, que busca construir dinamicamente uma teoria científica.

Com a utilização de MABS, é possível compreender o impacto acumulado das decisões individuais de várias pessoas, pois, como citam ADAMATTI; SICHMAN (2007), “o fenômeno real é decomposto em um conjunto de elementos e em suas interações. Cada elemento é modelado como um agente e o modelo geral é o resultado das interações entre estes agentes.”

De acordo com DROGOUL; FERBER (1992), as MABS tem como objetivo testar hipóteses. No âmbito da sociologia, etologia e psicologia, o objetivo é construir teorias que contribuam para o entendimento de fenômenos, que relacionam comportamentos a estruturas e integrar teorias parciais de diferentes disciplinas numa mesma estrutura.

Ainda segundo DROGOUL; FERBER (1992), MABS é uma técnica adequada para

situações onde existem muitos indivíduos, com comportamentos diversos e complexos, os aspectos quantitativos e qualitativos são considerados e em MABS são programados “comportamentos primitivos de cada indivíduo e o comportamento global que emerge das interações entre os indivíduos é analisado, mas não pré-programado de modo direto” (DROGOUL; FERBER, 1992).

2.3 Jogos

CRAWFORD (1984) define jogo como “um sistema formal fechado que representa subjetivamente um subconjunto da realidade”, ou seja, é formal pois os jogos possuem regras, e fechado porque é completo e autosuficiente como estrutura e pode ser uma metáfora real para a percepção do jogador de seu mundo (CRAWFORD, 1984).

Ainda segundo CRAWFORD (1984), “os jogos são objetivamente irreais na medida em que não criam fisicamente as situações que representam, mas são subjetivamente reais para o jogador”.

De acordo com COSTIKYAN (2005), os elementos que caracterizam os jogos são: objetivos e regras bem definidos, tomada de decisão dos jogadores, conflito gerado pelas regras, obrigatoriedade de os jogadores administrarem recursos, manipulação direta dos elementos do jogo e a interação dos jogadores.

Os jogos são classificados em jogos de tabuleiro, jogos de cartas, jogos de esportes, jogos para crianças e jogos computacionais (CRAWFORD, 1984). Dentro dos jogos computacionais existem muitas divisões tais com, jogos de aventura, jogos de guerra e RPG de fantasia (CRAWFORD, 1984). De acordo com ADAMATTI; SICHMAN (2007), “os jogos computacionais diferem de outros softwares pela sua subjetividade, pois seu primeiro objetivo é divertir (essa diversão pode vir associada a outros objetivos, como educar, treinar e selecionar)”.

2.3.1 Jogos de Papéis

Os jogos de papéis, conhecidos como RPG (*Role-Playing Games*) “são um tipo de jogo onde os jogadores ‘interpretam’ uma personagem, criada dentro de um determinado cenário (ambiente) eles podem ser impressos (em mapas, fichas de personagens, etc.) eletrônicos ou oral” (ADAMATTI; SICHMAN, 2007). “A forma tradicional de jogar RPG é conhecida pela comunidade como ‘RPG de mesa’, pelo fato de comumente ser jogado em torno de uma mesa com lápis, papel e dados” (BITTENCOURT; GIRAFFA, 2003).

O RPG pode ser visto como um teatro, com um roteiro que não se refere a interpretação, mas à um conjunto de regras a ser seguido por cada personagem, que interpreta um papel. Essas personagens “respeitam um sistema de regras, que serve para organizar suas ações, determinando os limites do que pode ou não ser feito” (KLIMICK, 2003 apud (ADAMATTI; SICHMAN, 2007)).

O RPG de mesa ou jogo de mesa é normalmente um jogo de tabuleiro, com fichas para definição das ações de cada jogador. Nas sessões de um jogo de mesa, o mestre do jogo descreve os eventos que estão ocorrendo e comunicam os resultados das decisões dos jogadores (LUONG; THANGARAJAH; ZAMBETTA, 2017).

As regras não limitam-se a personalidade de cada jogador, pois o jogador pode interpretar uma personagem bastante diferente de uma personalidade do mundo real. Assim, “os jogadores utilizam RPGs como um ‘laboratório social’, isto é, como uma forma de experimentar uma variedade de possibilidades, sem sofrer as consequências do mundo real”(BARRETEAU; LE PAGE; D’AQUINO, 2003).

Dessa maneira, a contribuição do RPG, como uma técnica, facilita o “treinamento e/ou aprendizado de um determinado assunto, pois pode colocar os jogadores em situações de tomada de decisão similares às reais, porém sem consequências efetivas” (ADAMATTI; SICHMAN, 2007).

Pode-se afirmar que, em um RPG não há vencedores e perdedores, dado que possui aspecto de colaboração em vez de competição, logo, ao final do jogo, deve-se completar uma história construída a partir das regras do jogo, na busca dos objetivos individuais e/ou coletivos (ADAMATTI; SICHMAN, 2007).

2.4 ComMod

Companion Modelling Approach – (ComMod) é uma abordagem que “combina RPG e simulações de multiagente para validar modelos iniciais que representam o funcionamento de sistemas complexos a serem gerenciados”(TORII et al., 2005). Ainda, segundo TORII et al. (2005), “é usada para facilitar o gerenciamento adaptativo de recursos renováveis por seus usuários”.

ComMod baseia-se no uso de SMA para a gestão de recursos naturais e tem a finalidade de desenvolver modelos de simulação integrando várias partes interessadas (atores envolvidos em uma questão), pontos de vista para serem utilizados no contexto das plataformas de aprendizagem coletiva (BOUSQUET, 2005). “A metodologia ComMod é usada para facilitar esse processo na gestão de recursos naturais, na combinação de ferramentas-chave usadas com as partes interessadas, como modelos conceituais, SMA e RPG” (BOUSQUET, 2005).

Neste contexto, o SMA e o RPG tornam-se uma ferramenta para aprendizado iterativo da gestão dos recursos naturais, o sistema complexo que prevalece a longo prazo, visto que, permitem um grande número de simulações de diversos cenários. Segundo WEBER e BAILLY(1993) apud BOUSQUET (2005), “a abordagem de longo prazo deve inevitavelmente ser baseada em um cenário”.

De acordo com BOUSQUET (2005), através das interações entre as partes interessadas, surgem regras de conhecimento de todos os envolvidos, e com base em uma

concepção de como a situação atual deve evoluir, as partes interessadas podem decidir sobre objetivos de longo prazo, assim, “os cenários que permitem atingir esses objetivos podem ser discutidos” (BOUSQUET, 2005).

Dessa forma, os modelos SMA, podem ser usados para aumentar o conhecimento científico sobre os processos ecológicos e sociais. A criação coletiva de um mundo artificial serve para criar uma representação compartilhada para simular vários cenários identificados pelas partes interessadas, sendo o cientista um deles (BOUSQUET, 2005). Ainda segundo BOUSQUET (2005), “qualquer decisão coletiva, é dependente do contexto e deve ser vista como um estágio em um dado “tempo t” no processo contínuo de gerenciamento de uma questão complexa”.

Neste contexto, as Figuras 1 e 2 demonstram as interações entre agentes que possuem diferentes representações do sistema a ser gerenciado e as diversas situações no processo de interação. Esses agentes atuam e transformam seu ambiente comum, que será modificado para outros agentes. Esse ambiente tem sua própria dinâmica ecológica de mudança (BOUSQUET, 2005).

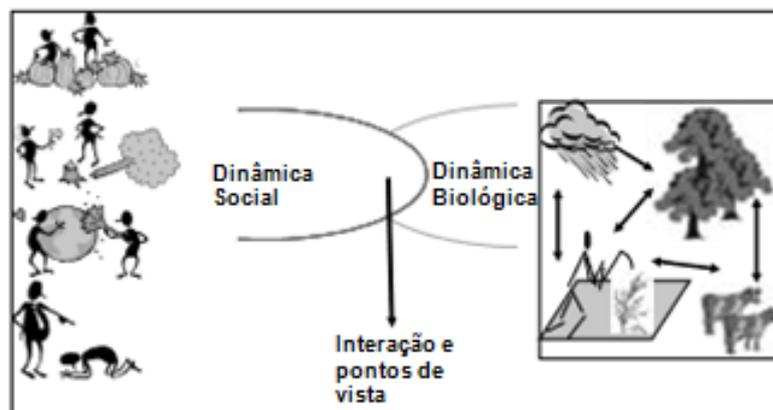


Figura 1: Representação esquemática de um sistema sócio-ecológico. Adaptada de (BOUSQUET, 2005).



Figura 2: Representação esquemática de um SMA. Adaptada de (BOUSQUET, 2005).

BARRETEAU et al. (2001) esclarecem que o processo cíclico da ComMod, que pode ser repetido quantas vezes forem necessárias, é projetado para fornecer *feedback*

ao mundo real e às partes interessadas. A utilização dos resultados da simulação são os primeiros meios para testar a consistência dos pressupostos e à identificação do conhecimento. O RPG é o recurso para interligar o modelo com as partes interessadas e pode resultar em modificações corretivas do atual modelo SMA ou RPG. Desse modo, no ciclo ComMod, ocorre uma co-construção do modelo e do jogo, cada um permitindo a análise e aprimoramento do outro (BOUSQUET, 2005).

A Figura 3 refere-se ao ciclo usado no processo de modelagem (BOUSQUET, BARRETEAU et al. 1999 APUD (BARRETEAU et al., 2001)) na metodologia.

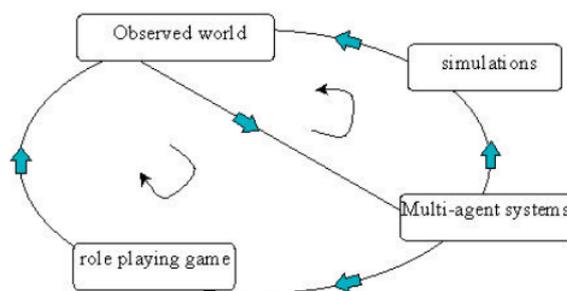


Figura 3: Associação de SMA, RPG e observações de campo em um método de dois ciclos (BARRETEAU et al., 2001).

De acordo com (BOUSQUET, 2005), um modelo SMA pode ser visto como um RPG simulado pelo computador. Ao criar RPG, semelhantes aos modelos SMA, pode-se:

- compreender o modelo e compreender a diferença entre o modelo e a realidade,
- validar ao examinar os comportamentos individuais dos agentes e as propriedades do sistema que emergem de suas interações, e propor modificações,
- reproduzir as simulações SMA no computador e propor cenários a serem avaliados e discutidos após suas simulações.

Ainda, segundo BOUSQUET (2005), o modelo conceitual é importante, pois essa fase é um “empreendimento interdisciplinar realizado por meio de discussões, revisões de literatura e pesquisas de campo ou experimentos”, e mediante o uso da Linguagem de Modelagem Unificada (UML) facilita o processo de verificação para verificar se o modelo implementado é uma representação verdadeira do modelo conceitual.

O RPG facilita o compartilhamento e a modificação do modelo conceitual com as partes interessadas, enquanto o modelo SMA permite simulações rápidas de vários cenários propostos pelos atores, quando os modelos SMA fornecem um ambiente dinâmico para os jogadores de um jogo ou quando um RPG é usado para explicar o que o modelo SMA está realmente fazendo. Quando os modelos conceituais para o RPG e o SMA são diferentes, eles se apoiam mutuamente durante a fase de projeto e análise de problemas (BOUSQUET, 2005). BOUSQUET (2005) ressalta que a ComMod propõe o uso da abordagem

entre os contextos específicos: (i) produção de conhecimento sobre um determinado sistema complexo e o apoio a processos coletivos de tomada de decisão, e (ii) pesquisa metodológica para facilitar o gerenciamento conjunto de tais sistemas.

2.5 Mineração de dados

Conforme TAN; STEINBACH; KUMAR (2009), a mineração de dados é o processo de descoberta automática de informações úteis com o intuito de descobrir padrões e fornecer previsão do resultado de uma observação futura, isto é, ela é uma parte integral da descoberta de conhecimento em banco de dados (*Knowledge Discovery in DataBases - KDD*), que corresponde ao processo de transformação dos dados em informações úteis.

O processo de KDD, segundo (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2009), é dividido em três etapas:

- Pré-processamento: Os dados brutos de entrada são transformados em formato apropriado à mineração de dados;
- Mineração de dados: “A mineração de dados é uma tecnologia que combina métodos tradicionais de análise de dados com algoritmos sofisticados” (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2009);
- Pós-processamento: Análise dos resultados úteis, mediante a investigação dos dados e resultados da mineração de dados.

A Figura 4 mostra os passos para o processo da descoberta de conhecimento em banco de dados.

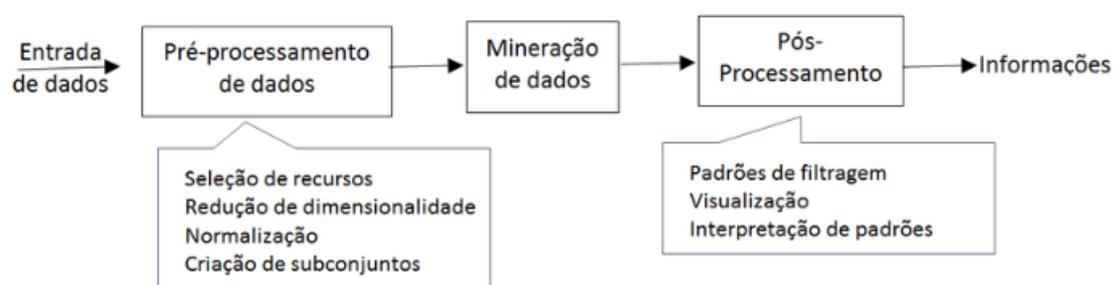


Figura 4: O processo de descoberta de conhecimento em bancos de dados(KDD) (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2009).

Segundo TAN; STEINBACH; KUMAR (2009), as tarefas de mineração de dados são divididas em duas categorias: tarefas de previsão e tarefas descritivas. Nas tarefas de previsão, o objetivo é prever o valor de um atributo baseando-se nos valores de outros atributos, já nas tarefas descritivas o objetivo é derivar padrões, isto é, extrair correlações,

tendências, grupos, trajetória e anomalias que resumam os relacionamentos implícitos nos dados.

A modelagem de previsão refere-se a construção de um modelo para a variável alvo (atributo) como uma função das variáveis explicativas (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2009). Para a modelagem de previsão existem as tarefas de: classificação (utilizada para variáveis alvo discretas) e a regressão (utilizada para variáveis alvo contínuas).

As abordagens baseadas em classificação buscam organizar objetos em uma categoria pré-definida, ou seja, aprende uma função alvo que mapeie cada conjunto de atributos x para um dos rótulos de classes y pré-determinados (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2009). Dentre elas, estão os classificadores de árvores de decisão que aplicam um algoritmo de aprendizagem, que permite a identificação de um modelo apropriado para o relacionamento entre o conjunto de rótulo da classe dos dados de entrada (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2009).

Em uma árvore de decisão, cada nodo folha recebe um rótulo de classe. Os nodos não terminais (nodo raiz e os nodos internos) contêm condições de testes de atributos para separar registros que possuam características diferentes (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2009) fazendo a comparação do valor de um atributo com uma constante e os nós da folha fornecem a classificação que se aplica a todas as instâncias que atingem a folha, “ou um conjunto de classificações ou uma distribuição de probabilidade em todas as classificações possíveis”(FRANK; HALL, 2011). A classificação de uma instância desconhecida acontece de acordo com os valores dos atributos testados em nós sucessivos e, quando uma folha é alcançada, a instância é classificada de acordo com a classe atribuída à folha (FRANK; HALL, 2011).

De acordo com FRANK; HALL (2011), quando o atributo testado em um nó for nominal, geralmente há uma ramificação para cada valor possível do atributo e, o mesmo atributo não será testado novamente abaixo da árvore. Porém, às vezes, os valores dos atributos são divididos em dois subconjuntos, e o galhos de árvores apenas de duas maneiras, dependendo de qual subconjunto está o valor, o atributo pode ser testado mais de uma vez no caminho. Quando for numérico, geralmente há uma divisão bidirecional pois o teste determina se o valor é maior ou menor do que uma constante predeterminada.

Existem ferramentas que auxiliam o processo de mineração de dados, uma delas, é a ferramenta Weka¹. Weka é um software de código aberto e tem disponibilizados uma coleção de algoritmos de aprendizado de máquina para tarefas de mineração de dados, dentre elas: preparação de dados, classificação, regressão, agrupamento, mineração de regras de associação e visualização (WITTEN; FRANK, 2002).

¹<https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>

2.6 Trabalhos Relacionados

Esta seção descreve os trabalhos correlatos aos temas que compreendem o projeto: integração de SMA e RPG para gestão de recursos naturais, assim como aplicações de mineração de dados neste contexto. As buscas pelos trabalhos relacionados, baseadas no tema, ocorreram nas bases de dados *ACM Digital Library*², *IEEEExplore*³, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation (JASSS)*⁴ e *Springer Link*⁵.

Na literatura, existem trabalhos com os usos de mineração de dados aplicados a jogos, SMA e recursos naturais, contudo neste trabalho a mineração de dados é utilizada como ferramenta com o propósito de descobrir estratégias mediante a escolha das ações, por parte dos jogadores, para a criação de agentes. A Figura 5 ilustra as áreas de abrangência do projeto e como ocorre a integração das áreas.

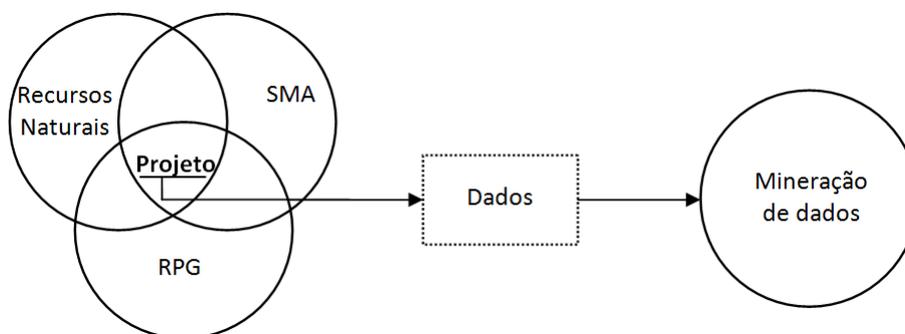


Figura 5: Áreas de abrangência do projeto e sua integração

A integração de jogos de papéis e sistemas multiagente no contexto da gestão de recursos hídricos, segundo trabalhos analisados, provou ser uma ferramenta eficaz de suporte à discussão. Além disso, facilita o aprendizado do domínio proposto, proporciona a interação entre os jogadores e compartilhamento de informações. Também resulta em novos pontos de vista para o mesmo problema, isto é, as ações dos jogadores, no jogo, permite a exploração de soluções que os pesquisadores podem não ter incluído no modelo. Assim, o RPG é utilizado como uma “espécie de interface entre modelagem computacional e pessoas, permitindo-lhes participar na concepção do modelo, bem como facilitar a utilização das simulações” (BOUSQUET; TRÉBUIL, 2005).

Os trabalhos BARRETEAU et al. (2001), D’AQUINO et al. (2003), TORII et al. (2005) e URQUHART et al. (2019) demonstram que os SMA são utilizados em várias áreas tais como: resolução de problemas, avaliação, previsão, planejamento, simulação de cenários de evolução do ecossistema para fins de pesquisa, treinamento e apoio à negociação. A introdução dos jogos de RPG para o gerenciamento de recursos naturais, utilizando simulação de forma lúdica, dada a complexidade de representar o meio

²<https://dl.acm.org/>

³<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

⁴<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/>

⁵<https://link.springer.com/>

ambiente, possibilita a validação do SMA ao explorar as estratégias para o gerenciamento de recursos naturais e permite explicar o conteúdo de um SMA.

Os autores BARRETEAU et al. (2001) desenvolveram um SMA a partir de um RPG para analisar uma situação de negociação entre agricultores. Além de criar cenários, o modelo foi utilizado como um instrumento de aprendizado e mediação dentro de um processo de negociação para o conflito dos recursos hídricos no vale do rio Senegal. Esta abordagem demonstrou que a combinação de SMA e RPG explicam o conteúdo do modelo e possibilitou a validação e comunicação.

No trabalho de D'AQUINO et al. (2003) foi realizado um experimento que integra o SMA e os RPG para testar o projeto de modelagem com as partes interessadas, com o mínimo de trabalho de design realizado pelo modelador. Este experimento foi organizado na forma de oficinas participativas, o que levou a discussões, avaliações e decisões sobre o planejamento de gestão de uso da terra. O modelo projetado pelos pesquisadores apoiam os processos de tomada de decisões sobre as atividades de produção agrícola com base em suas capacidades.

A aplicação da mineração de dados como ferramenta para auxiliar a construção de agentes, é utilizada em diversos contextos de SMA. Os autores MULLER; SICHMAN (2009) apresentam uma comparação dos seguintes algoritmos de aprendizagem:

- ID3 e C4.5 baseados em árvores de decisão,
- Perceptron e multi-camadas de redes neurais baseados em redes neurais,
- Naive Bayes e Expectation-Maximização (EM) baseados em redes bayesianas,
- Raciocínio baseado em casos (CBR) e k-vizinhos mais próximos (kNN) baseado em instâncias,
- Conceitos gerais, além da Programação Genética fortemente tipado (STGP) ((Montana 1995, apud (MULLER; SICHMAN, 2009)) baseado em algoritmos genéticos, RIPPER, AQ e CN2 baseado em conjunto de regras,
- Prolog-EBG baseado no Analítico,
- Q-Learning e diferenças temporais mais alguns Inverse Reinforcement Learning baseado em reforço,
- e conceitos gerais para SVM (Support-Vector Machine).

A comparação tem como propósito selecionar o algoritmo de aprendizagem para projetar jogadores realistas para substituir jogadores humanos em jogos no domínio da gestão de recursos naturais, em razão de que, em alguns casos, o número de jogadores para participar de jogos desse domínio é insuficiente. Neste sentido, o objetivo é construir jogadores

virtuais com o aprendizado mediante ao “comportamento dos jogadores humanos, com base em traços de execução dos jogos de simulação” (MULLER; SICHMAN, 2009). De modo conclusivo, as possibilidades de seleção são os algoritmos de aprendizagem baseada em instância, algoritmos genéticos e reforço de aprendizagem. Os autores destacam que os algoritmos baseados em instância aceitam heurística, com algoritmos genéticos o modelo interno pode ser escolhido e com os algoritmos de reforço os jogadores virtuais podem se adaptar dinamicamente.

Na pesquisa realizada pelos autores TORII et al. (2005), com relação ao estudo sobre a produção de arroz no nordeste da Tailândia, foi proposta uma metodologia para a construção de modelos de agentes genéricos que combina o aprendizado baseado em classificação com ComMod. Nesta metodologia, a construção dos agentes é realizada a partir dos dados de registro de RPG, no qual é aplicado o aprendizado de máquina por meio da árvore de decisão. As características (fatores de tomada de decisão) de conhecimento do especialista são aplicadas como conhecimento prévio para a classificação. Dessa forma, a abordagem utilizada no sistema de construção do modelo de agente ocorre na (i) identificação dos atributos que possuem a melhor precisão de previsão, os atributos importantes escolhidos pelo especialista sempre são incluídos, e o (ii) especialista elimina os atributos irrelevantes dos resultados do modelo de aprendizagem. Após esse processo, o modelo de agente inicial é transformado em um modelo de árvore de decisão, e dessa forma as características importantes são extraídas. No estudo realizado, os conjuntos de dados foram transformados a partir dos dados de registro duas sessões de RPG e cada conjunto de dados refere-se as escolhas de um agricultor em cada etapa, que corresponde a um ano. Os autores implementaram o modelo de aprendizagem na plataforma de simulação multiagente CORMAS⁶ e através da observação do processo decisório de cada agente, feita pelo especialista, os autores confirmaram a capacidade da aplicação desta metodologia.

O trabalho realizado pelos autores URQUHART et al. (2019) apresenta uma solução baseada em sistema multiagente para o problema do deslocamento das pessoas para o local de trabalho, visto que, este contribui para o congestionamento e a poluição. Os autores projetaram uma estrutura de software para simular as ações das pessoas, através da implementação de agentes baseados em BDI para a tomada de decisão, com o propósito de prever modos de deslocamento a serem utilizados pelas pessoas individualmente para o local de trabalho, e desse modo, permitir que as organizações possam prever os efeitos das mudanças nos padrões e locais de trabalho. A análise da árvore de decisão foi utilizada no processo da construção do modelo de deslocamento para estabelecer a influência dos itens (distância) na escolha do modo de deslocamento (andando, ônibus, carro e trem). A validação do modelo, por meio do estudo de caso do deslocamento para os locais de trabalho realizado com os funcionários de uma universidade do Reino Unido, demonstrou

⁶<http://cormas.cirad.fr/indexeng.htm>

que a tomada de decisão inspirada pelo BDI é capaz de prever modos de deslocamentos a serem utilizados.

Através das pesquisas realizadas para a elaboração deste trabalho, não evidenciou-se trabalhos que abordam a mineração de dados aplicada as ações realizadas no RPG, para auxiliar a identificação de perfis de pessoas ou jogadores no domínio de gestão de recursos naturais.

Assim, o presente trabalho, propõe a aplicabilidade de técnicas computacionais, como a mineração de dados, a fim de auxiliar o entendimento dos perfis que estão envolvidos na na gestão de recursos naturais. Cabe frisar que este trabalho, também contribuirá para a construção de agentes a partir das regras obtidas na mineração de dados.

A Tabela 1 apresenta de forma sumarizada os trabalho apresentados, bem como seu uso dos domínios definidos para esse trabalho.

Tabela 1: Sumarização dos trabalhos relacionados

Trabalho	Recursos Naturais	SMA	RPG	Mineração de Dados
(BARRETEAU et al., 2001)	Sim	Sim	Sim	Não
(D'AQUINO et al., 2003)	Sim	Sim	Sim	Não
(MULLER; SICHMAN, 2009)	Sim	Sim	Não	Sim
(TORII et al., 2005)	Sim	Sim	Sim	Sim
(URQUHART et al., 2019)	Não	Sim	Não	Sim
(MELO; ADAMATTI, 2019)	Sim	Sim	Sim	Sim

3 DESENVOLVIMENTO DE UM RPG PARA GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS

O presente trabalho está inserido em um projeto maior, que visa o desenvolvimento de um RPG para gestão de recursos naturais. Especificamente, neste trabalho, se propõe o mapeamento das estratégias dos papéis interpretados por jogadores reais (pessoas) nos jogos de RPG de mesa. Existem as ações que os jogadores podem tomar, mas determinar quais ações cada jogador escolhe executar deve ser fundamentada. Para tanto, a mineração de dados é utilizada como ferramenta para este mapeamento, com o intuito de descobrir comportamentos dos papéis para obtenção das crenças, desejos e intenções dos NPC.

3.1 Escopo do projeto

A visão geral do projeto “Gestão participativa dos recursos hídricos utilizando jogos computacionais e sistemas multiagente”, na qual a proposta em estudo faz parte, pode ser observada na Figura 6, destacado no retângulo tracejado onde está o escopo deste trabalho.

O jogo computacional e a simulação multiagente referem-se ao produto final do projeto, entretanto, para atingir esse objetivo, são necessárias algumas fases, assim, o projeto pode ser visto em três etapas interligadas: (i) jogo de mesa; (ii) jogo computacional; e (iii) simulação baseada em agentes.

A fase da modelagem produziu a definição e formalização das ações e interações dos papéis para o desenvolvimento das regras e do motor do jogo. O motor do jogo é um programa na linguagem de programação java desenvolvido por dois integrantes do projeto. Neste programa são computadas as ações escolhidas pelos jogadores no jogo de mesa ao final de cada rodada.

A etapa referente ao RPG de mesa, detalhada na seção 3.3, configura a base para o jogo computacional, e o enfoque deste presente trabalho está na análise dos dados gerados a partir das interações entre os papéis e as ações escolhidas pelos jogadores nos testes do RPG de mesa. No capítulo 4 a parte objeto do trabalho, e que está destacada na figura 6, será explanada.

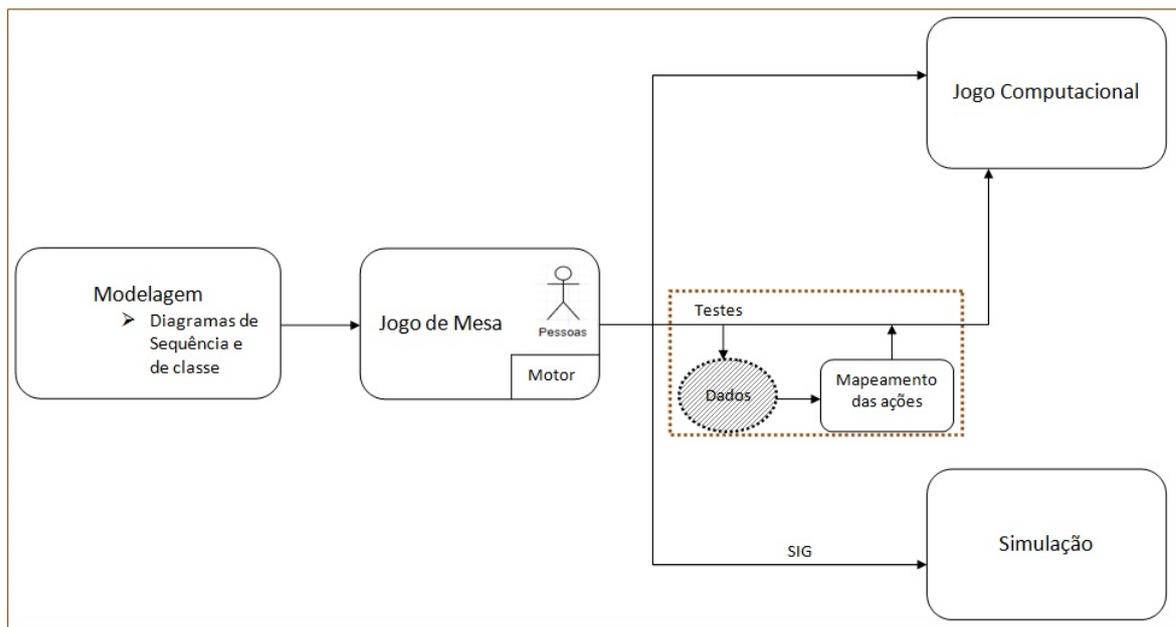


Figura 6: Visão geral do projeto.

Posteriormente, a estruturação do RPG de mesa será aplicada para o desenvolvimento do jogo computacional *online* e as estratégias definidas pela análise dos dados gerados pelo motor do jogo, auxiliarão na construção do NPC.

Por fim, a etapa de simulação está relacionada a concepção do modelo de simulação dos dados reais provenientes do Sistema de Informações Geográficas (SIG). Um forte candidato para desenvolvimento do sistema proposto é o ambiente de desenvolvimento GAMA¹, que permite a modelagem e a simulação de agentes espacialmente explícitos. Outra ferramenta em análise é o *framework* JaCaMo², que combina três tecnologias separadas (Jason, CArTAgO e MOISE) para o desenvolvimento de sistemas multiagente.

3.2 Modelagem

A definição das personagens, ações e a estrutura do jogo, foi realizada por um grupo de pesquisadores do projeto. O ambiente é representado por duas cidades e o canal São Gonçalo e Lagoa Mirim pertencentes a bacia Hidrográfica do litoral do Rio Grande do Sul. Existem seis tipos de personagens organizados em três grupos: reguladoras, fiscalizadoras e produtoras, como mostrado na Figura 7.

As personagens reguladoras são responsáveis por administrar os recursos financeiros, oriundos de impostos e taxações atrelados à sociedade, com o objetivo de controlar/mitigar a poluição (através da criação de leis, incentivos fiscais, obras para diminuir a poluição, etc.) sem prejudicar os mecanismos de produção. Neste ambiente, os agentes

¹<https://gama-platform.github.io/>

²<http://jacamo.sourceforge.net/>

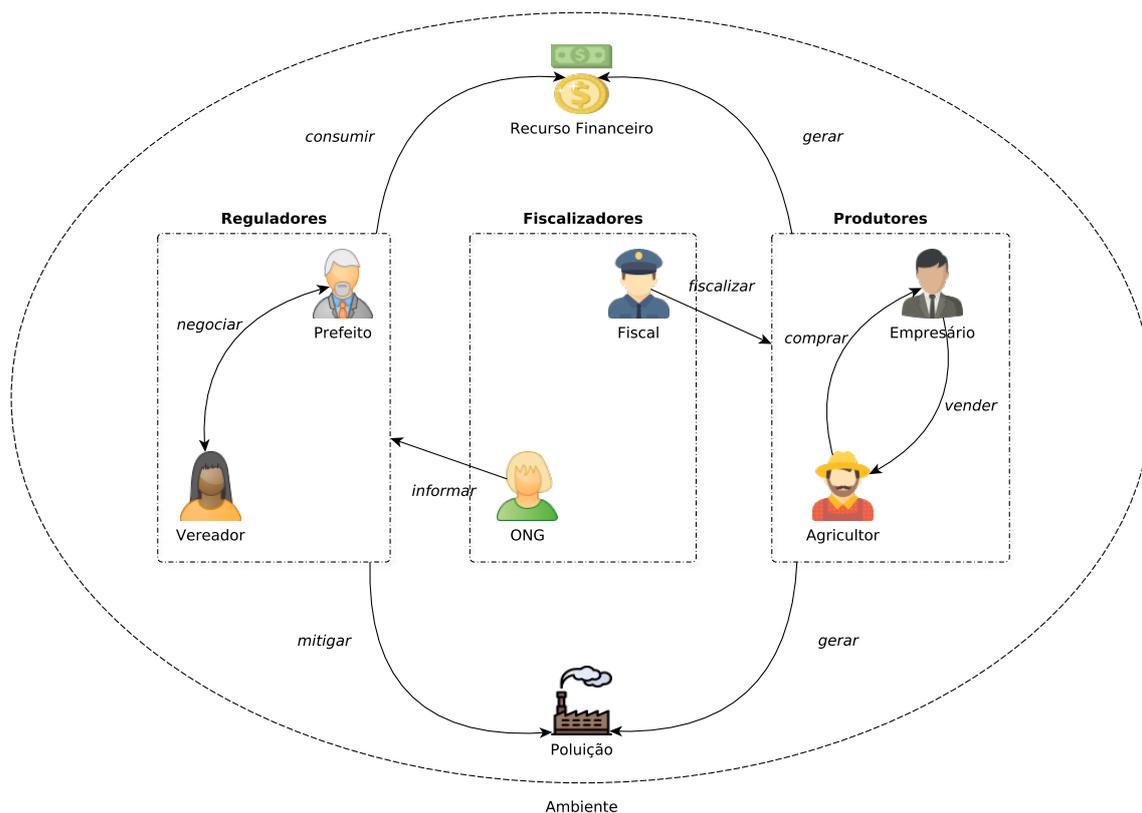


Figura 7: Diagrama de interação do RPG proposto.

que assumem papéis de prefeito ou vereador pertencem ao grupo dos agentes reguladores, os quais podem negociar entre si (por exemplo, através de troca de mensagens) para decidir quais ações realizar no ambiente.

Agentes fiscalizadores têm como objetivo fiscalizar ou informar irregularidades atreladas à produção e exploração do ambiente. Agentes fiscalizadores são aqueles que assumem os papéis de fiscal da agência ambiental (por exemplo, FEPAM no RS) ou ONG (Organização Não-Governamental). Ou seja, o fiscal é responsável por fiscalizar os agentes que pertencem ao grupo dos produtores, isto é, o fiscal pode, por exemplo, aplicar multas aos agentes produtores que forem pegos infringindo alguma lei/regra imposta pelos agentes reguladores. A ONG é responsável por informar aos agentes reguladores o estado atual dos níveis de poluição do ambiente, com o objetivo de conscientizar/pressionar os outros agentes a realizarem ações que diminuam os níveis de poluição.

Agentes produtores são responsáveis por explorar o ambiente com o objetivo principal de obter recursos financeiros. Estes agentes são os maiores geradores de poluição e, conseqüentemente, de recursos financeiros no ambiente, podendo assumir os papéis de empresário ou agricultor. O empresário é responsável por disponibilizar equipamentos e insumos necessários para a produção. No entanto, o agricultor é responsável por utilizar os equipamentos e insumos que julgar mais adequado para a sua produção. Deste modo, a interação entre os agentes produtores ocorre através da compra/aluguel e venda de equi-

pamentos e insumos, onde um agente agricultor pode comprar de um agente empresário e, conseqüentemente, um empresário pode vender/alugar a um agricultor.

A Tabela 2 apresenta um sumário dos papéis existentes no RPG proposto.

Tabela 2: Papéis definidos no RPG proposto.

Papéis	Definição	Ação
Agricultor	Cada cidade possui três agricultores.	Pode plantar e comprar produtos.
Empresa	Cada cidade possui duas empresas. Existe uma empresa de semente, uma de máquinas, uma de fertilizante e uma de agrotóxico.	Pode comercializar para as duas cidades e alterar o preço de venda dos produtos.
Fiscal	Cada cidade possui um fiscal.	Tem que fiscalizar um número de parcelas do agricultor e pode aplicar multa para empresas e agricultores.
Prefeito	Cada cidade possui um prefeito.	Pode tomar medidas preventivas para reduzir os impactos ambientais e alterar os impostos.
Vereador	Cada cidade possui um vereador.	Pode propor alterações de impostos para o prefeito.
ONG	O membro da ONG atua como mestre de jogo.	Pode instigar os demais papéis.

Nesse modelo (RPG de mesa) considera-se que:

- As personagens e o ambiente evoluem a cada rodada;
- As personagens conhecem seus vizinhos e pode existir trocas de mensagens entre todos;
- As personagens possuem informação sobre o estado do ambiente;
- As personagens agricultores possuem parcelas (terra para plantação);
- As personagens podem ser produtores (agricultores ou empresas);
- As personagens podem ser fiscalizadores (fiscais ou ONG);
- As personagens podem ser controladores (prefeitos ou vereadores);
- As personagens podem assumir dois papéis ao mesmo tempo: produtores e controladores ou produtores e fiscalizadores;
- As personagens agricultores vendem toda a produção;
- As personagens empresas não tem limite de produção;
- As personagens não se reproduzem e não morrem;

- Não existem riscos climáticos;
- Existem variações na produtividade em função do tipo de semente.

A modelagem para a formalização e a implementação do motor foi realizada com a Linguagem de Modelagem Unificada (UML) com os diagramas de classe e sequência, estes, são explanados nas subsecções seguintes.

3.2.1 Diagramas de Classe

O objetivo desta forma de representação é a definição das classes a serem implementadas no motor, assim como apresentar seus atributos, operações e relações. Neste diagrama (vide Figura 8) é representada a estrutura de classes de cada um dos agentes (personagens), mostrando as interações com as respectivas classes agregadas e a comunicação entre eles. Os diagramas de cada classe são apresentados no Anexo A.

A superclasse da qual todas as outras derivam e compartilham os atributos e métodos é a classe `Pessoa`, que generaliza as operações mais básicas exercidas pelos agentes. Na subclasse `Empresário` é feita a agregação da classe `Produto`, que definirá a função empresarial que este terá. A comunicação com a classe `Agricultor` representa os trâmites de compra e venda, e, com o `Fiscal_Ambiental`, representa a fiscalização e os trâmites de multas devido à excedência de poluição.

Na subclasse `Agricultor` também é feita a agregação da classe `Produto`, porém com função similar a de um estoque, separando os tipos e subtipos de produtos. A comunicação entre essa classe e a `Empresário` é necessária por causa da relação compra e venda que apresentam (como citado). E, também como na classe `Empresário`, a comunicação com a classe `Fiscal_Ambiental` representa a fiscalização. Na subclasse `Fiscal_Ambiental`, além das relações com o `Agricultor` e o `Empresário`, há a com o `Prefeito`, que representa a reportação das multas aplicadas e a situação ambiental.

Na subclasse `Prefeito` é feita a comunicação com o `Fiscal_Ambiental`, comentado anteriormente. A comunicação com a classe `Vereador` é dada para fins políticos como alterações de taxas impostos, criação de novas taxa, etc. O papel da subclasse `Vereador` é dada em conjunto com a subclasse `Prefeito`, já comentada. A classe `ONG` é uma classe que representa uma interface da situação atual do jogo que notifica e interage com as outras classes.

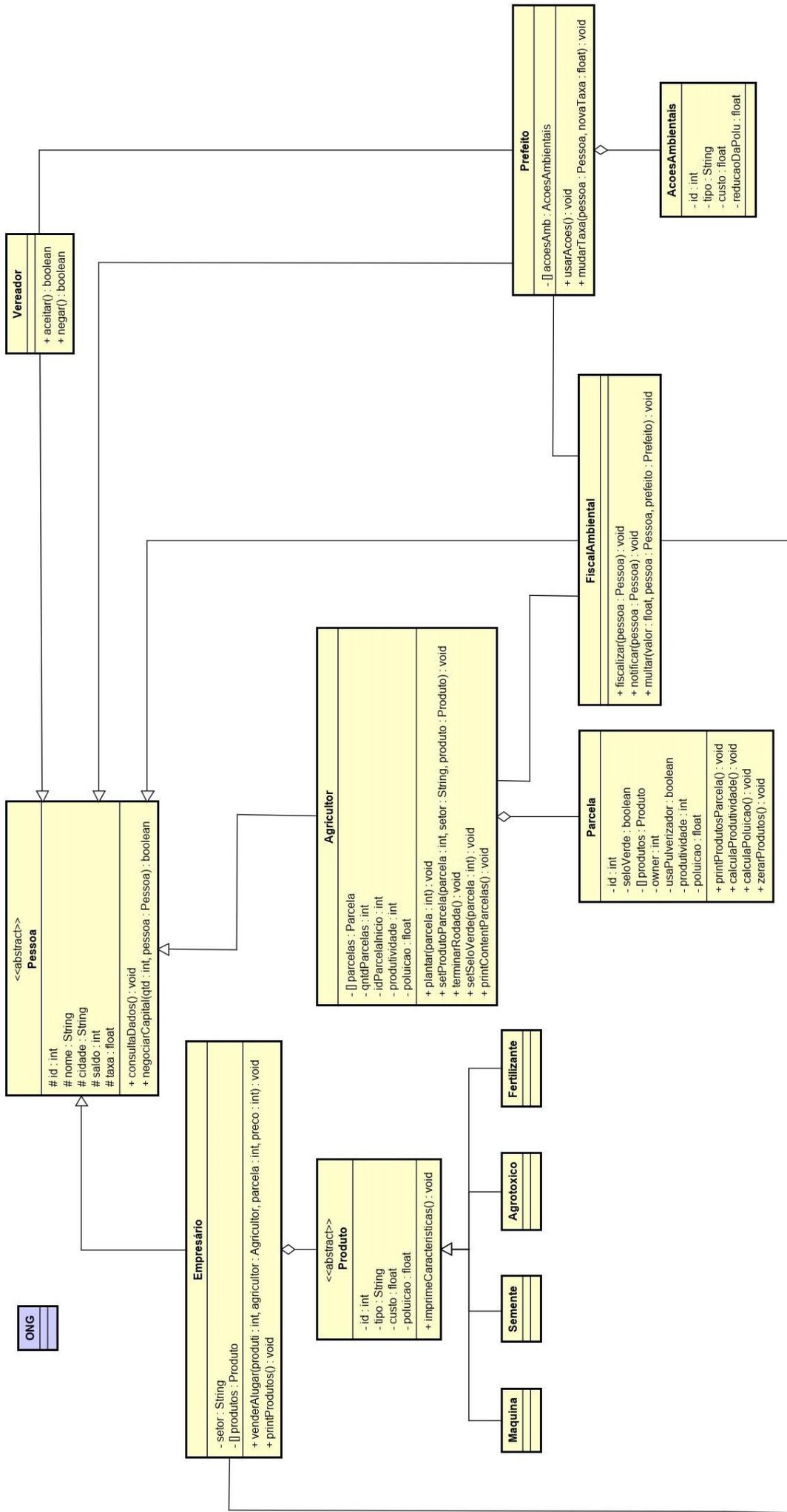


Figura 8: Diagrama de Classes Geral do RPG proposto.

3.2.2 Diagramas de Sequência

Os diagramas de sequência representam a sequência lógica dos processos e as interações dos objetos no sistema, além de mostrar de forma clara ao usuário cada ação possível pela personagem. Conforme a Figura 9, o Prefeito tem como objetivo receber os impostos de outros jogadores, cuidar dos orçamentos e dos impostos, além de tomar medidas ambientais. Estas ações são representadas no diagrama e mostram o que cada ação engloba dentro do sistema. Os demais diagramas de sequência são apresentados no Anexo B.

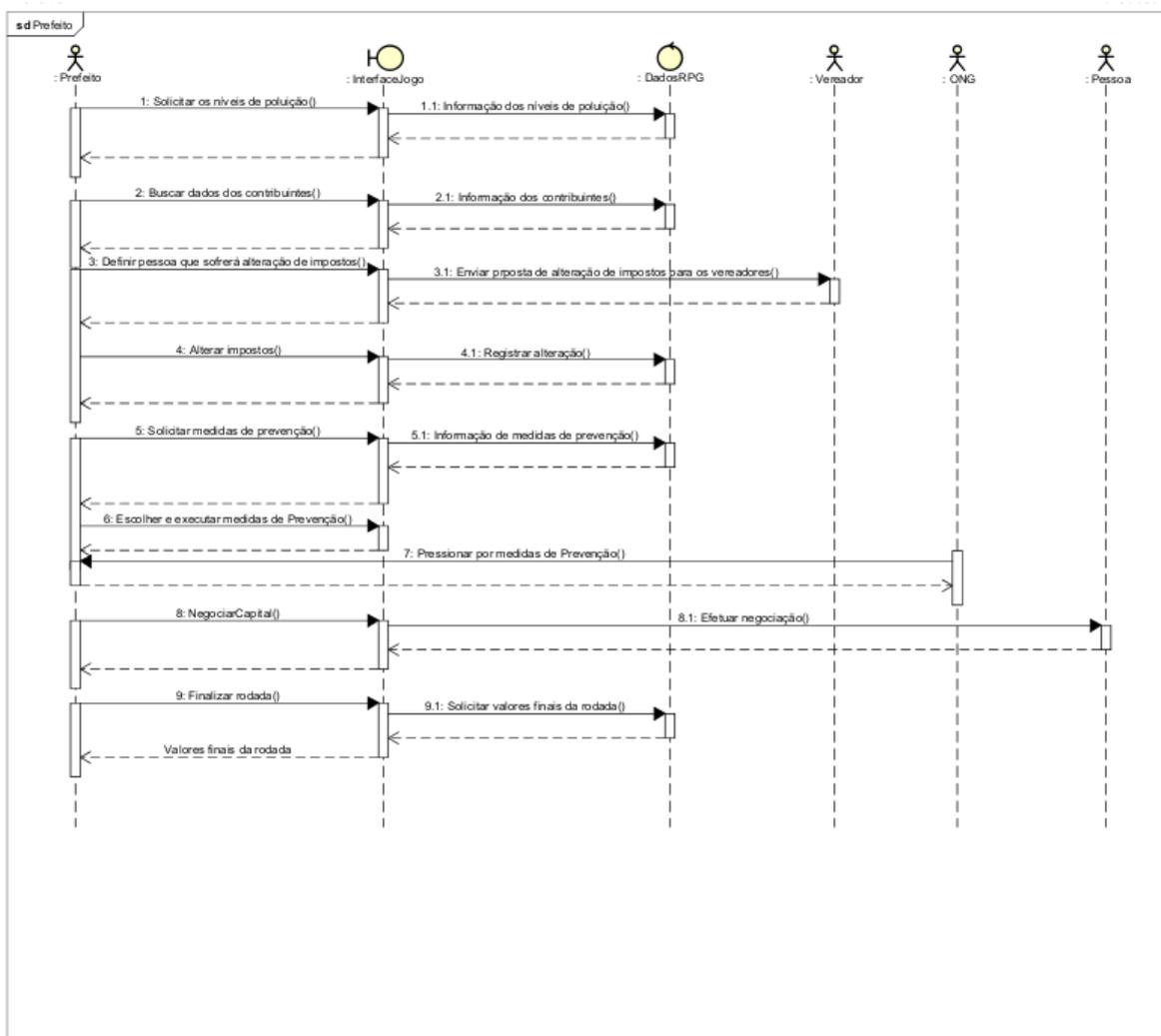


Figura 9: Diagrama de sequência do prefeito

3.3 RPG de Mesa

O desenvolvimento do RPG de mesa, realizado junto com os integrantes do projeto, objetiva a criação de um jogo qualificado para fornecer apoio a implementação do jogo computacional, ainda, ao considerar a abordagem ComMod, a versão final do RPG de

mesa incluíra a participação de pessoas envolvidas na área de gestão de recursos hídricos e assim, poderá contribuir com observações para o aprimoramento do jogo. Além disso, o RPG de mesa é a fonte de geração dos dados para a mineração de dados do presente trabalho.

Nos testes dos RPG de mesa cada participante interpreta um papel. Estes recebem uma ficha, que contém as ações da personagem do jogo e um cartão com informações de valores dos itens do jogo. Nessas fichas constam as ações permitidas para cada um dos papéis. Os cartões de todos os jogadores com valores podem ser visualizados no Anexo C.

Todas as ações dos jogadores são inseridas no motor do jogo, que é responsável por computar e armazenar as ações incluídas nas fichas.

Na Figura 10 é mostrada a ficha de ações que o jogador que interpreta a personagem Agricultor recebe.

Rodada		P1											
Semente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Semente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Semente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Semente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Semente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Semente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Semente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Fertilizante	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Fertilizante	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Fertilizante	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Fertilizante	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Fertilizante	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Fertilizante	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Fertilizante	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Máquina	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Máquina	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Máquina	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Máquina	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Máquina	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Máquina	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Máquina	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Agrotóxico	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Agrotóxico	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Agrotóxico	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Agrotóxico	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Agrotóxico	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Agrotóxico	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Agrotóxico	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Valor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Pulvertiz.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Pulvertiz.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Pulvertiz.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Pulvertiz.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Pulvertiz.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Pulvertiz.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Pulvertiz.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Pedir Selo Verde	<input type="checkbox"/>	Agricultor RPG											

Figura 10: Ficha da personagem agricultor.

Para cada agricultor são fornecidas 6 fichas, que equivalem a 6 parcelas de terra. Nelas, a personagem agricultor pode avaliar e tomar a decisão de qual tipo de semente plantar em cada uma de suas parcelas, se vai usar fertilizante, máquina ou agrotóxico, existe uma regra no jogo que ao utilizar máquinas fica proibida a utilização de agrotóxico e, por último, se vai optar por usar o pulverizador, item que diminui a poluição gerada pela plantação. Ainda, pode ser marcado na ficha a opção pedir selo verde, que se concedido pela personagem fiscal, oferece um desconto no imposto pago pela personagem agricultor para a personagem prefeito. Para ganhar o selo verde a parcela não pode possuir agrotóxico.

Nas Figuras 11, 12, 13 e 14 são mostradas as fichas de ações que os jogadores que interpretam as personagens Empresário de sementes, Empresário de Fertilizantes, Empresário de máquinas e Empresário de agrotóxicos recebem.

Os jogadores que interpretam o papel de empresários recebem uma ficha com os seus respectivos produtos. Os valores de venda são fixos, no entanto, eles podem optar por

Empresa de Sementes									
Rodada			Rodada			Rodada			
Cliente			Cliente			Cliente			
Tipo	H	A	S	H	A	S	H	A	S
Valor	B	N	A	B	N	A	B	N	A
Quantidade			Quantidade			Quantidade			
<p>Preencha o campo Tipo de semente com H (Hortaliça), A (Arroz) ou S (Soja) Preencha o campo Valor com B (Baixo), N (Normal) ou A (Alto)</p>									

Figura 11: Ficha da personagem empresário de sementes.

Empresa de Fertilizantes									
Rodada			Rodada			Rodada			
Cliente			Cliente			Cliente			
Tipo	C	P	SP	C	P	SP	C	P	SP
Valor	B	N	A	B	N	A	B	N	A
Quantidade			Quantidade			Quantidade			
<p>Preencha o campo Tipo de Fertilizante com C (Comum), P (Premium) ou SP (Super Premium) Preencha o campo Valor com B (Baixo), N (Normal) ou A (Alto)</p>									

Figura 12: Ficha da personagem empresário de fertilizantes.

Empresa de Máquinas												
Rodada			Rodada			Rodada						
Cliente			Cliente			Cliente						
Tipo	P1	P2	P3	P	P1	P2	P3	P	P1	P2	P3	P
Valor	B	N	A	B	N	A	B	N	A	B	N	A
Quantidade			Quantidade			Quantidade						
<p>Preencha o campo Tipo de Máquina com P1 (Pacote com semeadora), P2 (Pacote com semeadora e colheitadeira), P3 (Pacote com semeadora, colheitadeira e drone) ou P (Pulverizador) Preencha o campo Valor com B (Baixo), N (Normal) ou A (Alto)</p>												

Figura 13: Ficha da personagem empresário de máquinas.

Empresa de Agrotóxicos									
Rodada			Rodada			Rodada			
Cliente			Cliente			Cliente			
Tipo	C	P	SP	C	P	SP	C	P	SP
Valor	B	N	A	B	N	A	B	N	A
Quantidade			Quantidade			Quantidade			
<p>Preencha o campo Tipo de Agrotóxico com C (Comum), P (Premium) ou SP (Super Premium) Preencha o campo Valor com B (Baixo), N (Normal) ou A (Alto)</p>									

Figura 14: Ficha da personagem empresário de agrotóxicos.

negociar e oferecer seus produtos pelos preços baixo, normal ou alto.

Na Figura 15 é mostrada a ficha de ações que o jogador que interpreta a personagem Fiscal recebe.

Rodada	Jogador	Ação	Selo Verde			
			Conceder		Retirar	
			Parcelas	Parcelas	Parcelas	Parcelas
		<input type="checkbox"/> Multa leve	1	2	1	2
		<input type="checkbox"/> Multa média	3	4	3	4
		<input type="checkbox"/> Multa alta	5	6	5	6
		<input type="checkbox"/> Multa leve	1	2	1	2
		<input type="checkbox"/> Multa média	3	4	3	4
		<input type="checkbox"/> Multa alta	5	6	5	6

Figura 15: Ficha da personagem fiscal.

A personagem fiscal recebe uma ficha de ações e um relatório contendo as informações sobre as poluições geradas pelas personagens agricultores e empresários e os usos de produtos na plantação no final do tempo em que os produtores jogam. Assim, a personagem fiscal pode ou não aplicar multa, conceder ou retirar o selo verde.

Nas Figuras 16 e 17 são mostradas as fichas de ações que os jogadores que interpretam as personagens Prefeito e Vereador recebem.

Rodada	Medidas de Prevenção			Alteração de Impostos										
	Tratamento de Água	Tratamento de Lixo	Tratamento de Esgoto	pr = 0			0 < pr ≤ 120			120 < pr				
				B	M	A	B	M	A	B	M	A		
	<input type="checkbox"/>													
	<input type="checkbox"/>													
	<input type="checkbox"/>													

Figura 16: Ficha da personagem prefeito.

A personagem prefeito recebe uma ficha com as medidas mitigatórias e alteração de impostos. Da mesma forma, a personagem vereador recebe uma ficha com propostas para o prefeito.

Na Tabela 3 são ilustradas as variáveis do jogo (atributos) e contêm, para cada tipo de personagem, as ações possíveis de escolha, que estão presentes nas fichas.

Assim, o RPG de mesa permite simular de que forma as ações realizadas pelos jogadores influenciam no meio ambiente e os impactos que as ações tem sob o ambiente.

3.4 Jogo computacional

O desenvolvimento do jogo computacional *online* refere-se a um dos objetivos do projeto, como citado na seção 3.1. Para tanto, o RPG de mesa é utilizado como base

Tabela 3: Ações e opções de escolha para cada papel.

Personagem	Atributos (Ações)	Valores (Opções)
Agricultor	Plantar	Arroz, hortaliça, soja.
	Comprar	Arroz, hortaliça, soja, fertilizante, agrotóxico, pulverizador, pacote de máquinas: pacote 1, pacote 2, pacote 3.
Empresa de Sementes	Comercializar	Arroz, hortaliça, soja.
	Definir preço	Baixo, normal, alto.
Empresa de Fertilizantes	Comercializar Fertilizantes	Comum, premium, super premium.
	Definir preço	Baixo, normal, alto.
Empresa de Máquinas	Alugar máquinas	Pulverizador, pacote de máquinas: pacote 1 (semeadora), pacote 2 (semeadora e colheitadeira), pacote 3 (semeadora, colheitadeira e drone).
	Definir preço	Baixo, normal, alto.
Empresa de Agrotóxicos	Comercializar agrotóxicos	Comum, premium, super premium.
	Definir preço	Baixo, normal, alto.
Fiscal	Aplicar Multa	Multa leve, multa, média, multa alta.
	Notificar	Conceder selo verde, retirar selo verde.
Prefeito	Adotar medidas mitigatórias	Tratamento de água, tratamento de lixo, tratamento de esgoto.
	Administrar	Aumentar imposto, manter imposto, diminuir imposto.
Vereador	Propor	Mensagem.
ONG	Instigar	Mensagem.

Rodada	Proposta para alteração de Impostos									Proposta Aceita ou Rejeitada	
	pr = 0			0 < pr <= 120			120 < pr			Sim	Não
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	x	x
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 17: Ficha da personagem vereador.

para a implementação do jogo. Neste aspecto, demonstra-se a utilização da metodologia ComMod.

O motor do jogo utilizado no RPG de Mesa também será aplicado no jogo computacional para a versão *WEB*. O motor é responsável por registrar as escolhas das ações escolhidas pelos jogadores a cada rodada do jogo. Essas ações computadas geram os arquivos de logs no formato CSV (*Comma-Separated-Values*). Esses arquivos de logs são utilizados para o processo de KDD, no capítulo 4 é apresentado a realização deste processo. A Figura 18 apresenta um exemplo de uma parte do arquivo de log gerado pelo motor do jogo.

rodada 1				
venda/aluguel	EmpSem	AT1		1 Soja
venda/aluguel	EmpFer	AT1		1 Super premium
venda/aluguel	EmpMaq	AT1		1 Maquinas 3
pedido para fiscal	AT1	fiscal		pedir Selo Verde.
pedido para fiscal	CD2	fiscal		pedir Selo Verde.
imposto	prefeito CD1	EmpAgr	3.0	
imposto	prefeito CD1	CD1	540.0	
imposto	prefeito EmpMaq	AT2	243.0	
usa acao	prefeito EmpMaq	Lixo		
troca taxa	EmpMaq		1 15.0	
multa	CD2	EmpFer	198.0	
deu selo	CD2	CD1		1
deu selo	CD2	CD1		2
troca taxa	CD1		3 35.0%	
multa	EmpSem	EmpMaq	594.0	
EmpMaq	1.9800000000000002	787.0		
EmpAgr	0.09	127.0		
AT1	0.3	1100.0		
CD3	0.2333333333333333	546.0		
fiscal EmpSem	0.0			
fiscal CD2	0.0			
prefeito EmpMaq	1888.5			
prefeito CD1	3062.5			
vereador AT3	0.0			
vereador EmpAgr	0.0			
Nome: AT1				
Transferencias: Nao efetuou/recebeu nenhuma transferencia				
DADOS DAS PARCELAS:				
Parcela: 1				
Poluicao: 300.0				
Produtividade: 1200				

Figura 18: Arquivo de log gerado pelo motor do jogo.

4 METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia representa um recorte do escopo do projeto, a qual busca descobrir as estratégias dos jogadores a partir da análise das ações realizadas no RPG de mesa. Cabe ressaltar que ao longo do período de desenvolvimento do RPG de mesa, vários testes do jogo foram realizados, porém somente os dados das versões estáveis do RPG são considerados para os testes aqui apresentados.

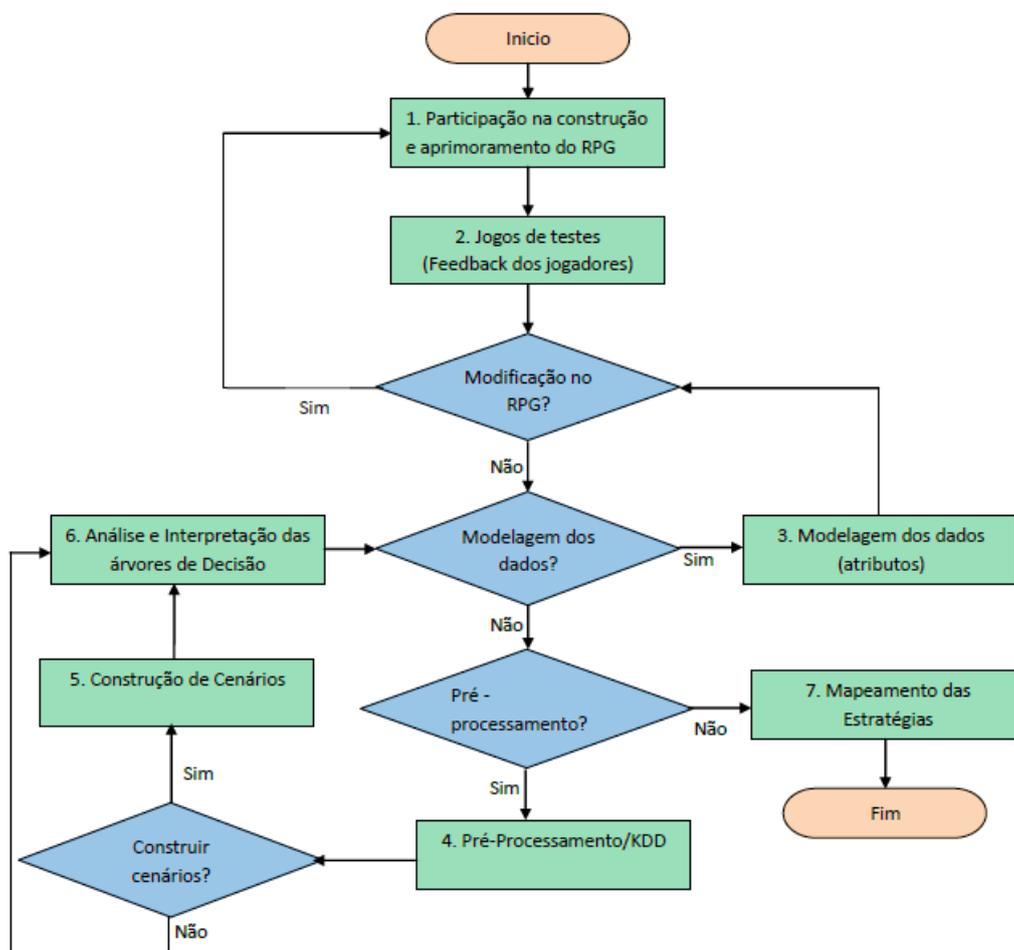


Figura 19: Metodologia proposta.

Como pode se observado na Figura 19, a metodologia foi composta das seguintes

etapas:

- A primeira etapa da metodologia consistiu nos processos 1. participação no desenvolvimento do RPG de mesa e 2. jogos de testes. O processo 1 corresponde a criação das personagens, ações destas e fichas, conforme explicado no capítulo 3 e o processo 2 refere-se aos testes dos jogos, onde os jogadores, ao final do jogo, fornecem um retorno sobre a jogabilidade do jogo. Dessa forma, é possível realizar o aprimoramento do RPG.
- A segunda etapa refere-se ao processo 3. modelagem de dados que visa a estruturação de base de dados.
- A terceira etapa refere-se aos processos 4. pré-processamento/KDD e 5. construção de cenários, onde é realizada a descoberta de conhecimento dos dados. Primeiro, os dados são transformados para o formato apropriado para a mineração de dados. Em seguida, cenários de testes são propostos e o software WEKA processa estes cenários.
- A quarta etapa refere-se aos processos 6. análise e interpretação das árvores de decisão e 7. mapeamento das Estratégias. Nesta etapa é realizada a análise dos cenários de testes propostos a partir da terceira etapa para assim, obter o mapeamento das estratégias.

4.1 Modelagem de dados

A base de dados é constituída das ações tomadas pelos jogadores nos testes do RPG de mesa, como mostrado na Tabela 3, bem como dos resultados dos cálculos do processamento das ações de cada jogador realizados pelo motor do jogo. Os dados correspondem a todas as variáveis do jogo computacional.

Com base nas variáveis expressadas na Tabela 3, foi realizada a definição de 87 atributos para integrar todas as ações presentes no RPG de mesa. A Tabela 4 apresenta a modelagem dos dados, porém, uma vez que alguns atributos são repetidos, pois conforme descrito na seção 3.3, a personagem agricultor pode escolher plantar em seis parcelas diferentes, a tabela não apresenta todos os atributos. Contudo, no apêndice A é apresentado o dicionário dos dados completo.

De fato, 87 atributos é um número grande, porém se a modelagem estivesse em função das parcelas, o atributo parcela receberia valores de 1 a 6, seguindo sequencialmente até satisfazer 6 parcelas para cada agricultor, os valores dos atributos que não estão relacionados com as parcelas, repetiriam-se por seis vezes para o mesmo jogador, como saldo, multa, transferência, poluição, produtividade e personagem.

Tabela 4: Modelagem dos Dados

Atributos	Descrição	Tipo
Personagem	Identificação dos Jogadores	Nominal
Parcela	Tipos das sementes plantadas	Nominal
Valor da semente	Valores das sementes	Nominal
Fertilizante	Tipos de Fertilizante	Nominal
Valor do Fertilizante	Valores dos Fertilizantes	Nominal
Máquina	Tipos de Máquina	Nominal
Valor da Máquina	Valores das máquinas	Nominal
Agrotóxico	Tipos de Agrotóxico	Nominal
Valor do Agrotóxico	Valores dos Agrotóxicos	Nominal
Pulverizador	Valor do pulverizador	Nominal
Produtividade	Valor da produtividade do agricultor	Numérico
Selo verde	Selo verde na parcela referida	Nominal
Poluição da parcela	Valor da poluição gerada por cada parcela	Numérico
Imposto	Valor do imposto pago pelos agricultores e empresários	Numérico
Poluição da personagem	Valor da poluição gerada por cada personagem	Nominal
Aplicou multa	Indica se o fiscal aplicou multa	Nominal
Multa	Valor da multa	Nominal
Alteração de imposto	Alteração de imposto para baixo, médio ou alto	Nominal
Tratamento de água	Medida para diminuição da poluição	Nominal
Tratamento de lixo	Medida para diminuição da poluição	Nominal
Tratamento de esgoto	Medida para diminuição da poluição	Nominal
Poluição causada	Nível de poluição gerada por cada jogador no ambiente	Nominal
Saldo	Saldo do jogador	Numérico
Papel	Classe preditiva: agricultor, empresário, fiscal e prefeito	Nominal

Todos os atributos nominais, exceto o atributo personagem, poluição, multa e papel possuem o valor de instância `não` para indicar que a personagem poderia escolher comprar ou realizar alguma ação e optou por não fazer e, da mesma forma, exceto para os atributos personagens e papel, o valor de instância `vnv` (Valor Não Válido) significa que uma determinada ação é proibida para aquele papel.

Por exemplo: o atributo `parcela`, onde a personagem `prefeito` não tem parcelas para plantar terá os campos referentes a essa ação com o valor `vnv`. O agricultor que tem parcela e não plantar recebe o valor `não`. Os atributos denominados `Valor` de algo possuem os valores de instância `baixo`, `normal` ou `alto`.

A partir do item 2 até o 75 (ver no Apêndice A), os atributos representam as ações do papel agricultor e as ações do papel empresário estão implícitas para a não ocorrência de duplicidade dos dados. Por exemplo: a quantidade de produtos vendidos pelo empresário é a mesma quantidade utilizada pelo agricultor.

Os valores de instâncias para os atributos nominais são esclarecidos a seguir:

- `personagem`: Código das personagens do jogo. Para cada papel os valores para a instância são: `AT1`, `CD1`, `AT2`, `CD2`, `AT3`, `CD3`, do tipo agricultor; e `EmpSem`, `EmpFer`, `EmpMaq`, `EmpAgr`, do tipo empresário. Agricultores e empresários podem assumir os papéis de fiscais ou prefeitos;
- Para os atributos que descrevem parcela: `arroz`, `hortaliça` ou `soja`;
- Para os atributos que descrevem fertilizantes e agrotóxicos: `Comum`, `Premium`, `Super_premium`, `nao`, `vnv`;
- Para os atributos que descrevem as máquinas: `máquina_1`, `máquina_2`, `máquina_3`, `não` e `vnv`;
- Para os atributos que descrevem o pulverizador: o pulverizador não tem tipo, portanto os valores destes são iguais aos dos atributos que descrevem os valores;
- Para os atributos que descrevem o selo verde: `sim`, para indicar que possui e `não` para indicar o contrário e `vnv` para ação não permitida;
- Para os atributos que descrevem a poluição do jogador: `zero`, `n1`, `n2`, `n3`, `n4`, `n5`, `n6`, `n7` e `vnv`. O `n` refere aos níveis de poluição. Os intervalos dos níveis de poluição gerada pelos papéis no ambiente do jogo possuem os seguintes valores:
 - `n1`: poluição entre 20% e 39%
 - `n2`: poluição entre 40% e 59%
 - `n3`: poluição entre 60% e 69%

- n4: poluição entre 70% e 79%
 - n5: poluição entre 80% e 89%
 - n6: poluição entre 90% e 100%
 - n7: poluição maior que 100%;
- Para o atributo que descreve o aplicou multa: *sim*, *não* e *vnv*;
 - Para o atributo que descreve a multa: *sem_multa*, *leve*, *media*, *alta* e *vnv*;
 - Para os atributos que descrevem as alterações de impostos: *sim*, *nao* e *vnv*;
 - Para os atributos que descrevem os tratamentos de água, lixo e esgoto: *sim*, *nao* e *vnv*;
 - Para o atributo que descreve a classe: *agricultor*, *empresário*, *fiscal* e *prefeito*.

4.2 Processo de KDD

Nesta seção são descritas as tarefas de descoberta de conhecimento realizadas neste trabalho para obter as estratégias dos jogadores no RPG de mesa.

4.2.1 Pré-Processamento

Nesta etapa, os dados são preparados para o processo de mineração de dados. Neste trabalho não foi necessário a utilização de técnicas de processamento para tornar os dados apropriados para a análise, por eles serem a saída do motor do jogo e a modelagem dos dados estar definida conforme as ações tomadas pelos jogadores.

Os dados originam-se dos testes realizados no RPG de mesa, onde todas as ações tomadas pelos jogadores são computadas a cada rodada. Dessa forma, todos os registros de logs gerados são utilizados para compor a base de dados.

Assim, para o processo de mineração de dados deste trabalho obteve-se dos testes do jogo, **quatro** arquivos de logs resultantes dos quatro testes realizados. O primeiro arquivo tem duas rodadas de jogo, o segundo arquivo tem três rodadas, o terceiro arquivo tem cinco e o quarto arquivo tem quatro rodadas de jogo.

A etapa de pré-processamento requereu apenas o tratamento de alguns valores faltantes, com o preenchimento do caractere interrogação devido ao fato de que houve ajustes nas versões dos jogos, como exemplo o acréscimo de novas regras e variáveis, e também a transformação de valores numéricos para nominais, como no caso do atributo poluição, que é uma variável real no jogo mas na base de dados é modelada como um atributo nominal. Os dados brutos provenientes do motor do jogo são transformados para a construção

A tabela apresenta 5 o número de instâncias resultantes em cada rodada dos testes do RPG.

Tabela 5: Número de instâncias por rodada dos jogos de testes

Testes	Rodadas	Instâncias	Total
Teste 1	1	14	28
	2	14	
Teste 2	1	14	42
	2	14	
	3	14	
Teste 3	1	14	70
	2	14	
	3	14	
	4	14	
	5	14	
Teste 4	1	14	56
	2	14	
	3	14	
	4	14	
Total de instâncias : 196			

4.2.2 Técnica de Mineração de dados

Este trabalho aborda as árvores de decisão para a tarefa de aprendizado. No software WEKA, foi utilizado o classificador J48 que implementa o algoritmo C4.5 para a construção de árvores de decisão. Este algoritmo deriva da técnica de divisão e conquista e aprende a partir de instâncias do conjunto de treinamento (FRANK; HALL, 2011). A cada nó, o algoritmo escolhe um atributo mais eficientemente e subdivide o conjunto das amostras em subconjuntos homogêneos e caracterizados por sua classe. O critério é o ganho de informação obtida na escolha do atributo para subdivisão (QUINLAN, 1993; HALL et al., 2009) apud (GIASSON et al., 2013).

As Figuras 22 e 23 apresentam o modelo construído e árvore de decisão, respectivamente, gerados pela classificação do conjunto de treinamento com todos os 87 atributos e o atributo papel como classe preditiva. Percebe-se a validação das regras do jogo, pois a taxa de acerto foi 100%, comprovando que todas as instâncias foram classificadas corretamente.

4.2.3 Obtenção de cenários baseado nas ações dos jogadores

O propósito da construção de cenários é mapear as estratégias utilizadas por cada jogador através das ações executadas no RPG. Assim, a construção dos cenários propostos, apresentados a seguir, consistiu-se na escolha de diferentes conjuntos de atributos e

```

Time taken to build model: 0 seconds

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===

Correctly Classified Instances      196          100 %
Incorrectly Classified Instances    0             0 %
Kappa statistic                     1
Mean absolute error                 0.0029
Root mean squared error             0.0338
Relative absolute error             0.8374 %
Root relative squared error        8.1188 %
Total Number of Instances          196

=== Detailed Accuracy By Class ===

      TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  MCC   ROC Area  PRC Area  Class
1,000  0,000  1,000    1,000  1,000    1,000  1,000    1,000    agricultor
1,000  0,000  1,000    1,000  1,000    1,000  1,000    1,000    empresario
1,000  0,000  1,000    1,000  1,000    1,000  1,000    1,000    fiscal
1,000  0,000  1,000    1,000  1,000    1,000  1,000    1,000    prefeito
Weighted Avg.  1,000  0,000  1,000    1,000  1,000    1,000  1,000    1,000

=== Confusion Matrix ===

  a  b  c  d  <-- classified as
84  0  0  0  | a = agricultor
 0 56  0  0  | b = empresario
 0  0 28  0  | c = fiscal
 0  0  0 28  | d = prefeito

```

Figura 22: Resultado da aplicação do J48 na configuração cross-validation com 10 folds utilizando os 87 atributos definidos.

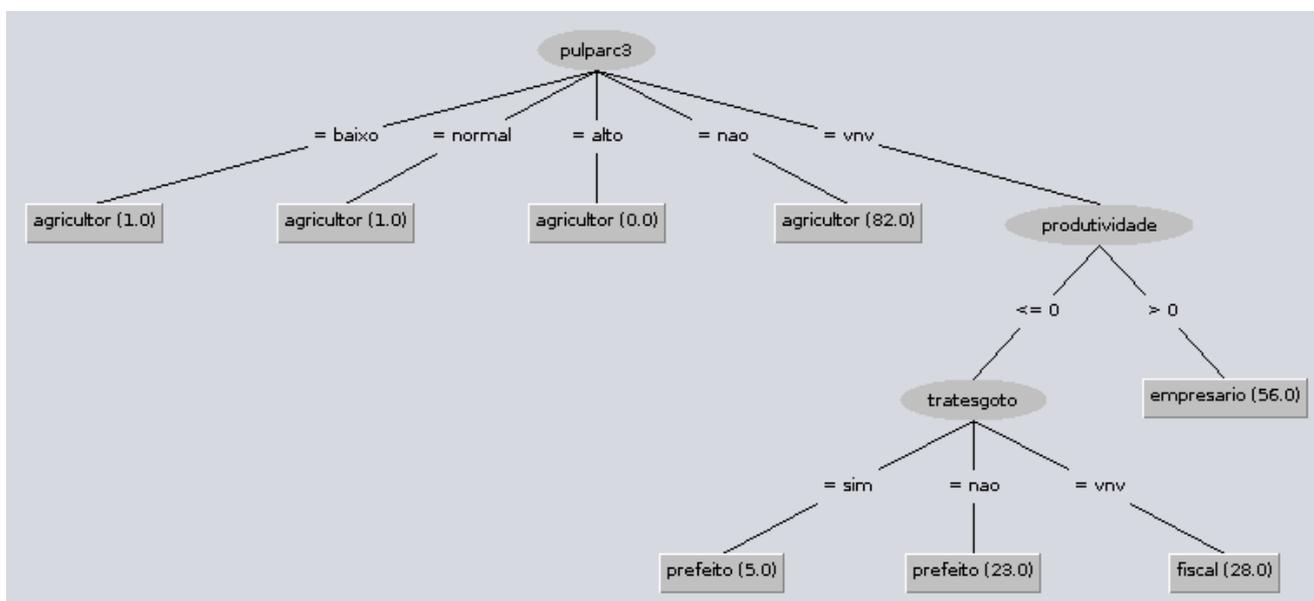


Figura 23: Árvore de decisão gerada a partir da utilização dos 87 atributos definidos.

classes preditivas para serem testadas, a partir de ações possíveis para os jogadores (apresentadas no Capítulo 3).

Com essa abordagem, foram concebidos 22 cenários para observação. A partir destes cenários propostos, são geradas as árvores de decisão pelo software WEKA, para assim, realizar as análises apresentadas no Capítulo 5. As Tabelas 6, 7 e apresentam os cenários propostos ordenados pelo percentual de acerto da classificação. As árvores de decisão

obtidas destes cenários são apresentadas por ordem de cenário no Apêndice B.

Tabela 6: Cenários baseados nas ações dos jogadores - Parte 1

Cenário	Atributos	Classe Preditiva	Objetivo	Perc. Acerto
C12	poluição do jogador tratamento de água tratamento de lixo tratamento de esgoto papel	tratamento de lixo	Prever influência das medidas mitigatórias	95.4082 %
C20	plantação em todas as parcelas agrotóxico em todas as parcelas produtividade poluição do jogador	papel	Prever as implicações das relações entre as plantações, produtividade e agrotóxicos	93.5484 %
C19	plantação em todas as parcelas agrotóxico em todas as parcelas valor do agrotóxico em todas as parcelas produtividade de todas as parcelas poluição de todas as parcelas produtividade poluição do jogador saldo papel	poluição do jogador	Prever influência do uso de agrotóxico nas plantações sob as poluições geradas se há relação com o saldo e produtividade	93.0108 %
C21	plantação em todas as parcelas fertilizante em todas as parcelas máquina em todas as parcelas agrotóxico em todas as parcelas pulverizador em todas as parcelas produtividade de todas as parcelas produtividade papel	poluição do jogador	Prever influência dos produtos e máquinas nas plantações sob a produtividade e o quanto implica na poluição	92.4731 %
C18	produtividade poluição do jogador saldo transferência papel	papel	Prever influência da produtividade e saldo sob a transferência	90.8602%
C14	produtividade poluição do jogador aplicou multa multa imposto do jogador altera imposto 1 altera imposto 2 altera imposto 3 tratamento de água tratamento de lixo tratamento de esgoto papel	poluição do jogador	Prever influência das ações dos fiscais e prefeitos sob a produtividade e poluição do agricultor e empresário	90.3226 %
C2	produtividade poluição do jogador papel	poluição do jogador	Prever influência da produtividade sob a poluição	89.2473 %

Tabela 7: Cenários baseados nas ações dos jogadores - Parte 2

Cenário	Atributos	Classe Preditiva	Objetivo	Perc. Acerto
C17	produtividade poluição do jogador saldo papel	poluição do jogador	Prever influência da produtividade e saldo sob a poluição	89.2473 %
C16	produtividade poluição do jogador aplicou multa multa altera imposto 1 altera imposto 2 altera imposto 3 tratamento de água tratamento de lixo tratamento de esgoto saldo transferência papel	papel	Prever influência das ações dos fiscais e prefeitos em relação a produtividade, saldo e transferência	86.7347 %
C9	máquina em todas as parcelas valor da máquina em todas as parcelas poluição do jogador papel	papel	Prever influência do uso de máquinas e valor de compra	85.7143 %
C10	fertilizante em todas as parcelas valor do fertilizante em todas as parcelas poluição do jogador papel	papel	Prever influência do uso de fertilizante e valor de compra	85.7143 %
C11	fertilizante em todas as parcelas poluição do jogador papel	papel	Prever influência do uso de fertilizante	85.7143 %
C3	poluição do jogador imposto do jogador papel	poluição do jogador	Prever influência do imposto sob a poluição	83.3333 %
C15	poluição do jogador aplicou multa multa papel	papel	Prever influência das ações dos fiscais	78.5714 %
C4	poluição do jogador tratamento de água tratamento de lixo tratamento de esgoto papel	papel	Prever influência das medidas mitigatórias	77.551 %
C6	agrotóxico em todas as parcelas valor do agrotóxico em todas as parcelas poluição do jogador papel	poluição do jogador	Prever influência do uso de agrotóxico e valor de compra	77.4194 %
C13	fertilizante em todas as parcelas máquina em todas as parcelas agrotóxico em todas as parcelas poluição do jogador papel	poluição do jogador	Prever influência dos produtos e equipamentos sob poluição	76.8817 %
C5	agrotóxico em todas as parcelas poluição do jogador papel	poluição do jogador	Prever influência do uso de agrotóxico sob poluição	75.2688 %
C22	agrotóxico em todas as parcelas poluição do jogador papel	papel	Prever influência do uso de agrotóxico	75.2688 %
C7	poluição do jogador multa papel	poluição do jogador	Prever influência da multa sob poluição	68.8172 %
C1	produtividade saldo papel	papel	Prever influência do saldo e produtividade	59.1837 %
C8	pulverizador em todas as parcelas poluição do jogador	poluição do jogador	Prever influência do uso do pulverizador sob poluição	54.3011 %

4.2.4 Obtenção dos cenários de forma automática

Uma seleção de atributos automática foi realizada, com o objetivo de construir cenários de forma totalmente automática. O WEKA disponibiliza métodos de avaliação de atributos. O modo de escolha de qual método de avaliação de atributos aplicar para o conjunto de dados foi o de verificar e selecionar os algoritmos que geram um conjunto de atributos, visto que existem métodos que geram uma listagem com um *ranking* de atributos. E o método de pesquisa para a formação dos conjuntos de atributos foi escolhido com a finalidade de diminuir o número de atributos para os testes. Quatro configurações foram utilizadas:

- **Configuração 1:** método de avaliação `cfsSubsetEval`, que avalia o subconjunto de atributos com base em correlação considerando a capacidade preditiva individual de cada atributo e o grau de redundância entre eles. Deste modo, são escolhidos os atributos que estão altamente correlacionados com a classe e têm baixa intercorrelação (FRANK; HALL, 2011).
- **Configuração 2:** método de pesquisa `classifierSubsetEval`, avalia subconjuntos de atributos em dados de treinamento ou um conjunto de testes de espera separado. Usa um classificador para estimar o “mérito” de um conjunto de atributos (FRANK; HALL, 2011), o classificador utilizado foi o J48.
- **Configuração 3:** método de avaliação `wrapperSubSetEval`, que avalia conjuntos de atributos usando um esquema de aprendizado. O classificador utilizado foi o J48, com a validação cruzada (divisão percentual nos dados de treinamento) (FRANK; HALL, 2011). Esse método não considera os atributos alvos que sejam atributos numéricos.
- **Todas as configurações (1), (2), (3)** foram utilizadas com o método de pesquisa: `greedyStepwise`, que classifica os atributos avançando e retrocedendo no espaço do subconjunto de atributos e registrando a ordem em que os atributos são selecionados. A pesquisa, utiliza a estratégia gulosa, assim, quando finaliza, os melhores atributos são adicionados ou excluídos com a diminuição da métrica de avaliação (FRANK; HALL, 2011).

As Tabelas 8, 9, 10, 11 e 12 apresentam os conjuntos de atributos resultantes da seleção de atributos mediante as configurações com os métodos escolhidos, disponíveis no WEKA, para a construção dos cenários automáticos. Para determinar o atributo alvo foram escolhidas as ações ligadas diretamente ou resultantes das ações dos papéis, por exemplo: o atributo produtividade não é uma ação, mas é o resultado das vendas dos empresários e plantações dos agricultores.

Tabela 8: Seleção de atributos - Agricultores e Empresários

Papéis	Atributo Alvo	Configuração (1)	Configuração (2)	Configuração (3)
Agricultor Empresário	Poluição do Jogador	agrotóxico na parcela 4 produtividade multa imposto do jogador	valor do fertilizante na parcela 1 selo verde na parcela 1 plantação na parcela 3 poluição na parcela 5 produtividade	agrotóxico na parcela 1 valor do agrotóxico na parcela 1 agrotóxico na parcela 3 plantação na parcela 4 poluição na parcela 4 produtividade
	Produtividade	produtividade na parcela 1 produtividade na parcela 2 produtividade na parcela 3 produtividade na parcela 4 produtividade na parcela 5 produtividade na parcela 6 poluição do jogador aplicou multa multa altera imposto 1 altera imposto 2 altera imposto 3 tratamento de água tratamento de lixo tratamento de esgoto transferência	não foi possível, pois o atributo alvo é um atributo numérico.	não foi possível, pois o atributo alvo é um atributo numérico.

Tabela 9: Seleção de atributos - Agricultores

Papel	Atributo Alvo	Configuração (1)	Configuração (2)	Configuração (3)
Agricultor	Plantação na parcela 1	poluição na parcela 1 plantação na parcela 2 pulverizador na parcela 2	poluição na parcela 1 plantação na parcela 2 poluição na parcela 2 plantação na parcela 4	plantação na parcela 2
	Fertilizante parcela 1	valor do fertilizante na parcela 1 produtividade na parcela 1 fertilizante na parcela 2 fertilizante na parcela 3 agrotóxico na parcela 3 fertilizante na parcela 5	fertilizante na parcela 2 imposto do jogador	fertilizante na parcela 2
	Máquina parcela 1	valor da máquina na parcela 1 produtividade na parcela 1 máquina na parcela 2 máquina na parcela 5	valor da máquina na parcela 1 máquina na parcela 2 valor da semente na parcela 3	máquina na parcela 2
	Agrotóxico parcela 1	valor do agrotóxico na parcela 1 poluição na parcela 1 valor da semente na parcela 2 valor do fertilizante na parcela 2 agrotóxico na parcela 2 plantação na parcela 5	valor do agrotóxico na parcela 1 agrotóxico na parcela 2	fertilizante na parcela 1 poluição na parcela 1 agrotóxico na parcela 2
	Pulverizador parcela 1	pulverizador na parcela 3 poluição do jogador	pulverizador na parcela 3	plantação na parcela 1

Tabela 10: Seleção de atributos - Fiscal

Papel	Atributo Alvo	Configuração (1)	Configuração (2)	Configuração (3)
Fiscal	Aplicou Multa	Transferência papel	altera imposto 1 transferência	papel
	Multa	Produtividade poluição do jogador imposto do jogador papel	fertilizante na parcela 1 selo verde na parcela 2 produtividade imposto do jogador papel	produtividade

Tabela 11: Seleção de atributos - Prefeito

Papel	Atributo Alvo	Configuração (1)	Configuração (2)	Configuração (3)
Prefeito	Altera imposto 1	altera imposto 2 tratamento de água	altera imposto 2	tratamento de água
	Altera imposto 2	Personagem produtividade altera imposto 1 tratamento de esgoto	altera imposto 1 transferência	tratamento de água
	Altera imposto 3	Personagem altera imposto 1 tratamento de água tratamento de lixo tratamento de esgoto	altera imposto tratamento de lixo	plantação na parcela 1 altera imposto 1 tratamento de lixo
	Tratamento de Água	altera imposto 1 altera imposto 3 tratamento de lixo tratamento de esgoto	altera imposto 1 altera imposto 3	tratamento de esgoto
	Tratamento de Esgoto	altera imposto 2 altera imposto 3 tratamento de água tratamento de lixo papel	altera imposto 3	tratamento de água
	Tratamento de Lixo	altera imposto 3 tratamento de água tratamento de esgoto	altera imposto 3	papel

Tabela 12: Seleção de atributos - Atributos em Comum

Papel	Atributo Alvo	Configuração (1)	Configuração (2)	Configuração (3)
Todos	Imposto do Jogador	Todos os 87 atributos exceto: poluição das parcelas de 1 a 5 produtividade das parcelas de 1 a 5 produtividade, imposto do jogador, transferência, saldo	não foi possível, pois o atributo alvo é um atributo numérico.	não foi possível, pois o atributo alvo é um atributo numérico.
	Papel	personagem pulverizador na parcela 3 valor do agrotóxico na parcela 5 produtividade aplicou multa tratamento de esgoto	personagem produtividade aplicou multa	personagem produtividade aplicou multa
	Saldo	Personagem multa altera imposto 3 tratamento de água tratamento de lixo tratamento de esgoto	não foi possível, pois o atributo alvo é um atributo numérico.	não foi possível, pois o atributo alvo é um atributo numérico.
	Transferência	Personagem produtividade na parcela 5 produtividade poluição do jogador aplicou multa imposto do jogador altera imposto 3 tratamento de água tratamento de lixo tratamento de esgoto	não foi possível, pois o atributo alvo é um atributo numérico.	não foi possível, pois o atributo alvo é um atributo numérico.

A partir da seleção de atributos, foram construídos os cenários com os conjuntos de atributos resultantes de cada configuração utilizada. Os cenários são mostrados nas Tabelas 13, 14, 15 e 16.

Tabela 13: Cenários obtidos de forma automática - Parte 1

Cenário	Atributos	Classe Preditiva	Percentual de Acerto
CA-45	personagem pulverizador na parcela 3 valor do agrotóxico na parcela 5 produtividade aplicou multa tratamento de esgoto	papel	100%
CA-46	personagem produtividade aplicou multa	papel	100 %
CA-17	pulverizador na parcela 3 poluição do jogador	pulverizador parcela 1	99.4898 %
CA-18	pulverizador na parcela 3	pulverizador parcela 1	99.4898 %
CA-12	valor da máquina na parcela 1 máquina na parcela 2 valor da semente na parcela 3	máquina parcela 1	98.9796 %
CA-14	valor do agrotóxico na parcela 1 poluição na parcela 1 valor da semente na parcela 2 valor do fertilizante na parcela 2 agrotóxico na parcela 2 plantação na parcela 5	agrotóxico parcela 1	98.9796 %
CA-15	valor do agrotóxico na parcela 1 agrotóxico na parcela 2	agrotóxico parcela 1	98.9796 %
CA-11	valor da máquina na parcela 1 produtividade na parcela 1 máquina na parcela 2 máquina na parcela 5	máquina parcela 1	98.4694 %
CA-19	plantação na parcela 1	pulverizador parcela 1	98.4694 %
CA-6	poluição na parcela 1 plantação na parcela 2 poluição na parcela 2 plantação na parcela 4	plantação parcela 1	97.9592 %
CA-16	fertilizante na parcela 1 poluição na parcela 1 agrotóxico na parcela 2	agrotóxico parcela 1	97.449,00 %
CA-30	altera imposto 1 transferência	Alterar imposto tipo 2	97.449,00 %

Tabela 14: Cenários obtidos de forma automática - Parte 2

Cenário	Atributos	Classe Preditiva	Percentual de Acerto
CA-38	altera imposto 2 altera imposto 3 tratamento de água tratamento de lixo papel	tratamento de esgoto	97.449,00 %
CA-39	altera imposto 3	tratamento de esgoto	97.449,00 %
CA-40	tratamento de água	tratamento de esgoto	97.449,00 %
CA-29	Personagem produtividade altera imposto 1 tratamento de esgoto	Alterar imposto tipo 2	96.9388 %
CA-24	fertilizante na parcela 1 selo verde na parcela 2 produtividade imposto do jogador papel	multa	96.9388 %
CA-5	poluição na parcela 1 plantação na parcela 2 pulverizador na parcela 2	plantação parcela 1	96.4286 %
CA-13	máquina na parcela 2	máquina parcela 1	96.4286 %
CA-9	fertilizante na parcela 2 imposto do jogador	fertilizante parcela 1	95.9184 %
CA-26	altera imposto 2 tratamento de água	Alterar Imposto tipo 1	95.9184 %
CA-27	altera imposto 2	Alterar imposto tipo 1	95.9184 %
CA-31	tratamento de água	Alterar imposto tipo 2	95.9184 %
CA-36	altera imposto 1 altera imposto 3	tratamento de água	95.9184 %
CA-42	altera imposto 3	tratamento de lixo	95.9184 %
CA-7	plantação na parcela 2	plantação parcela 1	95.4082 %
CA-41	altera imposto 3 tratamento de água tratamento de esgoto	tratamento de lixo	95.4082 %
CA-43	papel	tratamento de lixo	95.4082 %

Tabela 15: Cenários obtidos de forma automática - Parte 3

Cenário	Atributos	Classe Preditiva	Percentual de Acerto
CA-8	valor do fertilizante na parcela 1 produtividade na parcela 1 fertilizante na parcela 2 fertilizante na parcela 3 agrotóxico na parcela 3 fertilizante na parcela 5	fertilizante parcela 1	94.898,00 %
CA-10	fertilizante na parcela 2	fertilizante parcela 1	94.898,00 %
CA-28	tratamento de água	Alterar imposto tipo 1	94.898,00 %
CA-32	Personagem altera imposto 1 tratamento de água tratamento de lixo tratamento de esgoto	Alterar imposto tipo 3	94.3878 %
CA-33	altera imposto tratamento de lixo	Alterar imposto tipo 3	94.3878 %
CA-34	plantação na parcela 1 altera imposto 1 tratamento de lixo	alterar imposto tipo 3	94.3878 %
CA-37	tratamento de esgoto	tratamento de água	94.3878 %
CA-35	altera imposto 1 altera imposto 3 tratamento de lixo tratamento de esgoto	tratamento de água	94.3878 %
CA-21	altera imposto 1 transferência	aplicou multa	93.8776 %
CA-2	valor do fertilizante na parcela 1 selo verde na parcela 1 plantação na parcela 3 poluição na parcela 5 produtividade	poluição do jogador	93.5484 %
CA-20	transferência papel	aplicou multa	92.8571 %
CA-22	papel	aplicou multa	92.8571 %
CA-3	agrotóxico na parcela 1 valor do agrotóxico na parcela 1 agrotóxico na parcela 3 plantação na parcela 4 poluição na parcela 4 produtividade	poluição do jogador	92.4731 %

Tabela 16: Cenários obtidos de forma automática - Parte 4

Cenário	Atributos	Classe Preditiva	Percentual de Acerto
CA-23	produtividade poluição do jogador imposto do jogador papel	multa	91.8367 %
CA-25	produtividade	multa	91.8367 %
CA-1	agrotóxico na parcela 4 produtividade multa imposto do jogador	poluição do jogador	91.3978 %
CA-4	produtividade de todas as parcelas poluição do jogador aplicou multa multa altera imposto 1, 2 e 3 tratamento de água tratamento de lixo tratamento de esgoto transferência	produtividade	não foi possível, pois o atributo alvo é um atributo numérico.
CA-44	Todos os 87 atributos exceto: poluição das parcelas de 1 a 5 produtividade das parcelas de 1 a 5 produtividade transferência saldo	Imposto do jogador	não foi possível, pois o atributo alvo é um atributo numérico.
CA-47	Personagem multa altera imposto 3 tratamento de água tratamento de lixo tratamento de esgoto	saldo	não foi possível, pois o atributo alvo é um atributo numérico.
CA-48	Personagem produtividade na parcela 5 produtividade poluição do jogador aplicou multa imposto do jogador altera imposto 3 tratamento de água tratamento de lixo tratamento de esgoto	transferência	não foi possível, pois o atributo alvo é um atributo numérico.

5 RESULTADOS

Sendo o objetivo deste trabalho mapear, através de aprendizado automático as estratégias dos jogadores no RPG de mesa, neste capítulo são apresentadas as árvores resultantes dos cenários propostos nas subseções 4.2.3 e 4.2.4 que obtiveram, respectivamente, mais de 85% e 95% de acerto na classificação. As árvores restantes, abaixo do critério do percentual de acerto estabelecido, são apresentadas no apêndice B, onde também são apresentadas as estratégias dos jogadores encontradas por meio da interpretação da análise das árvores de decisão.

Todos os testes foram realizados no software WEKA e para a classificação, utilizou-se classificador J48 com a opção de teste: *conjunto de treinamento*. Com a análise das árvores de decisão geradas, propõe-se extrair as estratégias dos jogadores que interpretaram os papéis de agricultores, empresários, fiscais e prefeitos. O papel vereador para essa análise não foi considerado, pois essa personagem gerou poucas ações no jogo, o que inviabilizou sua análise neste trabalho.

5.1 Análise das Árvores de Decisão por Cenários de Teste Definidos

Inicia-se retomando a árvore de decisão gerada por todos os atributos (Subseção 4.2.2 - Figura 23), pode-se considerar uma leitura geral do jogo, onde a maioria dos jogadores não utiliza medidas para diminuição da poluição causada pelas plantações, pois no jogo o pulverizador é um equipamento que diminui a poluição gerada pelas plantações na parcela, além disso, ele é o item mais caro do jogo.

Isso indica que os agricultores não tem recursos financeiros suficientes para realizar a compra do item ou a relação *item caro versus diminuição da poluição individual causada no ambiente* não é uma estratégia interessante, já que os jogadores que assumem o papel de prefeito podem adotar medidas mitigatórias, como pode ser visto na ramificação à esquerda do nó *tratamento de esgoto* (Figura 23), onde uma parte dos prefeitos utilizaram a medida para diminuição da poluição. Cabe destacar que dentre as medidas para diminuição da poluição, o tratamento de esgoto é o mais caro e o que mais diminui a poluição, seguido de tratamento de lixo e água.

No sentido de extrair estratégias mais específicas, foram definidos os cenários de testes. Os cenários construídos mediante a escolha dos atributos com base nas ações dos jogadores, resultaram 22 árvores de decisão, sendo 2 árvores iguais, isto é, 2 cenários diferentes geraram a mesma árvore, dessa forma, tem-se 21 árvores para a análise, com o percentual de acerto entre 54% a 95%. Algumas árvores retornaram conhecimento evidente, que reforçam o funcionamento das regras do jogo como: agricultores tem produtividade maior ou igual a zero, os papéis fiscal e prefeito não poluem, fiscal não tem saldo (vide Apêndice B, Figuras 78, 24, 79). Mesmo assim, foi possível extrair estratégias.

Mediante a seleção de atributos pelo software WEKA, foram construídos 48 cenários. Destes, 44 geraram árvores de decisão. As árvores geradas, resultaram o percentual de acerto maior que 91%, porém 12 cenários construídos de forma automática geraram árvores idênticas, assim, tendo 6 árvores repetidas. No total, são apresentadas 38 árvores que geraram estratégias.

Ainda cabe frisar, que algumas árvores de decisão apresentaram estrutura demasiadamente grande, dificultando a legibilidade das árvores, assim as árvores apresentadas possuem a forma textual. Neste tipo de estrutura, o nó raiz é encontrado no topo e os nós internos estão situados nos subníveis da árvore. Para os nós folhas são atribuídas cores aleatoriamente.

Por observação das árvores geradas nos cenários construídos de forma não automática, apresentadas a seguir, é possível demonstrar o mapeamento das ações tomadas pelos jogadores no RPG de mesa a partir das extrações das regras das árvores de decisão.

Como mostra a Figura 24, a árvore de decisão gerada pelos atributos produtividade, papel e poluição do jogador, sendo a poluição do jogador classe preditiva, partindo do nó raiz papel = agricultor até primeiro nível da árvore na condição $\text{produtividade} \leq 1400$, a estratégia de produzir menos para poluir menos é extraída, pois o nível de poluição gerada é baixo (nível 1).

Entretanto, no nó $\text{produtividade} > 1400$, após atingir os níveis folhas, observa-se que há dois grupos de agricultores: os que tiveram alta produtividade, de 2445, e o que tiveram produtividade, de 1760. Ambos grupos geraram o mesmo alto nível de poluição (nível 7), indicando que ambos procuraram obter uma produtividade alta, porém o segundo grupo representou o pior caso, pois além de não ter alta produtividade, gerou poluição como o primeiro grupo que produziu mais. Nota-se que também é possível conseguir alta produtividade e não gerar muita poluição, como pode ser observado no segundo nível da árvore nó $\text{produtividade} > 2245$.

Ainda, ao percorrer o ramo papel = empresário, a regra de produzir menos para poluir menos também ocorre. Vale comparar as produtividades dos agricultores e empresários e percebe-se que a poluição gerada pelo empresário é maior do que a do agricultor. Na árvore, por exemplo, o agricultor com produtividade maior que 1760 gera a mesma poluição de um empresário que atingiu uma produtividade maior que 930.

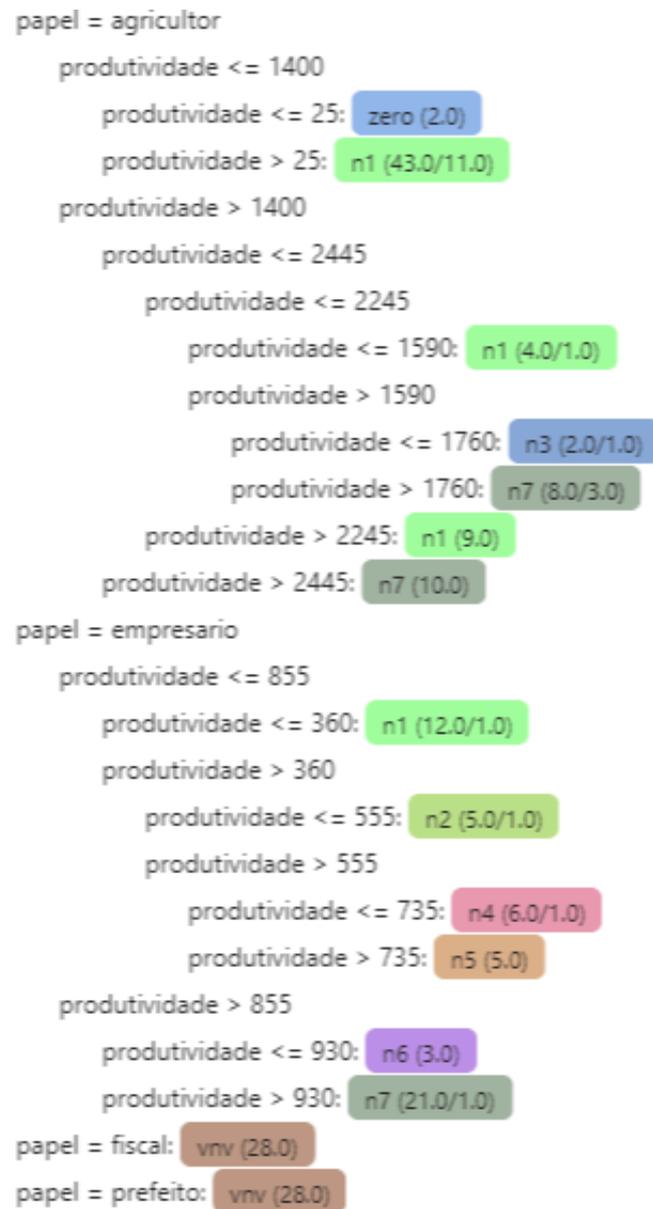


Figura 24: Árvore de decisão gerada no cenário 2.

Os Cenários C9, C10 e C11, que respectivamente, compõem os conjuntos de atributos máquinas em todas as parcelas, valor das máquinas em todas as parcelas, poluição do jogador e papel; fertilizantes em todas as parcelas, valor dos fertilizantes em todas as parcelas poluição do jogador e papel e fertilizantes em todas as parcelas, poluição do jogador e papel, sendo o atributo papel a classe preditiva, geraram árvores semelhantes, com diferenças nos nós raiz, e número de observações para cada classe, como mostram as Figuras 25, 26 e 27.

Identifica-se na Figura 25 que os agricultores optam pela compra de máquinas com o valor baixo, porém, uma grande parte dos agricultores não utiliza máquinas. Já quanto ao uso de fertilizante, os agricultores preferem utilizá-los em suas plantações, não importando o valor de compra, visto que o número de observações para os valores baixo, normal e alto não apresentam grande variação (Figura 26) e escolhem, em primeiro lugar, o fertilizante intermediário (premium) e em segundo lugar o que concede mais vantagem na plantação (super-premium) (Figura 27).

Observa-se que nestes contextos, há um número elevado de empresários que geraram alto nível de poluição (nível 7), indicando que o uso de fertilizantes e máquinas pelos agricultores faz com que o empresário polua mais o ambiente.

```
vmaqpar4 = baixo: agricultor (30,0)
vmaqpar4 = normal: agricultor (4,0)
vmaqpar4 = alto: agricultor (0,0)
vmaqpar4 = nao: agricultor (50,0)
vmaqpar4 = vnv
  poluicaojogador = zero: empresario (0,0)
  poluicaojogador = n1: empresario (11,41)
  poluicaojogador = n2: empresario (4,15)
  poluicaojogador = n3: empresario (1,04)
  poluicaojogador = n4: empresario (6,22)
  poluicaojogador = n5: empresario (7,26)
  poluicaojogador = n6: empresario (3,11)
  poluicaojogador = n7: empresario (20,74)
  poluicaojogador = vnv: fiscal (58,07/30,07)
```

Figura 25: Árvore de decisão gerada no cenário 9.

A árvore de decisão gerada no cenário 12 (Figura 28) com os atributos poluição do jogador, tratamento de água, tratamento de lixo, tratamento de esgoto e papel, sendo a classe preditiva tratamento de lixo, indica que poucos prefeitos utilizam, simultaneamente, duas medidas para a diminuição da poluição. Quando as realizam, optam pelo tratamento de esgoto e tratamento de lixo.

A Figura 29 mostra a árvore de decisão gerada pelos atributos produtividade, aplicou multa, multa, imposto do jogador, alterar imposto

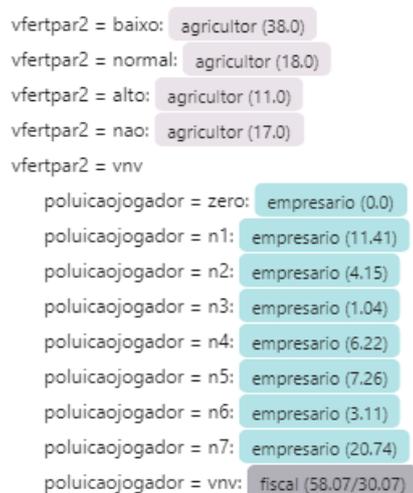


Figura 26: Árvore de decisão gerada no cenário 10.

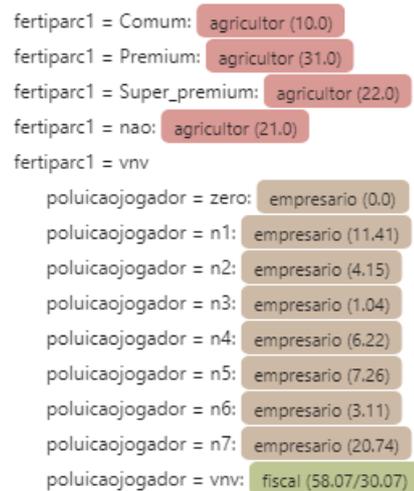


Figura 27: Árvore de decisão gerada no cenário 11.

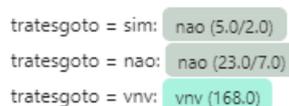


Figura 28: Árvore de decisão gerada pelo cenário 12.

1, alterar imposto 2, alterar imposto 3, tratamento de água, tratamento de lixo, tratamento de esgoto, papel, poluição do jogador, sendo a poluição do jogador classe preditiva, onde constata-se que o empresário polui mais do que o agricultor e os papéis que possuem alta produtividade pagam mais impostos.

Embora a constituição dos cenários, das árvores apresentadas nas Figuras 30 e 31, possuam diferentes conjuntos de atributos, estes geraram árvores de decisão com regra idêntica para a relação produtividade *versus* poluição. Com os atributos produtividade, poluição do jogador, aplicou multa, multa, alterar imposto 1, alterar imposto 2, alterar imposto 3, tratamento de água, tratamento de lixo, tratamento de esgoto, saldo, transferência, papel, sendo o papel a classe preditiva para o cenário 16 e o conjunto dos atributos produtividade, saldo, papel, poluição do jogador, sendo poluição do jogador a classe preditiva para o cenário 17, constata-se, nas duas figuras, no nó (produtividade \leq 810 até encontrar o nó folha, que 'baixa' produtividade gera níveis menores de poluição e, percorrendo o nó a direita até encontrar o nó folha, que a poluição gerada pelo empresário é maior do que a do agricultor, visto que com o valor de produtividade maior que 930, inferior a produtividade do agricultor, o empresário atinge alta poluição (nível 7).

Todavia, existe uma diferença na árvore de decisão da Figura 30, partindo do nó raiz

```

produtividade <= 0
  produtividade <= -1: vnv (56.0)
  produtividade > -1: zero (2.0)
produtividade > 0
  impostojogador <= 276.5
    impostojogador <= 180
      papel = agricultor: n1 (29.0/6.0)
      papel = empresario
        produtividade <= 360: n1 (12.0/1.0)
        produtividade > 360: n2 (5.0/1.0)
      papel = fiscal: n1 (0.0)
      papel = prefeito: n1 (0.0)
    impostojogador > 180
      papel = agricultor
        produtividade <= 855: n2 (4.0/1.0)
        produtividade > 855: n1 (4.0)
      papel = empresario
        produtividade <= 735: n4 (6.0/1.0)
        produtividade > 735: n5 (4.0/1.0)
      papel = fiscal: n4 (0.0)
      papel = prefeito: n4 (0.0)
  impostojogador > 276.5
    papel = agricultor
      produtividade <= 2445
        produtividade <= 1300: n1 (9.0/1.0)

```

Figura 29: Árvore de decisão gerada no cenário 14.

até o nó atributo teste (`papel = agricultor`) e seguindo até o quarto nível da árvore no nó multa, onde pode-se observar a regra que o fiscal concede multa leve e alta para agricultores que atingem alta poluição (nível 7). Mas também, ao percorrer o ramo do atributo teste multa = sem multa até alcançar o nó folha, as observações dos agricultores que atingiram o nível 7 de poluição e não receberam multa é grande. Indicando que o fiscal, na maioria das vezes, ignora alguns casos.

Verifica-se na árvore de decisão da Figura 32, gerada no cenário com o conjunto de atributos produtividade, poluição do jogador, saldo, transferência e papel, sendo papel a classe preditiva, que os prefeitos realizam transferências de recursos ao percorrer o lado esquerdo da árvore. Partindo do nó raiz até o nó poluição = n1, a regra extraída é que agricultores e empresários que têm baixa produtividade e baixa poluição realizam mais transferências de recursos em comparação aos agricultores e empresários com alta produtividade e alta poluição, como pode ser observado na condição de teste poluição do jogador = n6.

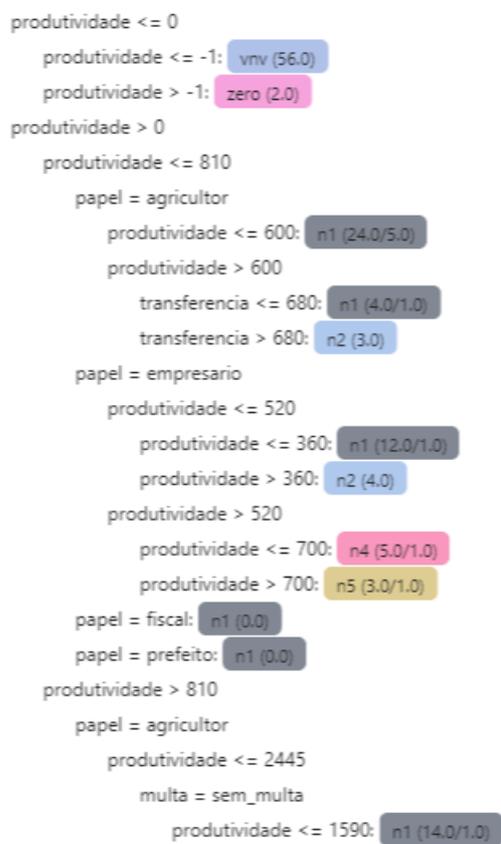


Figura 30: Árvore de decisão gerada no cenário 16.

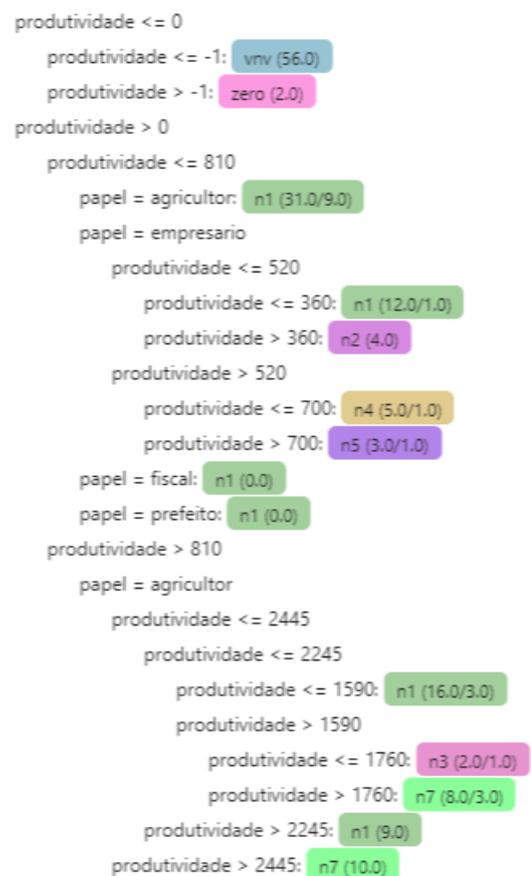


Figura 31: Árvore de decisão gerada no cenário 17.

```

produtividade <= -1
  transferencia <= 3: fiscal (28.0/1.0)
  transferencia > 3: prefeito (28.0/1.0)
produtividade > -1
  poluicaojogador = zero: agricultor (2.15/0.06)
  poluicaojogador = n1
    produtividade <= 375
      transferencia <= 438: empresario (16.28/6.0)
      transferencia > 438: agricultor (9.16/1.16)
    produtividade > 375: agricultor (34.88/1.29)
  poluicaojogador = n2
    produtividade <= 490: empresario (4.21/0.14)
    produtividade > 490: agricultor (5.48/0.21)
  poluicaojogador = n3: agricultor (3.23/1.09)
  poluicaojogador = n4: empresario (9.69/3.42)
  poluicaojogador = n5
    produtividade <= 885: empresario (6.35/0.21)
    produtividade > 885: agricultor (3.35/1.14)
  poluicaojogador = n6
    transferencia <= 1662.5: agricultor (3.23/1.09)
    transferencia > 1662.5: empresario (2.15/0.09)
  poluicaojogador = n7
    produtividade <= 2445: empresario (28.56/8.71)
    produtividade > 2445: agricultor (11.28/1.28)
  poluicaojogador = vnv: agricultor (0.0)

```

Figura 32: Árvore de decisão gerada no cenário 18.

O conjunto de atributos plantar em todas as parcelas, agrotóxico em todas as parcelas, valor do agrotóxico em todas as parcelas, produtividade da parcela de todas as parcelas, poluição da parcela de todas as parcelas, produtividade, poluição do jogador, saldo, papel e o conjunto de atributos plantação em todas as parcelas, fertilizante em todas as parcelas, máquinas em todas as parcelas, agrotóxico em todas as parcelas, pulverizador em todas as parcelas, produtividade de todas as parcelas, produtividade, papel, sendo a classe preditiva poluição do jogador para ambos conjuntos, compõem os cenários 19 e 21 que geram árvores de decisão semelhantes.

O que difere é que a árvore da Figura 34 não apresenta o nó valor do agrotóxico como a Figura 33. A regra extraída a partir das duas árvores é a de que agricultores preferem utilizar agrotóxicos à máquinas quando compara-se as análises das árvores anteriores. Grande parte dos agricultores utiliza o agrotóxico que concede mais vantagens produtivas para a plantação *super premium* e os compram pelo valor *normal*.

Porém como consequência, geram alto nível de poluição. Contudo, tanto no ramo referente ao agrotóxico na parcela 4 quanto no ramo referente ao agrotóxico na parcela 6, uma pequena parte utiliza agrotóxico dos tipos simples e intermediário (comum e premium) sem causar alta poluição no ambiente.

A árvore apresentada na Figura 35, a partir do conjunto de atributos plantação em todas as parcelas, agrotóxico em todas as parcelas, produtividade, papel poluição do jogador sendo o último atributo a classe preditiva, reforça a estratégia apresentada no cenário 19, grande parte utiliza o agrotóxico do tipo *premium* e com isso representam os agricultores que mais poluem o ambiente.

No entanto, no nó da condição teste do nó agrotóxico comum na parcela 4 = comum, verifica-se a estratégia de combinar agrotóxico simples (comum) com a plantação de hortaliça. Este tipo de plantação é a que, dentre a soja e arroz, menos gera poluição. Pode-se observar que a plantação de soja gerou dois níveis a mais de poluição do que a hortaliça com o uso do mesmo agrotóxico.

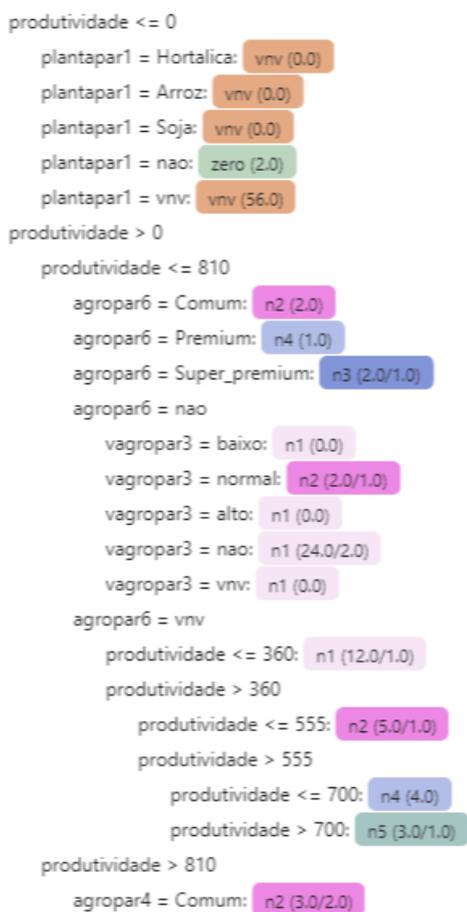


Figura 33: Árvore de decisão gerada no cenário 19.

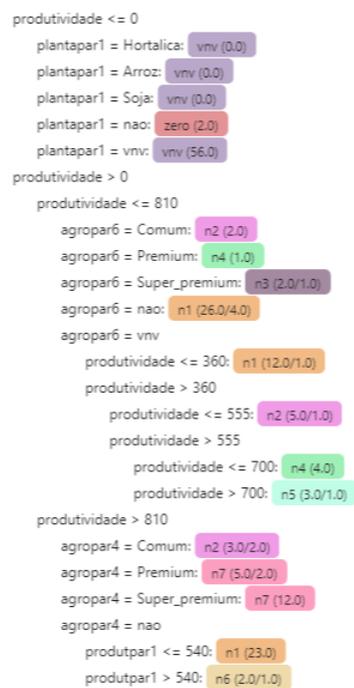


Figura 34: Árvore de decisão gerada no cenário 21.

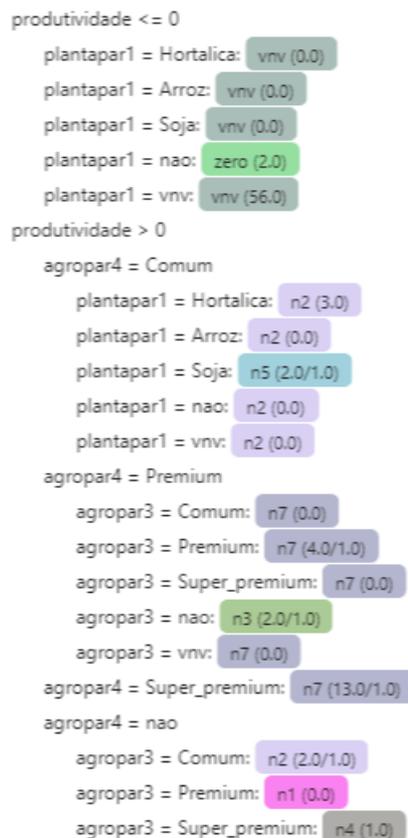


Figura 35: Árvore de decisão gerada no cenário 20.

5.2 Análise das Árvores de Decisão por Cenários de Teste Automáticos

As árvores apresentadas a seguir, foram geradas a partir da construção automática dos cenários.

Conforme mostra a Figura 36, a árvore de decisão gerada pelo conjunto de atributos poluição da parcela 1, plantação na parcela 2 e pulverizador na parcela 2, sendo o atributo plantação na parcela 1 a classe preditiva, no nó `plantapar2 = Hortaliça`, observa-se que a plantação de hortaliça é a terceira preferida dos agricultores para plantar em suas parcelas de terra.

Ao percorrer o segundo nó `plantapar2 = arroz`, percebe-se que se a poluição gerada na parcela 2 for maior que 15, então a parcela 1 tem plantação de arroz, caso contrário, a plantação é de hortaliça. Além disso, o arroz é a segunda plantação preferida. Verifica-se que a soja é a primeira plantação preferida dos agricultores. Essa regra indica que alguns poucos agricultores buscam um equilíbrio para tentar diminuir a poluição gerada por suas parcelas plantando uma semente que polui mais e uma que polui menos.

As árvores apresentadas nas Figuras 37 e 38 constituídas pelos conjuntos de atributos, respectivamente, poluição da parcela 1, plantação na parcela 2, poluição da parcela 2, plantação na parcela 4 e *plantação na*

```

plantapar2 = Hortalia: Hortalia (15.0/2.0)
plantapar2 = Arroz
  poluicaopar1 <= 15: Hortalia (2.17/1.17)
  poluicaopar1 > 15: Arroz (23.83/2.0)
plantapar2 = Soja
  poluicaopar1 <= 20: Hortalia (2.22/1.22)
  poluicaopar1 > 20: Soja (38.78/0.95)
plantapar2 = nao: nao (2.0)
plantapar2 = vnv: vnv (112.0)

```

Figura 36: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-5.

parcela 2 ambas tendo o atributo *plantação* na *parcela 1* como classe preditiva, apontam um complemento, reforçando as regras geradas pela árvore de decisão na Figura 36, apresentada anteriormente.

```

plantapar2 = Hortalia
  plantapar4 = Hortalia: Hortalia (7.0)
  plantapar4 = Arroz: Hortalia (6.0)
  plantapar4 = Soja: Soja (2.0)
  plantapar4 = nao: Hortalia (0.0)
  plantapar4 = vnv: Hortalia (0.0)
plantapar2 = Arroz
  poluicaopar2 <= 90: Arroz (20.58/1.0)
  poluicaopar2 > 90
    poluicaopar1 <= 60: Hortalia (2.17/0.17)
    poluicaopar1 > 60: Arroz (3.25/1.0)
plantapar2 = Soja
  poluicaopar1 <= 20: Hortalia (2.22/1.22)
  poluicaopar1 > 20: Soja (38.78/0.95)
plantapar2 = nao: nao (2.0)
plantapar2 = vnv: vnv (112.0)

```

Figura 37: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-6.

```

plantapar2 = Hortalia: Hortalia (15.0/2.0)
plantapar2 = Arroz: Arroz (26.0/4.0)
plantapar2 = Soja: Soja (41.0/3.0)
plantapar2 = nao: nao (2.0)
plantapar2 = vnv: vnv (112.0)

```

Figura 38: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-7.

Na árvore de decisão apresentada na Figura 39, gerada pelo conjunto de atributos fertilizante na *parcela 2*, imposto do jogador, sendo o atributo fertilizante na *parcela 1* a classe preditiva, constata-se que a os agricultores tem como preferência o fertilizante do tipo intermediário (*premium*) seguido pelo fertilizante mais caro e que mais concede produtividade *super premium* e o fertilizante simples comum. Observa-se que se o valor do imposto pago pelo agricultor ≤ 49.5 , este, decide comprar o fertilizante simples.

Os conjuntos de atributos valor da máquina na *parcela 1*, produtividade da *parcela 1*, máquina na *parcela 2* e máquina na *parcela 5*, o conjunto valor da máquina na *parcela 1*, máquina na *parcela 2* e valor da semente na *parcela 3* e o conjunto

```

fertiparc2 = Comum
  impostojogador <= 49.5: Premium (4.0/1.0)
  impostojogador > 49.5: Comum (10.0/1.0)
fertiparc2 = Premium: Premium (32.0/4.0)
fertiparc2 = Super_premium: Super_premium (21.0/1.0)
fertiparc2 = nao: nao (17.0/1.0)
fertiparc2 = vnv: vnv (112.0)

```

Figura 39: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-9.

máquina na parcela 2, sendo para todos os conjuntos, o atributo máquina na parcela 1 a classe preditiva, respectivamente, compõem os cenários que originam as árvores de decisão apresentadas nas Figuras 40, 41 e 42.

Constata-se que a árvore da Figura 42 reforça as regras das árvores de decisão das Figuras 40 e 41, no que se refere a preferência dos agricultores pelo uso de máquinas 3 (pacote 3) na parcela 2, se as máquinas forem negociadas pelo valor `baixo`, observa-se também que as máquinas 2 e 1 (pacotes 1 e 2) são usadas em menor número.

Quando observa-se os demais nós das árvores, percebe-se quando o valor das máquinas é `normal`, o número de agricultores que utilizam máquinas diminui. Também, os agricultores não utilizam máquinas se estas forem negociadas pelo valor `alto`, assim como, a maioria dos agricultores não utilizam máquinas nas plantações. Os valores e especificação dos pacotes de máquinas estão descritos no Anexo C, na Figura 71. Cabe ressaltar que na árvore da Figura 41, a condição de teste do nó `valor da semente na parcela 3` (`vsempar3`) não altera as estratégias extraídas.

```

vmaqpar1 = baixo
  maqparc2 = Maquinas_1: Maquinas_1 (4.0)
  maqparc2 = Maquinas_2: Maquinas_2 (13.0/1.0)
  maqparc2 = Maquinas_3: Maquinas_3 (17.0)
  maqparc2 = nao: Maquinas_3 (0.0)
  maqparc2 = vnv: Maquinas_3 (0.0)
vmaqpar1 = normal
  maqparc2 = Maquinas_1: Maquinas_1 (3.0/2.0)
  maqparc2 = Maquinas_2: Maquinas_2 (4.0)
  maqparc2 = Maquinas_3: Maquinas_3 (2.0)
  maqparc2 = nao: Maquinas_1 (1.0)
  maqparc2 = vnv: Maquinas_2 (0.0)
vmaqpar1 = alto: vnv (0.0)
vmaqpar1 = nao: nao (40.0)
vmaqpar1 = vnv: vnv (112.0)

```

Figura 40: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-11.

```

vmaqpar1 = baixo
  maqparc2 = Maquinas_1: Maquinas_1 (4.0)
  maqparc2 = Maquinas_2: Maquinas_2 (13.0/1.0)
  maqparc2 = Maquinas_3: Maquinas_3 (17.0)
  maqparc2 = nao: Maquinas_3 (0.0)
  maqparc2 = vnv: Maquinas_3 (0.0)
vmaqpar1 = normal
  vsempar3 = baixo: Maquinas_1 (3.0/1.0)
  vsempar3 = normal: Maquinas_2 (5.0)
  vsempar3 = alto: Maquinas_3 (2.0)
  vsempar3 = nao: Maquinas_2 (0.0)
  vsempar3 = vnv: Maquinas_2 (0.0)
vmaqpar1 = alto: vnv (0.0)
vmaqpar1 = nao: nao (40.0)
vmaqpar1 = vnv: vnv (112.0)

```

Figura 41: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-12.

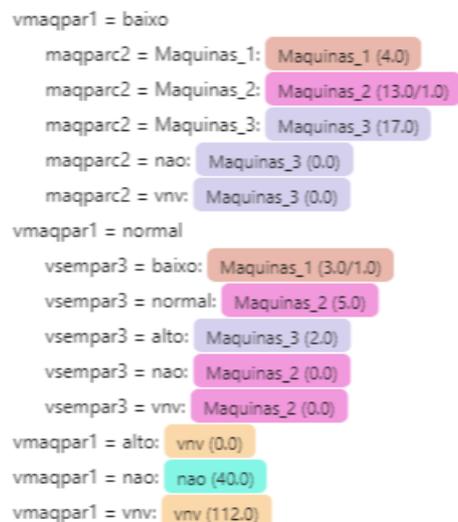


Figura 42: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-13.

Semelhante às árvores de decisões geradas nos cenários mencionados anteriormente, as árvores apresentadas nas Figuras 43, 44 e 45, também se complementam. Os cenários 14, 15 e 16, nessa ordem, são compostos pelos conjuntos dos atributos *valor do agrotóxico na parcela 1*, *poluição da parcela 1*, *valor da semente na parcela 2*, *valor do fertilizante na parcela 2*, *agrotóxico na parcela*, *plantação na parcela 5*; *valor do agrotóxico na parcela*, *agrotóxico na parcela 2*; e *fertilizante na parcela 1*, *poluição da parcela 1* e *agrotóxico na parcela 2*, sendo o atributo *agrotóxico na parcela 1*, a classe preditiva para todos os cenários.

Ao analisar a árvore da Figura 43, observa-se que agricultores compram agrotóxico *super premium* para a plantação de soja e hortaliça, e o agrotóxico comum para a plantação de arroz pelo preço *baixo* para aplicar na plantação da parcela 5. Nas árvores mostradas nas Figuras 43 e 44, no nó da condição de teste *valor agrotóxico na parcela 1 = normal* e *alto*, percebe-se que o número de agricultores que utilizam agrotóxico diminui.

Verifica-se que nas árvores das Figuras 43, 44 e 45 nos nós das condições de teste *agrotóxico na parcela 2 = não*, existem agricultores que não utilizam agrotóxico em todas as seis parcelas. Também, as três árvores mencionadas mostram que os agricultores tem preferência pelo agrotóxico do tipo *super premium*, e nota-se que não há diferença significativa entre a preferência do agrotóxico comum e *premium*.

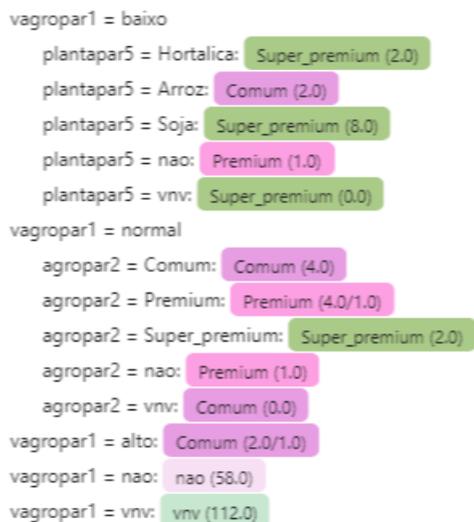


Figura 43: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-14.

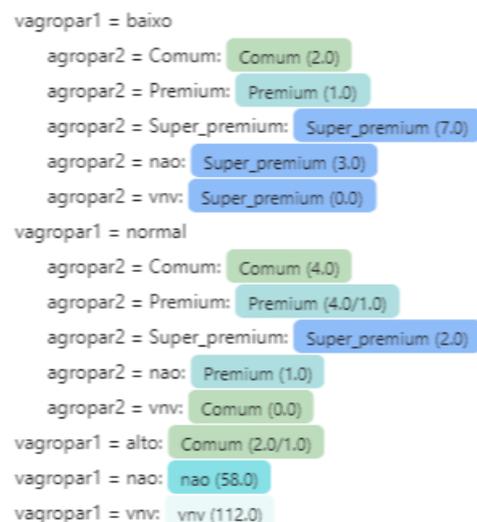


Figura 44: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-15.

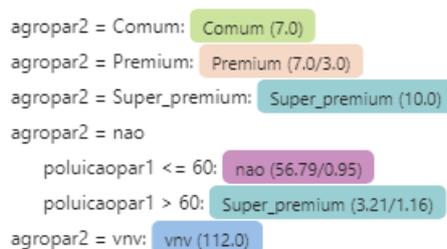


Figura 45: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-16.

Os Cenários CA-17 e CA-18 geraram as mesmas árvores apresentada na Figura 46 para os conjuntos de atributos pulverizador na parcela 3 e poluição do jogador e o conjunto pulverizador na parcela 3, bem como, a árvore mostrada na Figura 47, gerada com o conjunto plantação parcela 1, sendo o atributo pulverizador na parcela 1, a classe preditiva para todas as árvores. Observa-se que a maioria dos agricultores não utiliza pulverizador nas plantações. O pulverizador é o item mais caro do jogo, e com ele, é possível reduzir a poluição individual.

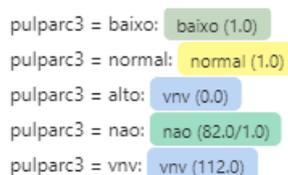


Figura 46: Árvores de decisão gerada nos cenários Automáticos CA-17 e CA-18.

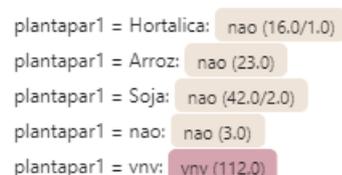


Figura 47: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-19.

A árvore de decisão da Figura 48 foi gerada com o conjunto de atributos fertilizante na parcela 1, selo verde na parcela 2, produtividade, imposto do jogador e papel, sendo o atributo multa

a classe preditiva, demonstra, no segundo nível da árvore no nó `fertiparc1 = vnv`, que os empresários recebem mais multas que os agricultores.

Na condição de teste fertilizante na parcela 1 = não, percebe-se que agricultores com selo verde não usam fertilizante e são propensos a não receber multa e os que não possuem selo verde tem chance maior de receber multa. Observa-se que os agricultores que utilizam fertilizante do tipo `super premium` e pagam maior imposto, tendem a receber multa, como pode-se ver na condição de teste fertilizante na parcela 1 = `super premium`, até o nó folha.

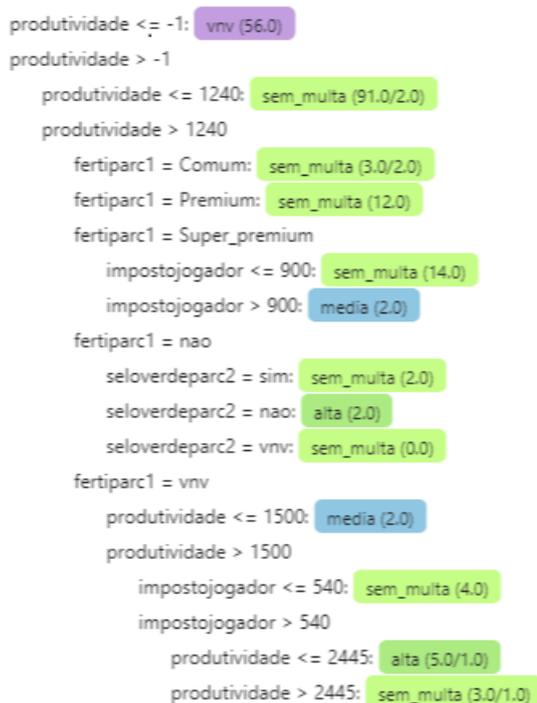


Figura 48: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-24.

Os Cenários CA-26 e CA-27 geraram as mesmas árvores, como apresenta a Figura 49, para os conjuntos de atributos Altera imposto 2, tratamento de água e o conjunto Altera imposto 2, sendo o atributo Alterar Imposto tipo 1 a classe preditiva. Identifica-se que os prefeitos alteram o imposto 1 para alto se o imposto 2 é baixo e alteram o imposto 1 para baixo se o imposto 2 é alto. Porém, a maioria dos prefeitos não realizam alterações de impostos. Os valores referentes aos tipos de impostos são apresentados na Figura 77 no Anexo C.

Na Figura 50 é apresentada a árvore de decisão gerada a partir do conjunto de atributos tratamento de água, sendo o atributo Alterar imposto tipo 1 a classe preditiva. Verifica-se que os prefeitos não alteram imposto em razão a realização ou não de tratamento de água.

alteraimposto2 = baixo: alto (2.0/1.0)
 alteraimposto2 = medio: nao (1.0)
 alteraimposto2 = alto: baixo (3.0/2.0)
 alteraimposto2 = nao: nao (24.0/5.0)
 alteraimposto2 = vnv: vnv (166.0)

Figura 49: Árvore de decisão gerada nos cenários automáticos CA-26 e CA-27.

tratagua = sim: nao (12.0/2.0)
 tratagua = nao: nao (16.0/6.0)
 tratagua = vnv: vnv (168.0/2.0)

Figura 50: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-28.

Na Figura 51 é apresentada a árvore de decisão gerada a partir do conjunto de atributos personagem, produtividade, altera imposto 1 e tratamento de esgoto, sendo o atributo alterar imposto tipo 2 a classe preditiva. Observa-se que os prefeitos não alteram o imposto 2 para este cenário de teste.

alteraimposto1 = baixo: nao (4.0/1.0)
 alteraimposto1 = medio: vnv (0.0)
 alteraimposto1 = alto: nao (4.0/2.0)
 alteraimposto1 = nao: nao (22.0/3.0)
 alteraimposto1 = vnv: vnv (166.0)

Figura 51: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-29.

Na Figura 52 é apresentada a árvore de decisão gerada a partir do conjunto de atributos altera imposto 1 e transferência, sendo o atributo alterar imposto tipo 2 a classe preditiva. Identifica-se que quando há uma transferência de recursos, o imposto 2 é alterado para baixo se o imposto 1 é alto.

alteraimposto1 = baixo: nao (4.0/1.0)
 alteraimposto1 = medio: vnv (0.0)
 alteraimposto1 = alto
 transferencia <= 1038: baixo (2.0/1.0)
 transferencia > 1038: nao (2.0)
 alteraimposto1 = nao: nao (22.0/3.0)
 alteraimposto1 = vnv: vnv (166.0)

Figura 52: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-30.

A Figura 53 apresenta a mesma árvore de decisão da Figura 50, gerada a partir do conjunto de atributos tratamento de água, sendo o atributo Alterar imposto tipo 2, a classe preditiva. Verifica-se que os prefeitos não alteram imposto em razão a realização ou não de tratamento de água, para este cenário de teste.

tratagua = sim: nao (12.0/2.0)
 tratagua = nao: nao (16.0/4.0)
 tratagua = vnv: vnv (168.0/2.0)

Figura 53: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-31.

A Figura 54 mostra a árvore de decisão gerada com o conjunto de atributos altera imposto 2, altera imposto 3, tratamento de água, tratamento de lixo e papel, sendo o atributo tratamento de esgoto a classe preditiva. Observa-se que o prefeito, independente de haver ou não tratamento de lixo, não realiza o tratamento de esgoto, para este cenário de teste.

tratlixo = sim: nao (9.0/2.0)
 tratlixo = nao: nao (19.0/3.0)
 tratlixo = vnv: vnv (168.0)

Figura 54: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-38.

A Figura 55 mostra a árvore de decisão gerada com o conjunto de atributos altera imposto 3, sendo o atributo tratamento de esgoto a classe preditiva. Observa-se que o prefeito não realiza tratamento de esgoto, para este cenário de teste.

alteraimposto3 = baixo: nao (6.0/1.0)
 alteraimposto3 = medio: nao (1.0)
 alteraimposto3 = alto: nao (7.0/1.0)
 alteraimposto3 = nao: nao (14.0/3.0)
 alteraimposto3 = vnv: vnv (168.0)

Figura 55: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-39.

A Figura 56 mostra a árvore de decisão gerada com o conjunto de atributos tratamento de água, sendo o atributo tratamento de esgoto a classe preditiva. Observa-se que o prefeito não realiza tratamento de esgoto, para este cenário de teste.

tratagua = sim: nao (12.0/3.0)
 tratagua = nao: nao (16.0/2.0)
 tratagua = vnv: vnv (168.0)

Figura 56: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-40.

A Figura 57 mostra a árvore de decisão gerada com o conjunto de atributos altera imposto 3, tratamento de água e tratamento de esgoto, sendo o atributo tratamento de lixo a classe preditiva. Observa-se que o prefeito não realiza tratamento de lixo, para este cenário de teste.

tratagua = sim: nao (12.0/2.0)
 tratagua = nao: nao (16.0/7.0)
 tratagua = vnv: vnv (168.0)

Figura 57: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-41.

A Figura 58 mostra a árvore de decisão gerada com o conjunto de atributos altera imposto 3, sendo o atributo tratamento de lixo a classe preditiva. Observa-se que há uma realização de tratamento de lixo quando o imposto 3 = médio.

alteraimposto3 = baixo: nao (6.0/1.0)
 alteraimposto3 = medio: sim (1.0)
 alteraimposto3 = alto: nao (7.0/1.0)
 alteraimposto3 = nao: nao (14.0/6.0)
 alteraimposto3 = vnv: vnv (168.0)

Figura 58: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-42.

A Figura 59 apresenta a árvore gerada com o conjunto de atributos papel, sendo o atributo a classe preditiva. Conforme observa-se, nenhuma regra é gerada.

papel = agricultor: vnv (84.0)
 papel = empresario: vnv (56.0)
 papel = fiscal: vnv (28.0)
 papel = prefeito: nao (28.0/9.0)

Figura 59: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-43.

A Figura 60 mostra a árvore de decisão gerada com o conjunto de atributos personagem, produtividade e aplicou multa, sendo o atributo papel a classe preditiva. Observa-se que uma pequena parte dos prefeitos realizam o tratamento de esgoto. Ainda, percebe-se uma estratégia já mapeada: a maioria dos agricultores não utilizam pulverizador, apenas duas observações demonstram que quando usam, negociam pelo valores baixo ou normal.

A Figura 61 mostra a árvore de decisão gerada com o conjunto de atributos personagem, pulverizador na parcela 3, valor do agrotóxico na parcela 5, produtividade aplicou multa e tratamento de esgoto, sendo o atributo papel a classe preditiva. Conforme observa-se, nenhuma regra é gerada, somente nota-se que o fiscal aplicou multa para a metade das instâncias.

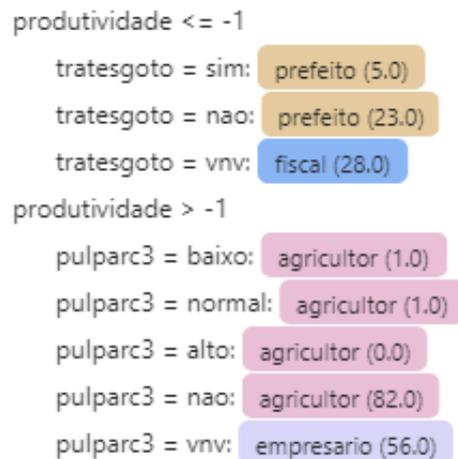


Figura 60: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-45.

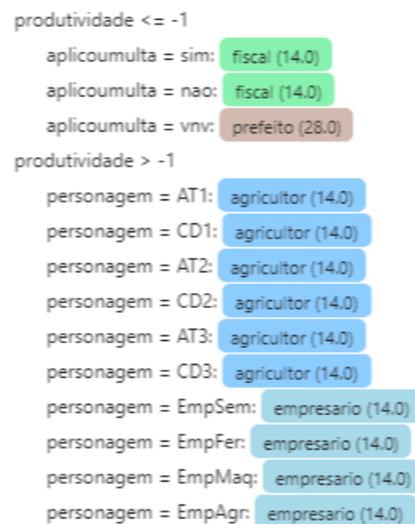


Figura 61: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-46.

No que se refere a análise das árvores de decisão, é possível mapear as estratégias e os papéis que podem assumir estas estratégias apresentadas na Tabela 17 e 18. A primeira coluna da tabela, corresponde a qual cenário gerou a regra, o prefixo intitulado C, identifica os cenários definidos e o prefixo CA, identifica os cenários automáticos. Na segunda coluna são mostradas as árvores resultantes nos cenários. A terceira coluna apresenta a regra extraída da árvore de decisão e a quarta coluna apresenta os papéis que assumem a estratégia.

Tabela 17: Mapeamento das estratégias dos papéis agricultores e empresários

Cenário	Árvore	Regra	Papel
C2	Figura 24	E1: Produzir menos para poluir menos.	Agricultor Empresário
C2	Figura 24	E2: Alta produtividade e poluir mais.	Agricultor Empresário
C18	Figura 32	E3: Realizar transferências de recursos se houve baixa produtividade.	Agricultor Empresário
C2	Figura 24	E4: Tentar ter alta produtividade não importando a poluição.	Agricultor
C9	Figura 25	E5: Comprar máquinas, pelo valor baixo.	Agricultor
C10, C11	Figuras 26 e 27	E6: Utilizar <i>fertilizantes</i> em suas plantações, não importando o valor de compra.	Agricultor
C19, C21	Figuras 33 e 34	E7: Preferir agrotóxicos à máquinas. Utilizar o agrotóxico que concede mais vantagens produtivas para a plantação.	Agricultor
C20	Figura 35	E8: Combinar agrotóxico simples (<i>comum</i>) com a plantação de hortaliça.	Agricultor
CA-5 e CA-6	Figuras 36 e 37	E9: Buscar o equilíbrio entre plantações que geram poluição e plantação que gera um mínimo de poluição.	Agricultor
CA-5 e CA-7	Figuras 36 e 38	E10: preferir, respectivamente, plantação de soja, arroz e hortaliça.	Agricultor
CA-9	Figura 39	E11: Preferir o fertilizante do tipo intermediário, seguido pelo fertilizante que mais concede produtividade e o fertilizante simples.	Agricultor
CA-11, CA-12, CA-13	Figuras 40, 41 e 42	E12: Comprar melhores máquinas, se as máquinas forem negociadas pelo valor baixo.	Agricultor
CA-14	Figura 43	E13: Comprar melhor agrotóxico pelo valor baixo para a plantação de soja e hortaliça, e o agrotóxico simples para a plantação de arroz.	Agricultor
CA-14, CA-15	Figuras 43 e 44	E14: Não comprar agrotóxico pelo valor normal e alto.	Agricultor
CA-14, CA-15, CA-16	Figuras 43, 44 e 45	E15: Não utilizar agrotóxicos em todas as seis parcelas.	Agricultor
CA-17, CA-18, CA-19, CA-45	Figuras 46, 47 e 60	E16: Preferir não utilizar pulverizador nas plantações, se usar negociar pelos <i>valores baixo ou normal</i> .	Agricultor
CA-24	Figura 48	E17: Não utilizar fertilizante e pedir selo verde.	Agricultor

Tabela 18: Mapeamento de estratégias dos papéis fiscais e prefeitos

Cenário	Árvore	Regra	Papel
C16	Figura 30	E18: Ignorar alguns casos e não multar agricultores que geram alta poluição.	Fiscal
CA-24	Figura 48	E19: Multar mais empresários do que agricultores.	Fiscal
CA-24	Figura 48	E20: Multar quem utiliza o melhor fertilizante e que paga maior imposto.	Fiscal
C12	Figura 28	E21: Utilizar, simultaneamente, duas medidas mitigatórias. Priorizar <i>tratamento de esgoto e tratamento de lixo</i> .	Prefeito
CA-26, CA-27	Figura 49	E22: Alterar o imposto '1' para alto se o imposto '2' é 'baixo' e alterar o imposto '1' para 'baixo' se o imposto '2' é 'alto'.	Prefeito
CA-28, CA-31	Figura 50 e 53	E23: Não alterar imposto para realizar tratamento de água.	Prefeito
CA-29	Figura 51	E24: Não alterar imposto '2'.	Prefeito
CA-30	Figura 52	E25: Alterar imposto para 'baixo' quando há uma transferência de recursos, se o imposto '1' é 'alto'.	Prefeito
CA-38	Figura 54	E26: Independente de haver ou não tratamento de lixo, não realizar o tratamento de esgoto.	Prefeito
CA-42	Figura 58	E27: Realizar tratamento de lixo quando o imposto '3' é 'médio'.	Prefeito
CA-45	Figura 60	E28: Realizar o tratamento de esgoto.	Prefeito

As Tabelas 19 e 20 apresentam as estratégias das árvores de decisão não abordadas no decorrer do texto, devido ao critério estabelecido sobre o percentual de acerto na classificação, mas sendo importantes para o entendimento do jogo.

Tabela 19: Mapeamento de estratégias dos jogadores extras - Agricultores

Cenário	Árvore	Regra	Papel
C5, C22	Figura 81	E29: Comprar agrotóxico intermediário para usar em mais de uma parcela.	Agricultor
C6	Figura 82	E30: Não usar agrotóxico para não poluir.	Agricultor
CA-3	Figura 89	E31: Preferir como primeira opção a plantação de arroz.	Agricultor
CA-3	Figura 89	E32: Preferir como segunda opção a plantação de soja.	Agricultor
CA-8 e 10	Figura 90	E33: Preferir comprar o fertilizante intermediário.	Agricultor

Tabela 20: Mapeamento de estratégias dos jogadores extras - Fiscais e Prefeitos

Cenário	Árvore	Regra	Papel
C15	Figura 86	E34: Aplicar multa leve para os agricultores e multa média e alta para os empresários.	Fiscal
CA-1	Figura 87	E35: Conceder multa leve para o papel que gerou poluição alta.	Fiscal
CA-1	Figura 87	E36: Não multar agricultores que usaram agrotóxico e tiveram nível de poluição alto.	Fiscal
CA-1	Figura 87	E37: Não multar empresários, tanto os empresários com baixa e alta produtividade e que tiveram nível de poluição alto.	Fiscal
CA-2	Figura 88	E38: Não conceder selo verde para agricultores com alta produtividade.	Fiscal
CA-2	Figura 88	E39: Conceder selo verde para o agricultor com menor produtividade e menor poluição.	Fiscal
C3	Figura 79	E40: Arrecadar valores maiores de imposto do agricultor do que do empresário.	Prefeito
CA-1	Figura 87	E41: Aumentar imposto para alta produção.	Prefeito
CA-32,33 e 34	Figuras 95 e 96	E42: Realizar o tratamento de esgoto e lixo e não alterar o imposto de maior valor (imposto 3). Ou Não realizar o tratamento, e alterar o imposto maior para o valor alto se o imposto menor (imposto 1) estiver baixo e alterar o maior imposto (imposto 3) para baixo, se o imposto menor (imposto 1) estiver alto.	Prefeito
CA-35 e 37	Figura 97	E43: Realizar o tratamento de esgoto e o tratamento de água.	Prefeito
CA-36	Figura 98	E44: Realizar o tratamento de água e baixar o valor do imposto (imposto 3) para produções maiores sem alterar o imposto menor(imposto 1).	Prefeito

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado o escopo do projeto no qual este trabalho está inserido. O trabalho é uma colaboração para as próximas etapas do projeto, pois representa a base para a construção dos jogadores virtuais, através do mapeamento das estratégias dos jogadores, para obter os perfis dos papéis no RPG de mesa realizado com o aprendizado automático de máquina.

Além disso, apresentou-se a abordagem ComMod, que integra as áreas de SMA e o RPG, para entender a dinâmica da gestão participativa dos recursos naturais, na qual, procura incluir todos os indivíduos envolvidos em uma situação problema. Ao longo do andamento do projeto, conforme os avanços, os membros do comitê da bacia hidrográfica do Rio Grande do sul participarão do RPG de mesa, e poderão contribuir com observações para o aprimoramento do jogo.

Neste trabalho foi proposta a construção de diversos cenários, a fim de aplicar a técnica de mineração de dados às ações escolhidas pelos jogadores do RPG, de forma a adquirir conhecimento sobre os perfis de cada papel presente no jogo. Os testes realizados ocorreram com o conjunto de treinamento formado pelos dados do RPG de mesa.

Dessa forma, foi possível obter um mapeamento de 44 estratégias utilizadas pelos jogadores, por meio das observações das árvores de decisão. Por meio da construção de vinte e 22 cenários baseados nas ações dos jogadores extraiu-se 14 estratégias. Já pela construção automática, dos 44 cenários, 30 foram extraídas. Observa-se que devido ao número de testes realizados nos cenários, dependendo do conjunto de atributos utilizado, algumas regras podem parecer se contradizer, quando comparadas com as demais. Contudo, são estratégias diferentes, adotadas pelos jogadores durante as sessões realizadas

A partir das árvores de decisão geradas encontrou-se regras que determinam o comportamento dos jogadores no jogo, no que se refere as ações realizadas no RPG. O papel agricultor gerou um número maior de regras pois, representa o papel que mais possui ações no jogo, naturalmente, as decisões tomadas pelos demais papéis podem estar relacionadas as consequências das ações dos jogadores que interpretam o papel agricultor.

Ainda, observa-se que os jogadores conseguem entender melhor o jogo depois de jogarem algumas rodadas (pode-se considerar o jogo como um sistema evolutivo, pois

as estratégias vão sendo aprimoradas durante o jogo) e com isso, eles conseguem traçar melhores estratégias para talvez aumentar sua produtividade e/ou diminuir a poluição, já que são diversos os objetivos que o jogador pode definir durante o jogo, ao interpretar um papel. Além disso, a personalidade individual dos jogadores e a dinâmica do grupo, no jogo, podem influenciar nas ações tomadas.

Dada a complexidade da dinâmica do RPG, como trabalhos futuros, vislumbra-se:

- Realizar o registro dos diálogos (via vídeos, por exemplo), podendo ser útil para efetuar aplicar aprendizado automático sobre esses dados. Durante os testes do RPG de mesa, observou-se que houve muitas iterações como planejamento e acordos entre os jogadores.
- Realizar o mapeamento das estratégias encontradas e definir perfil comportamentais para cada um dos papéis do jogo, possibilitando a implementação dos NPC na nova versão do jogo web.
- Utilizar outras técnicas de mineração de dados, como *Random Tree* e *Random Forest*, para descobrir outras estratégias na base de dados obtida pelos jogos RPG de mesa.
- Utilizar PCA (*Principal Component Analysis*) para definir os atributos mais relevantes e depois reaplicar J-48, e outras técnicas de mineração de dados, também com o intuito de descobrir novas estratégias nos dados dos jogos RPG de mesa.
- Utilizando técnicas da teoria dos jogos, definir cenários onde todos os jogadores (independente de suas estratégias) ganham. Esse é um cenário ideal e poderia ser utilizado como base para testes.

REFERÊNCIAS

ADAMATTI, D. F.; SICHMAN, J. S. **Inserção de Jogadores Virtuais em Jogos de Papéis para Uso em Sistemas de Apoio a Decisão em Grupo: um Experimento no Domínio da Gestão de Recursos Naturais**. 2007. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — PhD thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

ALVARES, L. O. Introdução aos sistemas multiagentes. In: 1997. **Anais... XVII Congresso da SBC-Anais JAI'97**, 1997. p.1–37.

BARRETEAU, O.; BOUSQUET, F.; ATTONATY, J.-M. et al. Role-playing games for opening the black box of multi-agent systems: method and lessons of its application to Senegal River Valley irrigated systems. **Journal of artificial societies and social simulation**, [S.l.], v.4, n.2, p.5, 2001.

BARRETEAU, O.; LE PAGE, C.; D'AQUINO, P. Role-playing games, models and negotiation processes. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, [S.l.], v.6, n.2, 2003.

BITTENCOURT, G. Inteligência artificial distribuída. **UFSC—<http://www.lcmi.ufsc.br/gia/ic-artigos/iad.ps.gz>**, [S.l.], 1998.

BITTENCOURT, J. R.; GIRAFFA, L. M. Modelando ambientes de aprendizagem virtuais utilizando role-playing games. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION (SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO-SBIE), 2003. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2003. v.1, n.1, p.683–692.

BOUSQUET, F. **Companion modeling and multi-agent systems for integrated natural resource management in Asia**. [S.l.]: Int. Rice Res. Inst., 2005.

BOUSQUET, F.; TRÉBUIL, G. Introduction to companion modeling and multi-agent systems for integrated natural resource management in Asia. **Companion modeling and multi-agent systems for integrated natural resource management in Asia**, [S.l.], p.1–8, 2005.

COSTA, A. F. S.; TEIXEIRA, C. M.; SILVA, C. S.; DO NASCIMENTO, J. A.; OLIVEIRA, M. M.; OLIVEIRA QUEIROZ, Y. de; JESUS SILVA, M. de. Recursos hídricos. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT**, [S.l.], v.1, n.1, p.67–73, 2012.

COSTIKYAN, G. I Have No Words &. **The game design reader: A rules of play anthology**, [S.l.], v.24, 2005.

CRAWFORD, C. The art of computer game design. , [S.l.], 1984.

D'AQUINO, P.; LE PAGE, C.; BOUSQUET, F.; BAH, A. Using self-designed role-playing games and a multi-agent system to empower a local decision-making process for land use management: the SelfCormas experiment in Senegal. **Journal of artificial societies and social simulation**, [S.l.], v.6, n.3, 2003.

DROGOUL, A.; FERBER, J. Multi-agent simulation as a tool for modeling societies: Application to social differentiation in ant colonies. In: EUROPEAN WORKSHOP ON MODELLING AUTONOMOUS AGENTS IN A MULTI-AGENT WORLD, 1992. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1992. p.2–23.

FRANK, E.; HALL, M. A. **Data mining**: practical machine learning tools and techniques. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2011.

FREIRE VIEIRA, P.; WEBER, J. **Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento**: novos desafios para a pesquisa ambiental. [S.l.]: Cortez Editora, 1997.

FULLER, M. M.; WANG, D.; GROSS, L. J.; BERRY, M. W. Computational Science for Natural Resource Management. **Computing in Science & Engineering**, [S.l.], v.9, n.4, p.40, 2007.

GIASSON, E.; HARTEMINK, A. E.; TORNQUIST, C. G.; TESKE, R.; BAGATINI, T. Avaliação de cinco algoritmos de árvores de decisão e três tipos de modelos digitais de elevação para mapeamento digital de solos a nível semidetalhado na Bacia do Lageado Grande, RS, Brasil. **Ciência Rural**, [S.l.], v.43, n.11, p.1967–1973, 2013.

HOLZMAN, B. **Natural Resource Management**. [Online; accessed 30 apr. 2019] <http://online.sfsu.edu/bholzman//courses/GEOG 20657/>.

LUONG, B.; THANGARAJAH, J.; ZAMBETTA, F. A BDI game master agent for computer role-playing games. **Computers in Entertainment (CIE)**, [S.l.], v.15, n.1, p.4, 2017.

MELO, M.; ADAMATTI, D. Mineração de Estratégias de Jogadores no Domínio de Gestão de Recursos Naturais. , [S.l.], 2019.

MULLER, G.; SICHMAN, J. S. Selecting Learning Algorithms for the Design of Virtual Players in Natural Resources Management Platforms. , [S.l.], p.93–96, 2009.

PEREIRA, C. E. K. Construção de personagem & aquisição de linguagem: O desafio do RPG no INES. In: RIO DE JANEIRO INES, 2004 SEMESTRAL ISSN 1518-2509 1–FORUM–INSTITUTO NACIONAL DE EDUCAÇÃO DE SURDOS, 10., 2003. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2003. p.7.

PERROTTON, A.; GARINE-WICHATITSKY, D.; VALLS FOX, H.; LE PAGE, C. et al. My cattle and your park: codesigning a role-playing game with rural communities to promote multistakeholder dialogue at the edge of protected areas. **Ecology and Society**, [S.l.], v.22, n.1, 2017.

RAO, A. S.; GEORGEFF, M. P. et al. BDI agents: from theory to practice. In: ICMAS, 1995. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1995. v.95, p.312–319.

TAN, P.-N.; STEINBACH, M.; KUMAR, V. **Introdução ao datamining**: mineração de dados. [S.l.]: Ciência Moderna, 2009.

TORII, D.; BOUSQUET, F.; ISHIDA, T.; TRÉBUIL, G.; VEJPAS, C. Using classification learning in companion modeling. In: PACIFIC RIM INTERNATIONAL WORKSHOP ON MULTI-AGENTS, 2005. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2005. p.255–269.

URQUHART, N.; POWERS, S.; WALL, Z.; FONZONE, A.; GE, J.; POLHILL, J. G. et al. Simulating the Actions of Commuters Using a Multi-Agent System. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, [S.l.], v.22, n.2, p.1–10, 2019.

WINZ, I.; BRIERLEY, G.; TROWSDALE, S. The use of system dynamics simulation in water resources management. **Water resources management**, [S.l.], v.23, n.7, p.1301–1323, 2009.

WITTEN, I. H.; FRANK, E. Data mining: practical machine learning tools and techniques with Java implementations. **Acm Sigmod Record**, [S.l.], v.31, n.1, p.76–77, 2002.

WOOLDRIDGE, M. **An introduction to multiagent systems**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2009.

ANEXO A DIAGRAMAS DE CLASSE

Neste anexo são apresentados os diagramas de classe, referentes a todos os papéis, desenvolvidos com o grupo de pesquisa do projeto.

A Figura 62 ilustra o diagrama de classe do agricultor.

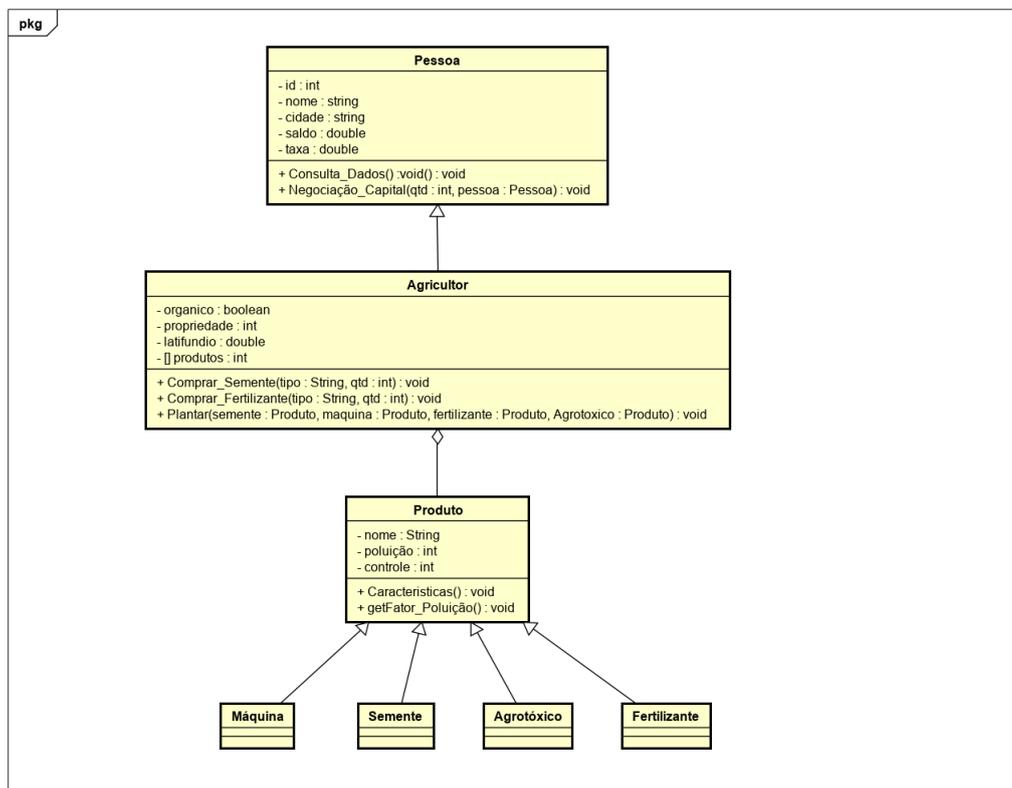


Figura 62: Diagrama de classe do agricultor

A Figura 63 ilustra o diagrama de classe da empresa.

A Figura 64 ilustra o diagrama de classe do fiscal.

A Figura 65 ilustra o diagrama de classe do prefeito.

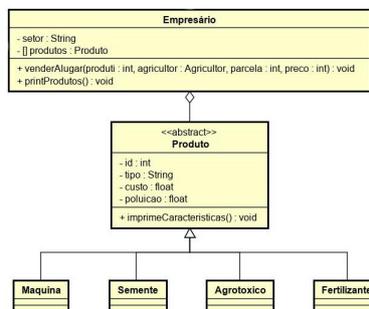


Figura 63: Diagrama de classe da empresa



Figura 64: Diagrama de classe do fiscal

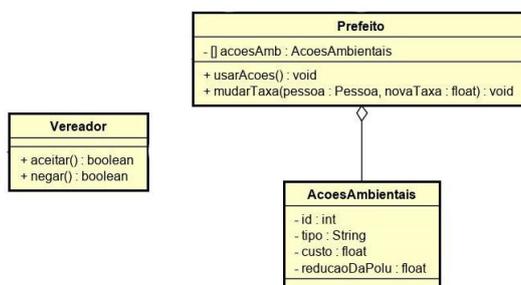


Figura 65: Diagrama de classe do prefeito e vereador

ANEXO B DIAGRAMAS DE SEQUÊNCIA

Neste anexo são apresentados os diagramas de sequência, referentes a todos os papéis, desenvolvidos pelo grupo de pesquisa do projeto.

A Figura 66 ilustra o diagrama de sequência para o papel da empresa.

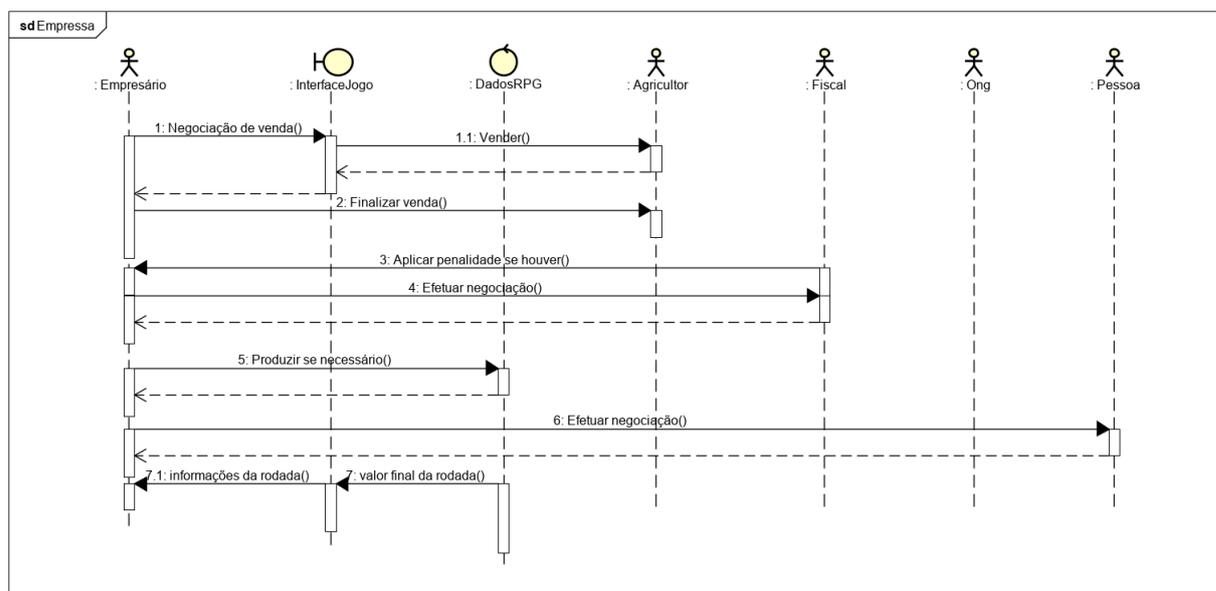


Figura 66: Diagrama de sequência da empresa

A Figura 67 ilustra o diagrama de sequência para o papel do fiscal.

A Figura 68 ilustra o diagrama de sequência para o papel do prefeito.

A Figura 69 ilustra o diagrama de sequência para o papel do vereador.

A Figura 70 ilustra o diagrama de sequência para o papel do membro da ong.

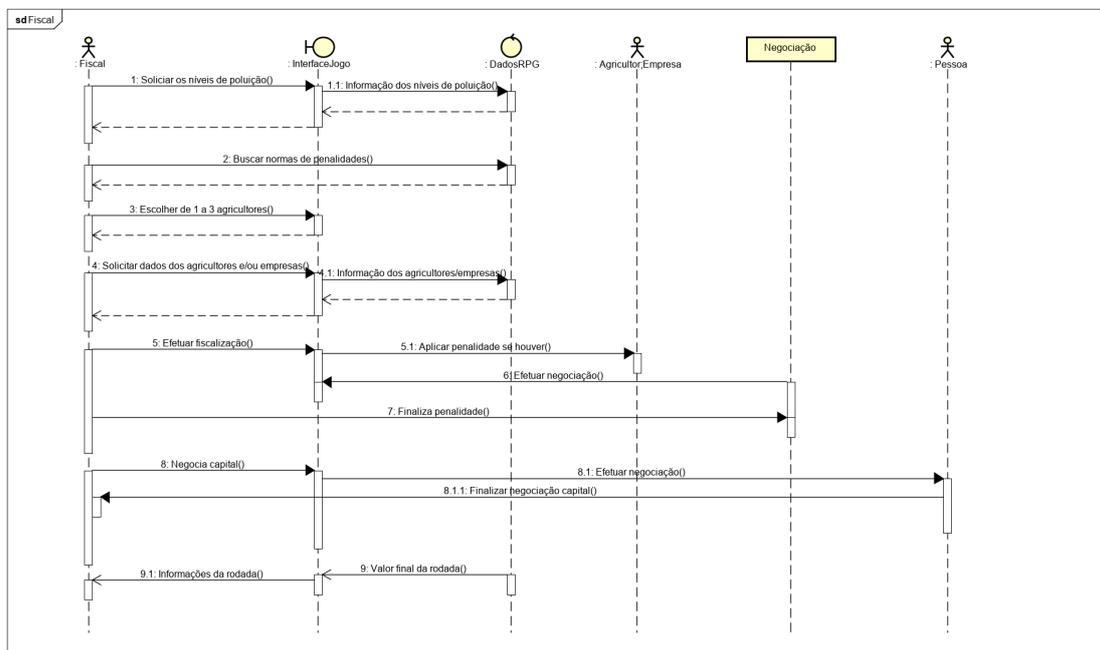


Figura 67: Diagrama de sequência do fiscal

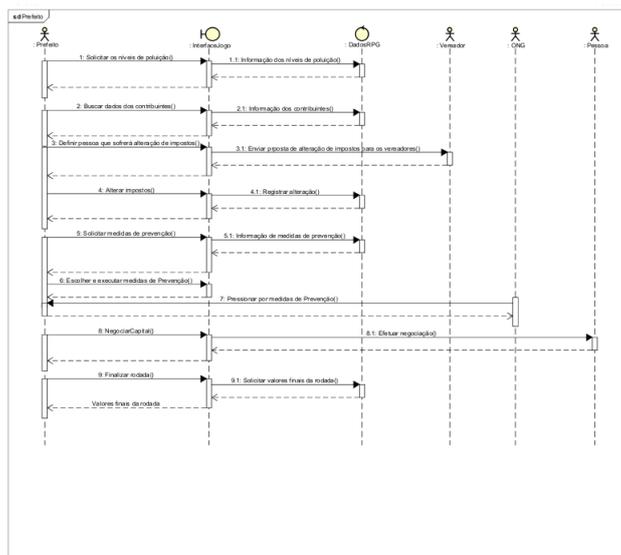


Figura 68: Diagrama de sequência do prefeito

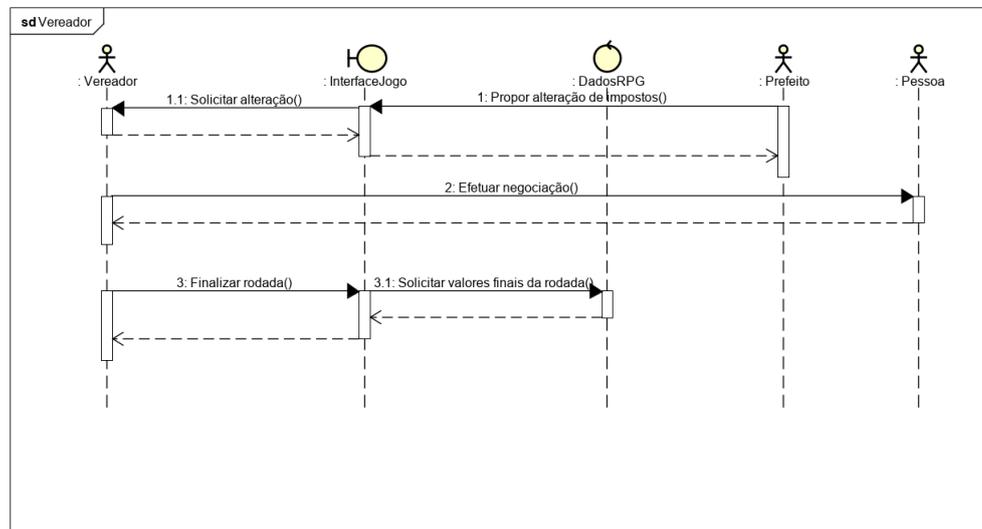


Figura 69: Diagrama de sequência do vereador

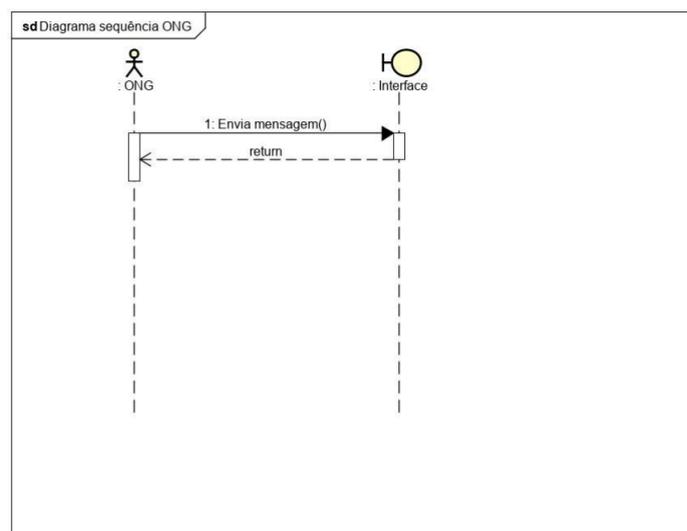


Figura 70: Diagrama de sequência do membro da ong

ANEXO C CARTÃO DE VALORES

Ilustração dos cartões que as personagens recebem com as informações dos valores do jogo são apresentadas nas Figuras 71, 72, 73, 74, 75, 76 e 77.

Produtos				
Sementes	Hortaliças	Arroz	Soja	
Valor	10	20	30	
Fertilizantes	Comum	Premium	Super-Premium	
Valor	30	60	90	
Agrotóxicos	Comum	Premium	Super-premium	
Valor	10	20	30	
Máquinas	Pacote 1	Pacote 2	Pacote 3	Pulverizador
Valor	30	60	90	400
Pacote 1: Contém uma semeadora. Pacote 2: Contém uma semeadora e uma colheitadeira. Pacote 3: Contém uma semeadora, uma colheitadeira e um drone.				
Poluição Gerada pelos agricultores				
	Hortaliças	Arroz	Soja	
S/ Agrotóxico	10	20	30	
Ag. Comum	30	60	90	
Ag. Premium	60	120	180	
Ag. Super Premium	100	200	300	
Multas				
Poluição(p)*	Ação	Cálculo		
p < 90	S/ Multa	0	* Valor baseado na média de poluição de todas as parcelas de terra do Agricultor.	
90 <= p < 120	Multa Leve	1.p		
120 <= p < 200	Multa Média	2.p		
200 <= p	Multa Pesada	3.p		
Produtividade				
Agrotóxico x Fertilizante				
	S/ Fertilizante	F. Comum	F. Premium	F. Super Premium
S/ Agrotóxico	10	20	30	40
A. Comum	30	60	90	120
A. Premium	60	120	180	240
A. Super Premium	100	200	300	400
Obs.:				
1) Arroz c/ Agrotóxico duplica (2x) a quantidade final de produção.				
2) Soja c/ Agrotóxico triplica (3x) a quantidade final de produção.				
Máquina x Fertilizante				
	S/ Fertilizante	F. Comum	F. Premium	F. Super Premium
S/ Máquinas	10	20	30	40
Pulverizador**	10	20	30	40
Pacote 1	30	60	90	120
Pacote 2	60	120	180	240
Pacote 3	100	200	300	400
** Pulverizador não aumenta a produção				
* Pulverizador diminui a poluição pela metade (1/2p) quando usado na plantação.				
Selo Verde				
*** Produção orgânica.				
** Não utiliza agrotóxico nas plantações.				
* Parcela de terra c/ Selo Verde (dado pelo Fiscal) tem de desconto de 5% no Imposto.				
Imposto				
Produção (pr)	Intervalo			
	B	M	A	
pr = 0	\$5	\$10	\$15	
0 < pr <= 200	5% de pr	10% de pr	15% de pr	
200 < pr	25% de pr	30% de pr	35% de pr	

Figura 71: Cartão das personagens agricultores

Ganhos com vendas de produtos			
Sementes	(H) Hortaliças	(A) Arroz	(S) Soja
Valor Baixo	5	15	25
Valor Normal	10	20	30
Valor Alto	15	25	35

Imposto			
Produção (pr)	Intervalo		
	B	M	A
pr = 0	\$5	\$10	\$15
0 < pr ≤ 200	5% de pr	10% de pr	15% de pr
200 < pr	25% de pr	30% de pr	35% de pr

Produtividade X Poluição	
100%	< 30%
90%	⇒ 30 < 40
80%	⇒ 40 < 50
70%	⇒ 50 < 60
60%	⇒ 60 < 70
40%	⇒ 70 < 80
20%	⇒ 80 ≤ 99
0%	100

Poluição	
Tipo	Valor
Hortaliças	1
Arroz	2
Soja	3

Multas		
Poluição (p)	Ação	Cálculo
p < 90	S/ Multa	0
90 ≤ p < 120	Multa Leve	1.p
120 ≤ p < 200	Multa Média	2.p
200 ≤ p	Multa Pesada	3.p

Figura 72: Cartão das personagens empresário de sementes

Ganhos com vendas de produtos			
Fertilizantes	(C) Comum	(P) Premium	(SP) Super-Premium
Valor Baixo	25	55	85
Valor Normal	30	60	90
Valor Alto	35	65	95

Imposto			
Produção (pr)	Intervalo		
	B	M	A
pr = 0	\$5	\$10	\$15
0 < pr ≤ 200	5% de pr	10% de pr	15% de pr
200 < pr	25% de pr	30% de pr	35% de pr

Produtividade X Poluição	
100%	< 30%
90%	⇒ 30 < 40
80%	⇒ 40 < 50
70%	⇒ 50 < 60
60%	⇒ 60 < 70
40%	⇒ 70 < 80
20%	⇒ 80 ≤ 99
0%	100

Poluição	
Tipo	Valor
Comum	3
Premium	6
Super-Premium	9

Multas		
Poluição (p)	Ação	Cálculo
p < 90	S/ Multa	0
90 ≤ p < 120	Multa Leve	1.p
120 ≤ p < 200	Multa Média	2.p
200 ≤ p	Multa Pesada	3.p

Figura 73: Cartão das personagens empresário de fertilizantes

Ganhos com alugueis de máquinas				
Máquinas	Pacote 1	Pacote 2	Pacote 3	Pulverizador
Valor Baixo	25	55	85	395
Valor Normal	30	60	90	400
Valor Alto	35	65	95	405

Pacote 1: Contém uma semeadora.
 Pacote 2: Contém uma semeadora e uma colheitadeira.
 Pacote 3: Contém uma semeadora, uma colheitadeira e um drone.

Produção (pr)	Imposto		
	B	M	A
pr = 0	\$5	\$10	\$15
0 < pr <= 200	5% de pr	10% de pr	15% de pr
200 < pr	25% de pr	30% de pr	35% de pr

Poluição	
Tipo	Valor
Pacote 1	3
Pacote 2	6
Pacote 3	9
Pulverizador	40

Multas		
Poluição (p)	Ação	Cálculo
p < 90	S/ Multa	0
90 <= p < 120	Multa Leve	1.p
120 <= p < 200	Multa Média	2.p
200 <= p	Multa Pesada	3.p

Produtividade X Poluição	
100%	< 30%
90%	=> 30 < 40
80%	=> 40 < 50
70%	=> 50 < 60
60%	=> 60 < 70
40%	=> 70 < 80
20%	=> 80 <= 99
0%	100

Figura 74: Cartão das personagens empresário de máquinas

Ganhos com vendas de produtos			
Agrotóxicos	(C) Comum	(P) Premium	(SP) Super-Premium
Valor Baixo	5	15	25
Valor Normal	10	20	30
Valor Alto	15	25	35

Produção (pr)	Imposto		
	B	M	A
pr = 0	\$5	\$10	\$15
0 < pr <= 200	5% de pr	10% de pr	15% de pr
200 < pr	25% de pr	30% de pr	35% de pr

Poluição	
Tipo	Valor
Comum	1
Premium	2
Super-Premium	3

Multas		
Poluição (p)	Ação	Cálculo
p < 90	S/ Multa	0
90 <= p < 120	Multa Leve	1.p
120 <= p < 200	Multa Média	2.p
200 <= p	Multa Pesada	3.p

Produtividade X Poluição	
100%	< 30%
90%	=> 30 < 40
80%	=> 40 < 50
70%	=> 50 < 60
60%	=> 60 < 70
40%	=> 70 < 80
20%	=> 80 <= 99
0%	100

Figura 75: Cartão das personagens empresário de agrotóxicos

Poluição Gerada pelos agricultores			
	Hortaliças	Arroz	Soja
S/ Agrotóxico	10	20	30
Ag. Comum	30	60	90
Ag. Premium	60	120	180
Ag. Super Premium	100	200	300

Poluição Gerada pelas empresas			
Empresa de Sementes		Empresa de Fertilizantes	
Hortaliças	1	Comum	3
Arroz	2	Premium	6
Soja	3	Super Premium	9
Empresa de Agrotóxicos		Empresa de Máquinas	
Comum	1	Pacote 1	3
Premium	2	Pacote 2	6
Super Premium	3	Pacote 3	9
		Pulverizador	40

Pacote 1: Contém uma semeadora.
 Pacote 2: Contém uma semeadora e uma colheitadeira.
 Pacote 3: Contém uma semeadora, uma colheitadeira e um drone.

Multas		
Poluição (p)*	Ação	Cálculo
$p < 90$	S/ Multa	0
$90 \leq p < 120$	Multa Leve	1.p
$120 \leq p < 200$	Multa Média	2.p
$200 \leq p$	Multa Alta	3.p

* Valor baseado na média de poluição de todas as parcelas de terra do Agricultor.

Figura 76: Cartão das personagens fiscais

Medidas de Prevenção			
Custo Estação de Tratamentos			
Poluição (p)	Tratamento de Água	Tratamento de Lixo	Tratamento de Esgoto
$p \leq 20$	800	1600	2400
$p > 20$	$(p - 20) + 800$	$(p - 20) + 1600$	$(p - 20) + 2400$

Redução de Poluição			
Tratamento de Água	Tratamento de Lixo	Tratamento de Esgoto	
5%	10%	15%	

Imposto para Agricultores e Empresários			
Produção (pr)	Intervalo		
	B	M	A
$pr = 0$	\$5	\$10	\$15
$0 < pr \leq 200$	5% de pr	10% de pr	15% de pr
$200 < pr$	25% de pr	30% de pr	35% de pr

* Parcela de terra 'J' Solo Verde (dado pelo Fiscal) tem desconto de 5% no Imposto.

Poluição Gerada pelos agricultores			
	Hortaliças	Arroz	Soja
S/ Agrotóxico	10	20	30
Ag. Comum	30	60	90
Ag. Premium	60	120	180
Ag. Super Premium	100	200	300

Poluição Gerada pelas empresas			
Empresa de Sementes		Empresa de Fertilizantes	
Hortaliças	1	Comum	3
Arroz	2	Premium	6
Soja	3	Super Premium	9
Empresa de Agrotóxicos		Empresa de Máquinas	
Comum	1	Pacote 1	3
Premium	2	Pacote 2	6
Super Premium	3	Pacote 3	9
		Pulverizador	40

Pacote 1: Contém uma semeadora.
 Pacote 2: Contém uma semeadora e uma colheitadeira.
 Pacote 3: Contém uma semeadora, uma colheitadeira e um drone.

Produtividade X Poluição	
100%	$< 30\%$
90%	$\Rightarrow 30 < 40$
80%	$\Rightarrow 40 < 50$
70%	$\Rightarrow 50 < 60$
60%	$\Rightarrow 60 < 70$
40%	$\Rightarrow 70 < 80$
20%	$\Rightarrow 80 < 99$
0%	100

Figura 77: Cartão das personagens prefeitos e vereadores

APÊNDICE A DICIONÁRIO DOS DADOS

Neste apêndice são apresentados os oitenta e sete (87) atributos todos os oitenta e sete atributos utilizados. São eles:

1. personagem: Código identificador da personagem
2. plantapar1: Tipo de semente utilizada na parcela 1
3. vsempar1: Valor da semente utilizada na parcela 1
4. fertiparc1: Tipo de fertilizante utilizado na parcela 1
5. vfertpar1: Valor do fertilizante na parcela 1
6. maqparc1: Tipo de máquina utilizada na parcela 1
7. vmaqpar1: Valor da máquina na parcela 1
8. agroparc1: Tipo de agrotóxico utilizado na parcela 1
9. vagroparc1: Valor do agrotóxico na parcela 1
10. pulparc1: Pulverizador na parcela 1
11. produtpar1: Produtividade da parcela 1
12. poluicaoparc1: Poluição gerada na parcela 1
13. seloverdeparc1: Selo verde na parcela 1
14. plantapar2: Tipo de semente utilizada na parcela 2
15. vsempar2: Valor da semente utilizada na parcela 2
16. fertiparc2: Tipo de fertilizante utilizado na parcela 2
17. vfertpar2: Valor do fertilizante na parcela 2
18. maqparc2: Tipo de máquina utilizada na parcela 2

19. vmaqpar2: Valor da máquina na parcela 2
20. agropar2: Tipo de agrotóxico utilizado na parcela 2
21. vagropar2: Valor do agrotóxico na parcela 2
22. pulparc2: Pulverizador na parcela 2
23. produtpar2: Produtividade da parcela 2
24. poluicaopar2: Poluição gerada na parcela 2
25. seloverdeparc2: Selo verde na parcela 2
26. plantapar3: Tipo de semente utilizada na parcela 3
27. vsempar3: Valor da semente utilizada na parcela 3
28. fertiparc3: Tipo de fertilizante utilizado na parcela 3
29. vfertpar3: Valor do fertilizante na parcela 3
30. maqparc3: Tipo de máquina utilizada na parcela 3
31. vmaqpar3: Valor da máquina na parcela 3
32. agropar3: Tipo de agrotóxico utilizado na parcela 3
33. vagropar3: Valor do agrotóxico na parcela 3
34. pulparc3: Pulverizador na parcela 3
35. produtpar3: Produtividade da parcela 3
36. poluicaopar3: Poluição gerada na parcela 3
37. seloverdeparc3: Selo verde na parcela 3
38. plantapar4: Tipo de semente utilizada na parcela 4
39. vsempar4: Valor da semente utilizada na parcela 4
40. fertiparc4: Tipo de fertilizante utilizado na parcela 4
41. vfertpar4: Valor do fertilizante na parcela 4
42. maqparc4: Tipo de máquina utilizada na parcela 4
43. vmaqpar4: Valor da máquina na parcela 4

44. agropar4: Tipo de agrotóxico utilizado na parcela 4
45. vagropar4: Valor do agrotóxico na parcela 4
46. pulparc4: Pulverizador na parcela 4
47. produtpar4: Produtividade da parcela 4
48. poluicaopar4: Poluição gerada na parcela 4
49. seloverdeparc4: Selo verde na parcela 4
50. plantapar5: Tipo de semente utilizada na parcela 5
51. vsempar5: Valor da semente utilizada na parcela 5
52. fertiparc5: Tipo de fertilizante utilizado na parcela 5
53. vfertpar5: Valor do fertilizante na parcela 5
54. maqparc5: Tipo de máquina utilizada na parcela 5
55. vmaqpar5: Valor da máquina na parcela 5
56. agropar5: Tipo de agrotóxico utilizado na parcela 5
57. vagropar5: Valor do agrotóxico na parcela 5
58. pulparc5: Pulverizador na parcela 5
59. produtpar5: Produtividade da parcela 5
60. poluicaopar5: Poluição gerada na parcela 5
61. seloverdeparc5: Selo verde na parcela 5
62. plantapar6: Tipo de semente utilizada na parcela 6
63. vsempar6: Valor da semente utilizada na parcela 6
64. fertiparc6: Tipo de fertilizante utilizado na parcela 6
65. vfertpar6: Valor do fertilizante na parcela 6
66. maqparc6: Tipo de máquina utilizada na parcela 6
67. vmaqpar6: Valor da máquina na parcela 6
68. agropar6: Tipo de agrotóxico utilizado na parcela 6

69. vagroparc6: Valor do agrotóxico na parcela 6
70. pulparc6: Pulverizador na parcela 6
71. produtpar6: Produtividade da parcela 6
72. poluicaoparc6: Poluição gerada na parcela 6
73. seloverdeparc6: Selo verde na parcela 6
74. produtividade: Produtividade total obtida pelas plantações e vendas do jogador
75. poluicaojogador: Poluição gerada pelo jogador no ambiente
76. aplicoumulta: Aplicação ou não de multa
77. multa: Tipo da multa aplicada aos agricultores e empresários pelo fiscal
78. impostojogador: Valor do imposto pago pelos agricultores e empresários para a prefeitura
79. alteraimposto1: Alteração do imposto do tipo 1
80. alteraimposto2: Alteração do imposto do tipo 2
81. alteraimposto3: Alteração do imposto do tipo 3
82. tratagua: Medida mitigatória realizada: tratamento de água
83. tratlixo: Medida mitigatória realizada: tratamento de lixo
84. tratesgoto: Medida mitigatória realizada: tratamento de esgoto
85. saldo: Valor do saldo do jogador
86. transferencia: Transferência de valores entre jogadores
87. papel: classe preditiva

APÊNDICE B ÁRVORES DE DECISÃO: CENÁRIOS BASEADOS NAS AÇÕES DOS JOGADORES

As Figuras de 79 a 88 representam a listagem das árvores de decisão geradas pela mineração de dados realizada com os testes de atributos selecionados com base nas ações dos jogadores, resultantes dos cenários propostos e descritos na seção 4.2.3, que não foram apresentadas no Capítulo 5.

```
produtividade <= -1
  saldo <= 1: fiscal (52.0/24.0)
  saldo > 1: prefeito (4.0)
produtividade > -1: agricultor (140.0/56.0)
```

Figura 78: Árvore de decisão gerada no cenário 1.

Os Cenários C5 e C22, geraram as mesmas árvores.



Figura 79: Árvore de decisão gerada no cenário 3.

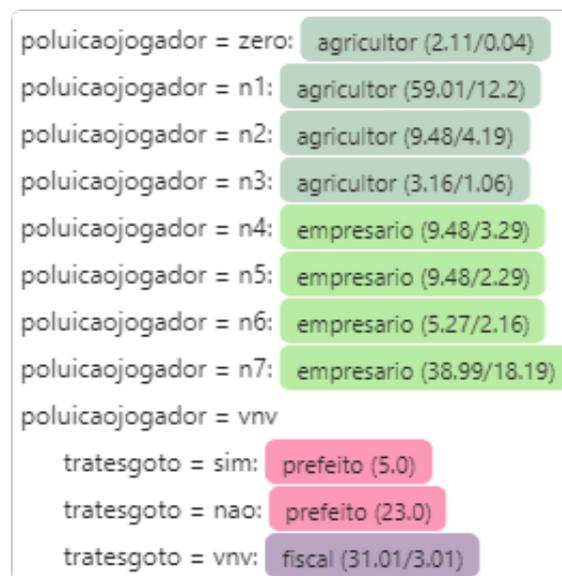


Figura 80: Árvore de decisão gerada no cenário 4.

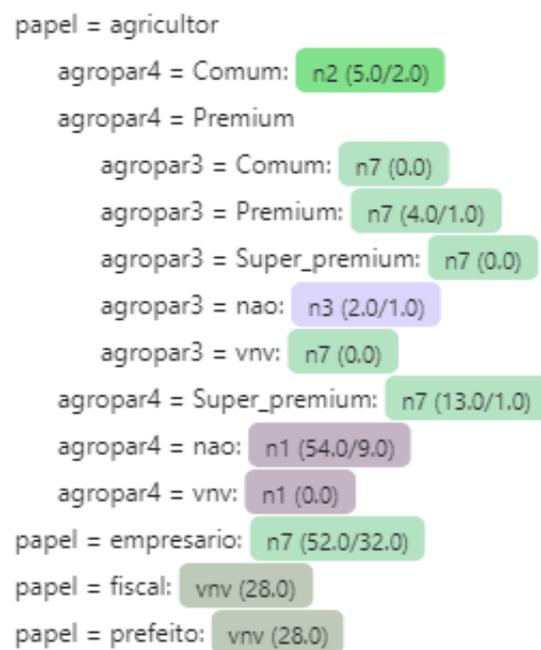


Figura 81: Árvores de decisão gerada no cenário 5 e Cenário 22.

```

papel = agricultor
  agropar5 = Comum: n2 (4.0/2.0)
  agropar5 = Premium: n4 (2.0/1.0)
  agropar5 = Super_premium: n7 (13.0)
  agropar5 = nao
    agropar3 = Comum: n2 (1.0)
    agropar3 = Premium: n7 (3.0/1.0)
    agropar3 = Super_premium: n4 (1.0)
    agropar3 = nao
      vagropar4 = baixo: n2 (1.0)
      vagropar4 = normal: n2 (2.0/1.0)
      vagropar4 = alto: n1 (0.0)
      vagropar4 = nao
        agropar6 = Comum: n1 (0.0)
        agropar6 = Premium: n1 (0.0)
        agropar6 = Super_premium: n3 (2.0/1.0)
        agropar6 = nao: n1 (49.0/4.0)
        agropar6 = vnv: n1 (0.0)
      vagropar4 = vnv: n1 (0.0)
    agropar3 = vnv: n1 (0.0)
  agropar5 = vnv: n1 (0.0)
papel = empresario: n7 (52.0/32.0)
papel = fiscal: vnv (28.0)
papel = prefeito: vnv (28.0)

```

Figura 82: Árvore de decisão gerada no cenário 6.

```

multa = sem_multa
  papel = agricultor: n1 (71.0/26.0)
  papel = empresario: n7 (43.0/31.0)
  papel = fiscal: n1 (0.0)
  papel = prefeito: n1 (0.0)
multa = leve: n7 (3.0/1.0)
multa = media: n7 (5.0)
multa = alta: n7 (8.0)
multa = vnv: vnv (56.0)

```

Figura 83: Árvore de decisão gerada no cenário 7.

```

pulparc2 = baixo: n1 (1.0)
pulparc2 = normal: n1 (0.0)
pulparc2 = alto: n1 (0.0)
pulparc2 = nao: n1 (77.0/33.0)
pulparc2 = vnv: vnv (108.0/52.0)

```

Figura 84: Árvore de decisão gerada no cenário 8.

```

pulparc2 = baixo: n1 (1.0)
pulparc2 = normal: n1 (0.0)
pulparc2 = alto: n1 (0.0)
pulparc2 = nao: n1 (77.0/33.0)
pulparc2 = vnv: vnv (108.0/52.0)

```

Figura 85: Árvore de decisão gerada no cenário 13.

```

multa = sem_multa
  poluicaojogador = zero: agricultor (2.18/0.07)
  poluicaojogador = n1: agricultor (59.82/11.93)
  poluicaojogador = n2: agricultor (9.79/4.32)
  poluicaojogador = n3: agricultor (3.26/1.11)
  poluicaojogador = n4: empresario (9.79/3.47)
  poluicaojogador = n5: empresario (9.79/2.47)
  poluicaojogador = n6: empresario (5.44/2.26)
  poluicaojogador = n7: empresario (23.93/11.16)
  poluicaojogador = vnv: agricultor (0.0)
multa = leve: agricultor (3.0/1.0)
multa = media: empresario (5.0/2.0)
multa = alta: empresario (8.0/3.0)
multa = vnv
  aplicoumulta = sim: fiscal (14.0)
  aplicoumulta = nao: fiscal (14.0)
  aplicoumulta = vnv: prefeito (28.0)

```

Figura 86: Árvore de decisão gerada no cenário 15.

APÊNDICE C ÁRVORES DE DECISÃO: CENÁRIOS GERADOS DE FORMA AUTOMÁTICA

As Figuras de 89 a 100 representam a listagem dos resultados da mineração de dados realizada com os testes de atributos selecionados automaticamente pelo software WEKA, descritos na seção 4.2.4.

Os Cenários CA-8 e CA-10, obtidos de forma automática, geraram as mesmas árvores.

Os Cenários CA-20 e CA-22, obtidos de forma automática, geraram as mesmas árvores.

Os Cenários CA-33 e CA-34, obtidos de forma automática, geraram as mesmas árvores.

Os Cenários CA-35 e CA-37, obtidos de forma automática, geraram as mesmas árvores.

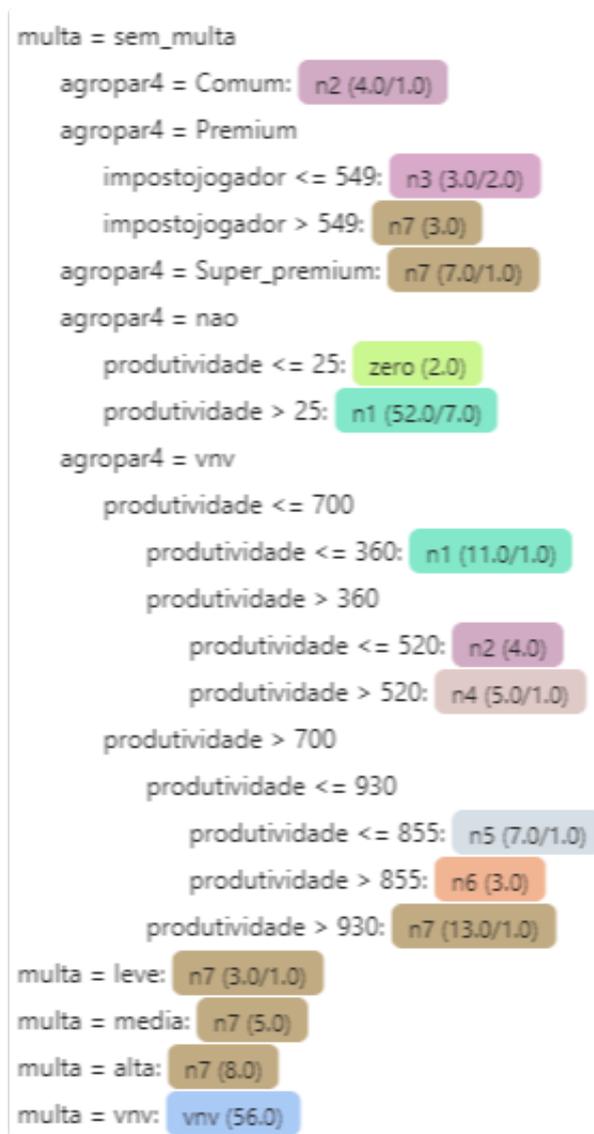


Figura 87: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-1.

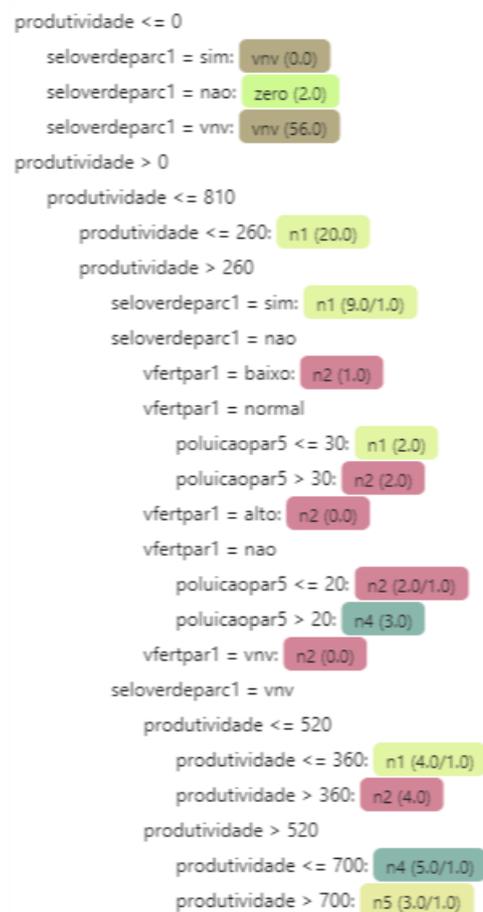


Figura 88: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-2.

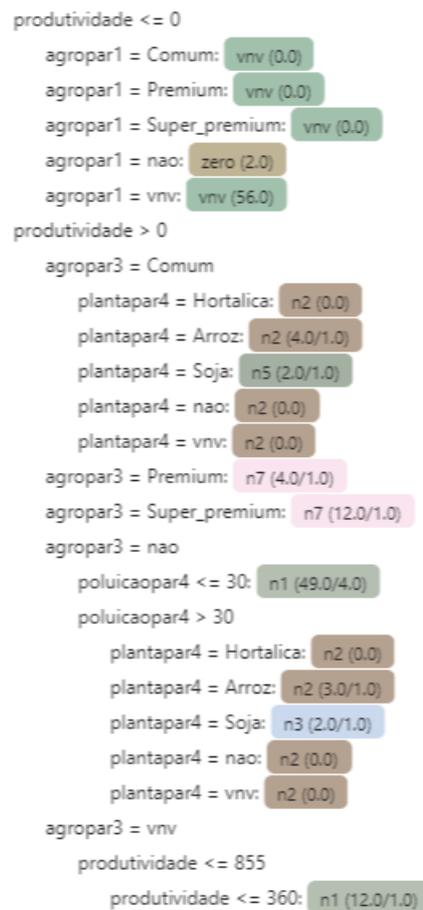


Figura 89: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-3.

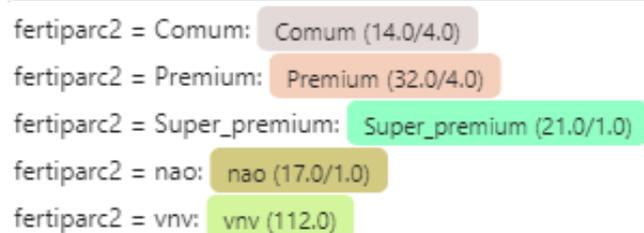


Figura 90: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-8 e CA-10.

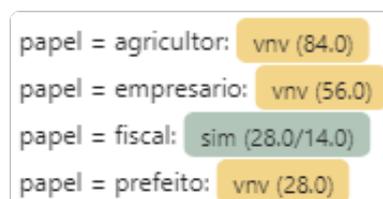


Figura 91: Cenários Automáticos CA-20 e CA-22

```

transferencia <= 0
  transferencia <= -1399.958333: vnv (5.38/0.05)
  transferencia > -1399.958333
    alteraimposto1 = baixo: sim (0,0)
    alteraimposto1 = medio: sim (0,0)
    alteraimposto1 = alto: sim (0,0)
    alteraimposto1 = nao: nao (2.29/0.29)
    alteraimposto1 = vnv: sim (25.71/11.71)
transferencia > 0: vnv (162.62/1.66)

```

Figura 92: Cenário Automático CA-21

```

papel = agricultor: sem_multa (84.0/7.0)
papel = empresario: sem_multa (56.0/9.0)
papel = fiscal: vnv (28.0)
papel = prefeito: vnv (28.0)

```

Figura 93: Cenário Automático CA-23

```

produtividade <= -1: vnv (56.0)
produtividade > -1: sem_multa (140.0/16.0)

```

Figura 94: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-25.

```

tratesgoto = sim: nao (5.0/2.0)
tratesgoto = nao
  alteraimposto1 = baixo: alto (3.0)
  alteraimposto1 = medio: nao (0.0)
  alteraimposto1 = alto: baixo (4.0/2.0)
  alteraimposto1 = nao: nao (16.0/7.0)
  alteraimposto1 = vnv: nao (0.0)
tratesgoto = vnv: vnv (168.0)

```

Figura 95: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-32.

```

tratlixo = sim: nao (9.0/3.0)
tratlixo = nao
  alteraimposto1 = baixo: alto (2.0)
  alteraimposto1 = medio: nao (0.0)
  alteraimposto1 = alto: baixo (3.0/1.0)
  alteraimposto1 = nao: nao (14.0/7.0)
  alteraimposto1 = vnv: nao (0.0)
tratlixo = vnv: vnv (168.0)

```

Figura 96: Árvores de decisão gerada no cenários Automáticos CA-33 e CA-34.

```

tratesgoto = sim: sim (5.0/2.0)
tratesgoto = nao: nao (23.0/9.0)
tratesgoto = vnv: vnv (168.0)

```

Figura 97: Árvores de decisão gerada no cenário Automático CA-35 e CA-37.

```

alteraimposto3 = baixo: sim (6.0/2.0)
alteraimposto3 = medio: nao (1.0)
alteraimposto3 = alto
  alteraimposto1 = baixo: nao (3.0)
  alteraimposto1 = medio: nao (0.0)
  alteraimposto1 = alto: nao (0.0)
  alteraimposto1 = nao: sim (4.0/1.0)
  alteraimposto1 = vnv: nao (0.0)
alteraimposto3 = nao: nao (14.0/5.0)
alteraimposto3 = vnv: vnv (168.0)

```

Figura 98: Árvore de decisão gerada no cenário Automático CA-36.