

## 7 Resultados

Neste capítulo estão discutidas as decisões adotadas para realizar a simulação das criaturas interagindo através da troca de informações. O capítulo está dividido em três seções, na primeira estão os detalhes da arquitetura das criaturas, no segundo os critérios utilizados para avaliar a simulação, e por último, as informações sobre a *interface* da aplicação.

### 7.1. Arquitetura

As referências relativas a arquitetura de inteligência artificial do *B&W* relatam basicamente as técnicas de aprendizado, mas não há muitas informações sobre o gerenciamento dos comportamentos, ou informações sobre o estado interno da criatura.

Para a arquitetura utilizada pelas criaturas, durante a simulação, foram tomadas algumas decisões levando em consideração fatores como o desempenho. Apesar da simulação não utilizar muitos recursos gráficos, se optou por minimizar os processamentos realizados pela parte de IA. E foi dada importância para as características que seriam necessárias para proporcionar a troca de informações entre as criaturas.

A implementação foi feita utilizando a linguagem de programação C++ e o paradigma Orientação a Objetos. Foram definidas classes para representar diversas partes da simulação como: Crenças, Tarefas, Diálogos, Mensagens, Desejos(*Perceptrons*), Opiniões (Árvores de Decisão), Criaturas, entre outras relativas a *interface*. O ambiente de desenvolvimento foi *Microsoft Visual C++ 6.0 Introductory Edition*. Foi utilizada a biblioteca gráfica *OpenGL* para exibir os elementos gráficos, e a biblioteca *IUP* para criar e gerenciar as janelas da aplicação.

As criaturas nesta simulação assumem a forma de naves (ver **Figura 34**) que realizam várias atividades como voar pelo cenário, analisar os objetos

encontrados no chão (ver **Figura 35**), carregar estes objetos para os depósitos que o jogador indica através das crenças, comunicar com outras naves, entre outras tarefas. Técnicas de detecção de colisão entre os objetos do cenário não foram utilizadas.

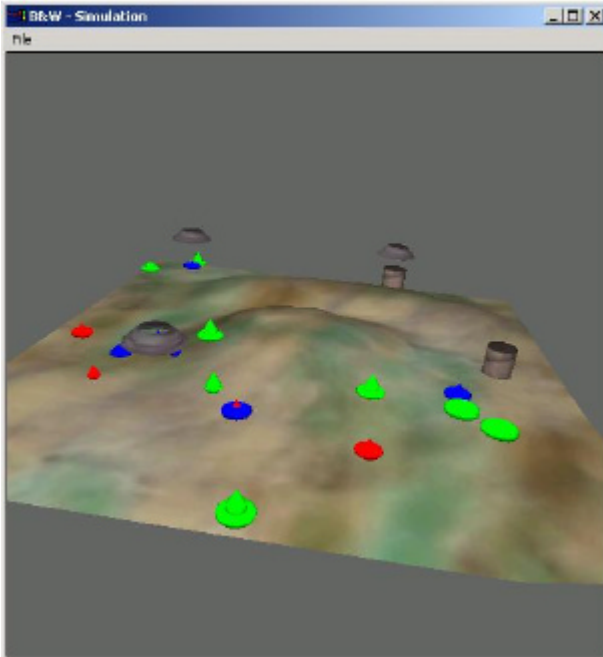


Figura 34. As criaturas na simulação têm a forma de naves.

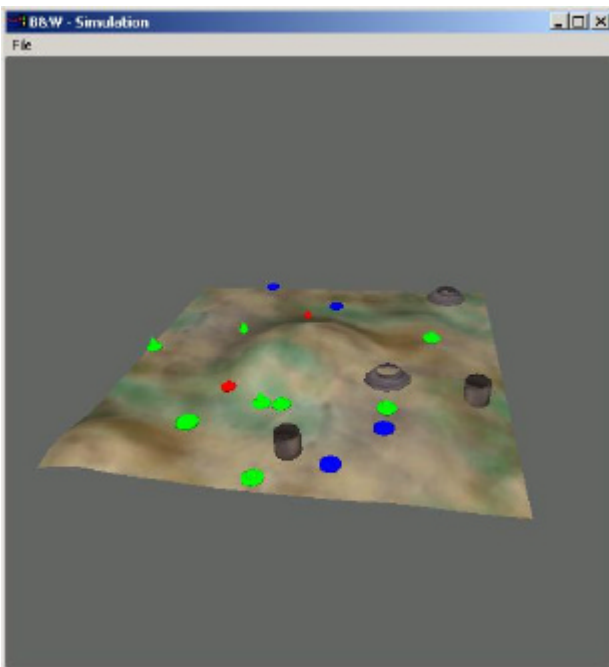


Figura 35. Os elementos com as cores vermelhas, azuis e verdes são os objetos que as criaturas analisam.

Para realizar esta simulação, possibilitando a utilização de mais de uma criatura, parte-se do pressuposto de tornar a arquitetura menos custosa, não necessariamente tornando-a “menos cognitiva”, pois o processo deliberativo continua praticamente o mesmo. Mas são diminuídos os números de desejos disponíveis e o ambiente é bem simplificado não oferecendo a criação de diversos tipos de crenças.

O ambiente virtual desta simulação consiste basicamente de uma representação de uma rede de pontos de navegação interligados, permitindo que os cálculos para determinar caminhos das criaturas se limitem a estes pontos (ver **Figura 36**). O cálculo de caminhos é realizado utilizando o algoritmo A\* (Stout, 2000), bastante utilizado em jogos atualmente. Esta rede de pontos de navegação está inserida em um terreno gerado a partir de um mapa de altura (*heightmap*). Neste ambiente podem ser inseridos objetos; estes objetos são avaliados pelas criaturas em relação ao grau de quão comestíveis eles são. E há também a possibilidade da inserção das criaturas no ambiente. Também é possível inserir “depósitos”, que são lugares onde os objetos dos cenários podem ser colocados. Estes depósitos fazem parte da atividade que o jogador quer que as criaturas façam, ou seja, levar objetos de vez em quando para estes depósitos.

Uma vez inseridos todos esses elementos, pode-se dar início à simulação, mas também há a possibilidade da inserção desses elementos em tempo real, durante a execução da simulação. A aplicação oferece informações dos dados internos das criaturas durante a simulação para verificar o porquê das atividades correntes das mesmas.

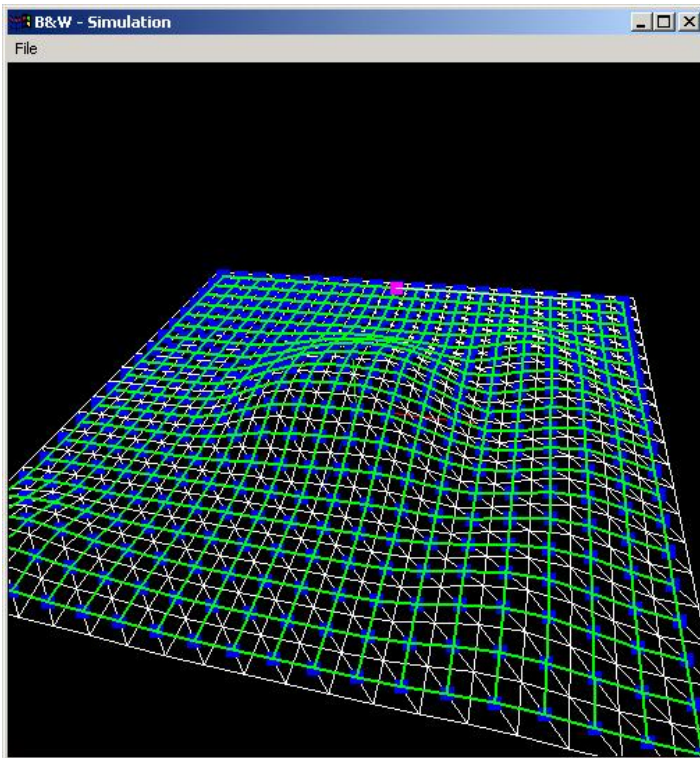


Figura 36. Rede de pontos de navegação interligados.

Basicamente, a interação entre as criaturas vai se limitar às trocas de informações relativas sobre os objetos do ambiente, ou sobre os “comandos” que o mestre quer que sejam feitos. Nesta situação o mestre é o jogador, ou mais apropriadamente a pessoa que está observando a simulação, pois não é o objetivo do trabalho querer reproduzir a interação, entre jogador e criatura, apresentada no jogo *B&W*, a qual apresenta uma complexidade elevada. Os “comandos” dados pelo mestre referem-se ao deslocamento de objetos do cenário para lugares específicos indicados pelo mestre. A realização desses “comandos”, por parte das criaturas, simboliza um desejo importante para elas pois estão satisfazendo uma “pedido” do mestre.

Cada criatura apresenta o seguinte ciclo de procedimentos durante cada frame. Cada criatura é executada seqüencialmente seguindo o ciclo a seguir (não há processamento paralelo):

- Atualiza a visão para verificar a existência de objetos e outras criaturas no campo de visão. Esta atualização é feita em um intervalo de tempo determinado;
- Verifica se há mensagens recebidas. Caso haja, ativa um desejo indicando que há alguém perguntando algo. Tornar ativo este desejo,

não significa necessariamente que ele será a próxima intenção da criatura;

- Atualiza as variáveis do estado interno da criatura e verifica se há algum desejo que em função dessa atualização precisa ser ativado;
- Cria uma lista de desejos que estão ativos;
- Verifica se há alguma intenção sendo executada. Senão houver, é iniciado o processo de determinar uma, avaliando a lista de desejos ativos, crenças e opiniões. Se já houver uma intenção, não é feito nada. Se não houver desejos na lista de desejos ativos, é escolhida uma atividade para a criatura ficar fazendo, por exemplo, ficar voando pelo cenário;
- Se uma intenção é determinada no passo anterior, é feita a escolha de uma tarefa para realizá-la. Caso já haja uma intenção e uma tarefa sendo realizada, não é feito nada.
- Executa-se a tarefa referente à intenção corrente;

Na **Figura 37** há uma ilustração da arquitetura utilizada na implementação. Ao longo do capítulo serão explicados os componentes da arquitetura.

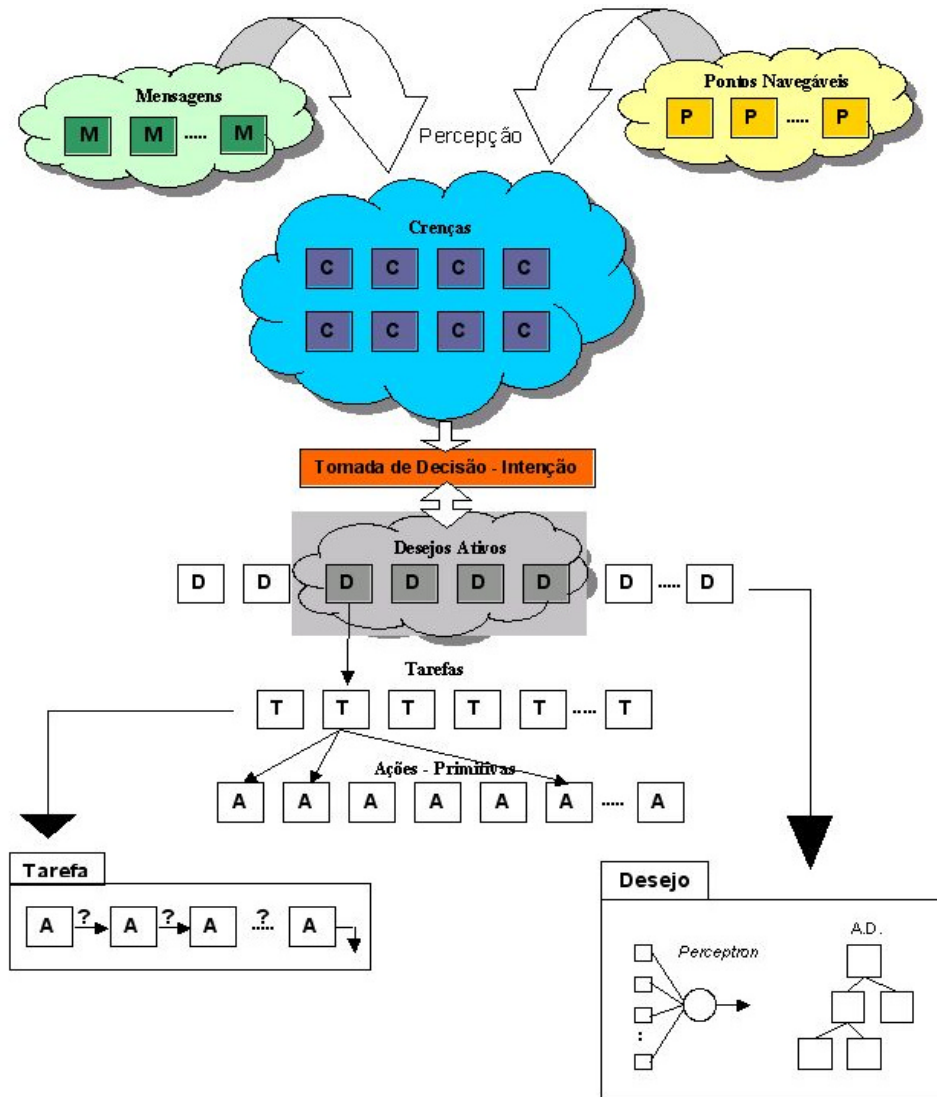


Figura 37. Esquema da arquitetura implementada.

A criatura possui uma percepção do ambiente que fica responsável por detectar os objetos e outras criaturas que estão no campo de visão. As informações sobre esta percepção são extraídas analisando uma lista de pontos de navegação que estão dentro do campo de visão da criatura (ver **Figura 38**). Esta detecção não é feita a cada quadro, pois foi percebido que havia um gasto desnecessário de processamento quando se fazia esta atualização seguindo este critério. Isto se justifica por não ocorrerem muitas mudanças significativas na disposição dos objetos no mundo, ou seja, a grande parte dos objetos do ambiente é estática. Esta coerência temporal na disposição destes objetos, se tornou o motivo por fazer uma atualização a cada meio segundo. Mas, às vezes, esta atualização ultrapassa este intervalo de tempo especificado, por exemplo, havendo um número muito grande

de criaturas no ambiente, pode ocorrer que o tempo entre as atualizações de uma criatura entre dois quadros consecutivos seja maior que o tempo de atualização da visão.

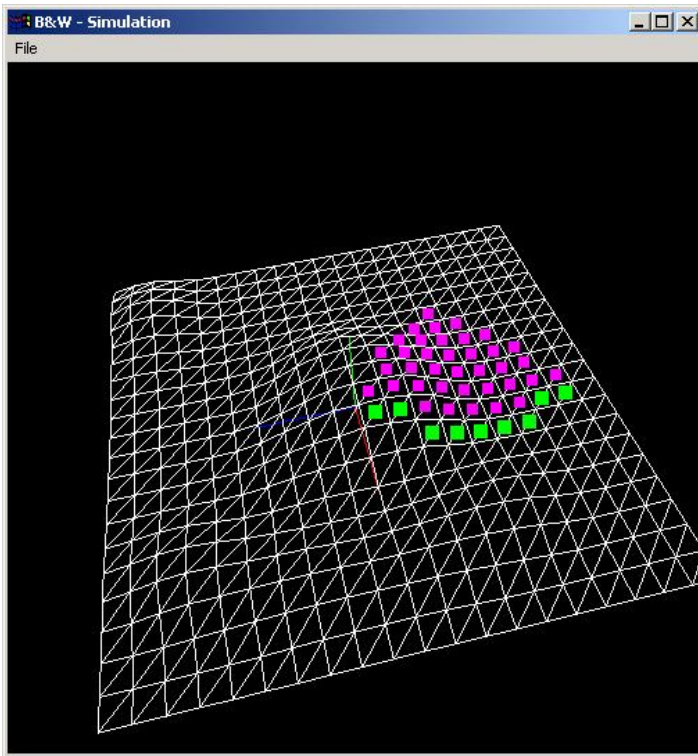


Figura 38. Pontos de navegação dentro do campo de visão de uma criatura.

As criaturas constituídas pela arquitetura de inteligência artificial do *B&W* utilizam basicamente as seguintes formas de aprendizado: a primeira utilizando Árvores de Decisão; a segunda usando *perceptrons*; e por último, uma outra forma manifestada quando o jogador ensina tarefas para criatura, mas esta nada mais é do que um *'hardcopy'*, ou seja, uma cópia das ações do jogador. Há também o artifício do aprendizado por empatia apresentado no *B&W*, mas este não chega a ser considerado como uma técnica com enfoque científico. Como o objetivo do trabalho está na interação entre as criaturas através da troca de informações, foram priorizados os aspectos relevantes para esta interação. A utilização dos *perceptrons* está mais ligada a uma conveniência do jogador em querer moldar a personalidade da criatura, do que com algo que produza informação para que haja comunicação. Ao contrário da utilização das Árvores de Decisão, que fornecem algo informativo, pois representam experiências das criaturas, que servirão como respostas para eventuais dúvidas por parte de outras criaturas. Desta forma se opta por não priorizar o aprendizado com a utilização de

*perceptrons* e nem o aprendizado por empatia. Além do mais, para ambos serem utilizados satisfatoriamente, é necessária a utilização de várias formas de interação com criaturas através do ambiente gráfico, o que não é bem o foco deste trabalho.

A forma de aprendizado em que o jogador ensina a criatura a fazer determinadas tarefas está reduzida a uma forma simples, simbolizada pela inserção de uma crença por parte do jogador, de forma direta, no estado interno da criatura. Esta crença refere-se a um comando que o jogador quer que a criatura faça e cada vez que a criatura o fizer, vai se sentir bem. Este comando consiste na criatura pegar objetos e levá-los para um determinado depósito do cenário (ver **Figura 39**), o lugar deste depósito é especificado na crença em que o jogador especifica para inserir na criatura. A informação sobre estes comandos também é utilizada como tema de diálogos, pois as criaturas têm a necessidade de “atenção” do jogador e para que elas tenham esta atenção é preciso que façam estes comandos do mestre. Uma criatura que está precisando de atenção, mas não tem nenhuma crença sobre nenhum comando do mestre, vai procurar outras criaturas para questionar a existência de alguma.

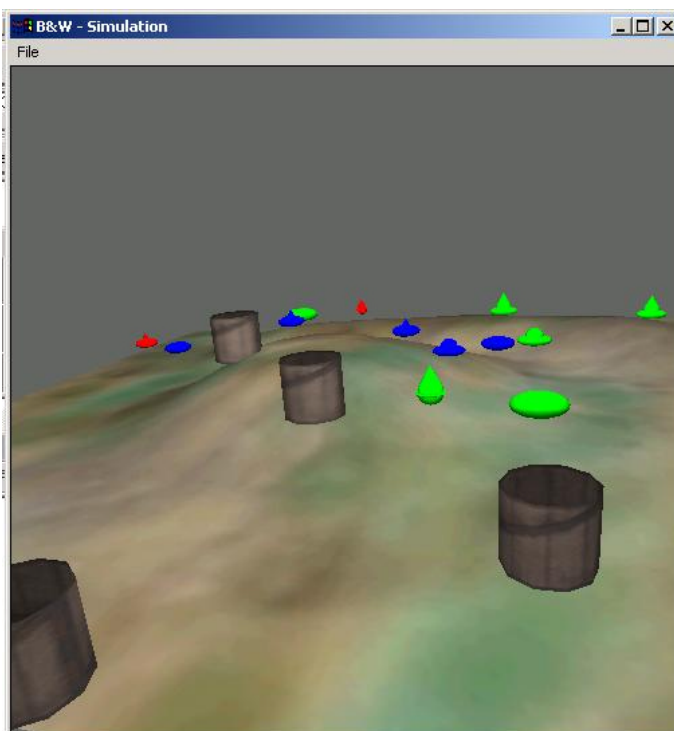


Figura 39. Os depósitos são representados por cilindros.



Nas subseções seguintes são apresentadas decisões adotadas sobre os componentes mais específicos da arquitetura.

### 7.1.1. Crenças

As crenças são representadas por uma lista encadeada de objetos instanciados da classe Crença. Nesta classe podem ser representados três tipos de crenças:

- crenças sobre objetos do mundo. Há informações sobre a localização dos objetos, assim como uma avaliação indicando o quão “bom” o objeto é para comer;
- crenças sobre criaturas do mundo. Há informações sobre a localização das criaturas e também uma avaliação indicando o nível de confiabilidade das criaturas;
- crenças sobre comandos do mestre. Há as informações sobre onde devem ser levados os objetos e o nível de atenção dado pelo mestre por este comando;

As crenças nesta simulação não estão respeitando totalmente a condição da *Epistemic Verisimilitude*, que indica que as crenças sobre os objetos precisam ser estabelecidas através da percepção do objeto pelo agente. Isto é justificado pela existência de comunicação na simulação, possibilitando que uma criatura A informe uma outra B sobre a existência de um objeto particular *O*, sem que B tenha visto *O*. Mas esta informação transmitida não pode ser considerada totalmente verdadeira, pois pode ocorrer que o objeto (foco da informação) não exista mais no mundo.

Nas crenças sobre os objetos, esta avaliação sobre o quão “bom” um objeto é para comer é estipulada utilizando a árvore de decisão que contém as informações sobre as experiências que a criatura teve quando comeu objetos. E nas crenças sobre criaturas, este nível de confiança, nada mais é do que uma variável que contém valores entre 0.0 e 1.0. Normalmente ela contém o valor 1.0, indicando que a criatura referenciada na crença é confiável naquele momento, e desta forma pode ser feita uma pergunta para ela. Se o valor for inferior a 1.0, está indicado que não é apropriado fazer um questionamento, neste momento, para a

criatura. Quando o valor está inferior a 1.0, com o passar do tempo, este valor vai crescendo até atingir 1.0 novamente. Este valor de confiança foi criado para simular um “desapontamento temporário” que tem início quando uma criatura A pergunta algo para outra criatura B, mas B não sabe a resposta. Então A fica “desapontada” com B durante o tempo em que o valor de confiança permanece inferior ao valor 1.0. Durante este tempo A não faz pergunta alguma para B.

### 7.1.2. Desejos

A criatura é composta por 9 desejos:

- Fome
- Defecar
- Dormir
- Agradar o Mestre para ter Atenção
- Curiosidade
- Perguntar – Iniciar um Dialogo
- Responder – Dar atenção

A criatura é composta por várias variáveis que representam o estado interno da criatura. Por exemplo, há uma variável indicando a energia da criatura, outras indicando cansaço, digestão, falta de atenção do mestre e o quanto entediada está a criatura. Estas variáveis internas são as fontes de influências utilizadas para compor os *perceptrons* que representam os desejos.

Há um desejo, desejo da Fome, que é satisfeito utilizando objetos, e há o que precisa de alguma criatura, como o desejo relativo a questão de iniciar um diálogo. E outros que não necessitam de nada externo, como o Defecar e Dormir.

Os Desejos Perguntar e Responder apesar de apresentarem-se como objetivos ou mais precisamente ações, neste trabalho foram adotados como desejos. Pois são ações que somente são ativadas mediante a presença de uma crença que indique a presença de uma criatura confiável no ambiente.

Um dos desejos mais importantes é o da “Curiosidade”. Ele é responsável por dar início à criação das crenças. Este processo de criação inicia quando uma criatura está curiosa, esta curiosidade é ativada por duas fontes de influência: se a

criatura está meio chateada e se há algo no campo de visão dela. Uma vez ativado o desejo, a criatura escolhe algum objeto  $O$  aleatoriamente do campo de visão dela, mas é preciso que não exista uma crença a respeito de  $O$ . Em seguida é criada a crença. Este processo é finalizado quando a criatura vai até o objeto e faz uma análise sobre o quanto bom ela acha que esse objeto é comestível. Como mencionado anteriormente, esta análise só pode ser feita se houver a existência de uma opinião baseada em experiências passadas. Caso não haja uma opinião ela atribui um valor que indica dúvida sobre o objeto. Este valor dúvida é um dos impulsionadores para a criatura querer iniciar uma conversa com outra. Ela também pode criar crenças sobre criaturas, seguindo o mesmo processo, mas com exceção da parte relativa a análise.

### 7.1.3. Ações e Tarefas

Nesta implementação há um conjunto de ações primitivas:

- **Andar para um lugar X:** Faz com que a criatura ande do lugar que ela está para o lugar X determinado;
- **Pegar algo:** A criatura pega alguma coisa que está sendo especificado em alguma crença;
- **Comer:** Comi alguma coisa;
- **Dormir:** Dormi;
- **Defecar:** Defeca;
- **Falar com alguém:** Fala com alguém que está referenciado em uma crença;
- **Analisar:** Analisa algum objeto, para determinar algum valor, este valor só pode ser determinado se a criatura tiver alguma opinião formada;
- **Passear:** A criatura fica andando pelo cenário;
- **Colocar algo no chão:** Colocar algum objeto no chão;

Para cada desejo há uma tarefa definida para realizá-lo, esta é a única forma de realizá-lo. Estas tarefas são compostas por um conjunto de ações primitivas que devem ser executadas sequencialmente. Por exemplo, para o desejo “Fome”,

há uma tarefa composta pelas ações: “Andar para um lugar X”, “Pegar algo” e “Comer”. Durante a execução de cada ação, há testes para verificar se ainda é válido continuar a execução da tarefa.

Durante a execução das tarefas há um tempo determinado para algumas delas. Por exemplo, no desejo “Defecar” é realizada a tarefa composta somente pela ação “Defecar”, nesta ação há um tempo de espera de três segundos. Este desejo é satisfeito atribuindo-se o valor zero para uma variável de controle responsável pela intensidade do mesmo ao longo do tempo, ou seja, este desejo poderia ser satisfeito em um quadro. Mas para efeito comportamental, espera-se um tempo determinado, neste caso três segundos, e depois se determina outra intenção.

#### **7.1.4. Intenções**

No cálculo da função utilidade de um plano no *B&W* (ver Capítulo 5) há uma referência explícita para à utilização do valor da opinião sobre um objeto para saber se ele é apropriado para a satisfazer o desejo, ou seja, os desejos disponíveis são satisfeitos se há algum objeto adequado para satisfazê-lo. Na simulação deste trabalho este valor da opinião é atribuído na crença no momento em que a criatura cria a crença sobre o objeto fazendo uma análise do mesmo utilizando a opinião que ela tem. Caso ela não tenha uma opinião no momento, atribui-se um valor nulo, e quando for formada uma opinião atribui-se o valor adequada às crenças que estão sem valor. Desta forma, se evita ficar fazendo buscas de valores na estrutura de opiniões sobre valores para objetos a cada vez que for feita a escolha de uma intenção.

Uma vez determinado o desejo que vai ser eleito como uma intenção, e é dado início à execução da tarefa relativa ao processo para satisfazer esta intenção, não há como interromper este desejo, para realizar um outro. É preciso esperar a realização do mesmo, ou que ele seja cancelado pela criatura por falta de algo para concluí-lo. Apesar de não ser uma forma muito realista de comportamento, ele proporciona um desempenho razoável por não realizar cálculos para refazer um plano, o que seria muito custoso computacionalmente para uma aplicação em tempo real. Por exemplo, se a criatura ficar com fome, e ela tem uma crença que

indica a existência de um objeto comestível em um lugar específico, então ela elege o desejo de “Fome” como a intenção corrente, e vai até o objeto que está especificado na crença dela. Mas se ela chegar no lugar onde deveria está o objeto, e não encontrar nada, então há um cancelamento deste desejo. Isto foi uma decisão adotada no trabalho, talvez sem vínculo com o jogo *B&W*, pois não é esclarecido nas fontes bibliográficas se isto é feito.

Uma vez escolhida a intenção, durante a escolha da tarefa para esta intenção, pode ocorrer a ativação de outros desejos. Por exemplo, se a criatura está com fome, mas não tem nenhuma crença sobre nenhum objeto comestível, durante a escolha da tarefa, pode ser ativado o desejo de falar com outra criatura, para tentar estabelecer algum questionamento sobre a existência de algum objeto para comer. Lembrando que ativar um desejo significa somente que ele vai estar na lista de desejos ativos na próxima vez que for feito o processo de escolha de uma intenção.

#### **7.1.5. Opiniões**

Na literatura referente a arquitetura do *B&W* não é relatado de forma explícita quando se inicia a construção das opiniões e muito menos como são feitas atualizações. Nesta simulação, o uso de árvores de decisão é feito somente na opinião do desejo “Fome”, onde são armazenadas as experiências sobre os objetos que foram comidos. Foi decidido que as criaturas iriam construir uma árvore de decisão após um número determinado de experiências, por exemplo, após ter comido 5 objetos. O fato de reconstruir uma árvore de decisão a cada experiência teria um custo elevado, pois pode não haver uma única criatura no ambiente, mas a possibilidade de várias. Foi utilizado o algoritmo ID3 para a construção da árvore de decisão.

#### **7.1.6. Diálogos - Conversação**

O protocolo de conversação criado neste trabalho foi inspirado na linguagem KQML, ver Capítulo 6. As mensagens tem uma estrutura similar as mensagens KQML, contendo os seguintes elementos definidos no Quadro 3.

<pre> Message {     Speech Act : Ato de fala que representa a mensagem     Sender : Identificador do remetente     Receiver : Identificador do destinatário     ReplyTo : Identificador da Mensagem utilizado durante a conversa     ReplyWith : Identificador da Mensagem utilizado durante a conversa     Time : Tempo que foi enviada a mensagem;     Content : Indica o qual o conteúdo da mensagem que está relacionado               com o ato de fala     ContentData : Algum dado anexado que poderá ser utilizado . } </pre>
---

Quadro 3. Estrutura das mensagens utilizadas na simulação.

Da mesma forma que os agentes que estão de acordo com a KQML não precisam reconhecer todas as mensagens, pois apenas um pequeno subconjunto pode ser suficiente para um determinado sistema multiagente, neste trabalho também foi adotado um número pequeno de atos de fala, os atos escolhidos foram inspirados nas performativas da linguagem KQML:

- **Ask\_If:** O agente quer saber se o conteúdo está na base de conhecimento;
- **Tell:** O agente confirma que o conteúdo está na base de conhecimento dele;
- **Untell:** O agente confirma que o conteúdo não está na base de conhecimento dele;
- **Sorry:** O agente não tem uma resposta significativa;

Os conteúdos das mensagens não estão especificados em linguagens como Prolog ou Lisp, como é possível na KQML. A decisão por não optar por esta alternativa foi baseada no fato de evitar gasto de tempo de processamento utilizando uma linguagem para interpretar questionamentos. Foi decidido que o conteúdo armazenaria identificadores de questionamentos, e cada criatura teria um método correspondente a um identificador deste tipo, para responder aos questionamentos. Por exemplo, no **Quadro 4** está um exemplo de uma mensagem que inicia o questionamento relacionado ao desejo “Fome”.

```
Message
{
    Speech Act : Ask If
    Sender : CREATURE_A
    Receiver : CREATURE_B
    ReplyTo : None
    ReplyWith : 100
    Time : 34
    Content : HAS_AN_OBJ
    ContentData : None
}
```

Quadro 4. Exemplo de mensagem.

Nesta mensagem, a criatura identificada pelo identificador `CREATURE_A`, pergunta para a criatura `CREATURE_B`, utilizando o ato de fala “Ask\_If” com o conteúdo identificado por `HAS_AN_OBJ`. Este conteúdo indica que `CREATURE_B` deve utilizar o método associado a este identificador para responder a mensagem. O campo “ContentData” está sendo inutilizado, mas provavelmente, se `CREATURE_B` responder a esta pergunta com uma resposta sobre algum objeto, será utilizado nesta mensagem de resposta, o campo “ContentData” contendo uma crença sobre algum objeto.

Foram definidos três identificadores para os conteúdos que estão relacionados com as perguntas:

- **HAS\_AN\_OBJ:** Identifica o método que vai procurar por alguma crença que esteja relacionada com um objeto que seja bom para comer.
- **HAS\_AN\_MC:** Identifica o método que vai procurar por alguma crença que esteja relacionada com um comando que o mestre quer que seja feito.
- **OBJ\_HAS\_A\_GOOD\_FEEDBACK:** Identifica o método que vai avaliar um objeto identificado em uma crença passada por parâmetro durante a conversa. Esta avaliação vai consistir em atribuir um grau de quão bom o objeto é para comer, utilizando a opinião do desejo Fome.

A incorporação do ato de conversar para estas criaturas foi concebida adicionando os desejos “Perguntar – Iniciar Diálogo” e “Responder – Dar atenção”. A divisão do ato de falar nestes dois desejos foi feita para indicar um

desejo de participação ativa (através de perguntas) no diálogo, e outro de participação passiva (através de respostas). Quando uma criatura A decide perguntar para outra criatura B algo, é feita uma consulta da crença sobre a existência de B, para saber informações sobre a localização de B, na última vez que foi vista por A. Em seguida, A vai até onde ele acha que B está, e verifica se ele está nesta área, se B estiver, ele envia uma mensagem para tentar iniciar um diálogo. Vai depender de B se o diálogo vai ter andamento ou não. De qualquer forma, B sempre vai receber a mensagem, mas se ele estiver satisfazendo algum desejo, ele não vai parar para responder, mas vai saber que algo foi perguntado para ele, pois será ativado o desejo de responder. No próximo processo para determinar qual a intenção corrente de B, se o desejo de responder for escolhido, então ele poderá dar prosseguimento ao diálogo iniciado por A. Mas vale ressaltar que A tem um tempo de tolerância para esperar pela resposta de B, se este tempo for ultrapassado, o diálogo é abortado e A irá fazer outra atividade.

O modelo de conversação adotado neste trabalho está baseado no trabalho de Flores (Smith e Cohen, 1995, p.9)(Terry e Flores, 1988), que utiliza máquinas de estado finitas para representar os estados e atos de fala possíveis durante uma conversação. Foram criados dois grafos para representar as três situações possíveis de diálogo durante a simulação:

- **Diálogo 1:** Utilizado para o questionamento da existência de algum comando do mestre. Representado na Figura 40;
- **Diálogo 2:** Utilizado para o questionamento da existência de algum objeto para comer. Representado na Figura 40;
- **Diálogo 3:** Utilizado para questionar se um determinado objeto é comestível. Representado na Figura 41.



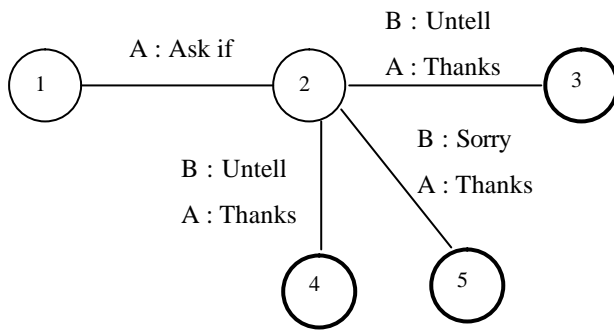


Figura 40. Representação esquemática do diálogo 1.

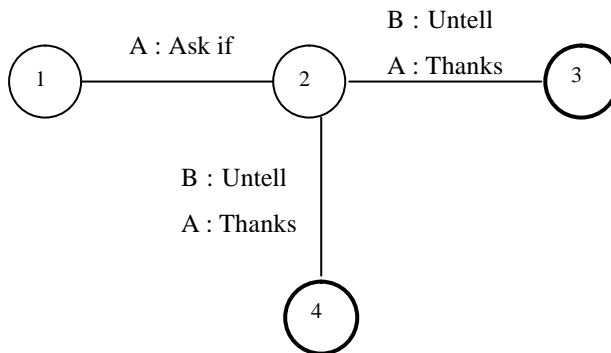


Figura 41. Representação esquemática do diálogo 3.

## 7.2. Critérios de Avaliação

Para fazer a avaliação da simulação é adotado como critério o número de informações trocadas durante um intervalo de tempo, verificando assim se todas as criaturas do cenário são capazes de ter conhecimento sobre algum comando dado pelo mestre, ou se elas realizam alguma troca de informação sobre os objetos do cenário. Como a aplicação tem o objetivo de gerar uma simulação que necessita ser observada, foram feitos testes com alguns usuários para obter opiniões sobre a simulação. Nos testes são criados cenários com um número fixo de objetos para serem analisados, coletados ou comidos, e no início das simulações apenas uma das criaturas tem conhecimento sobre algum comando do mestre. Há também dados coletados indicando o número de diálogos sem sucesso em um determinado tempo com um número determinado de criaturas no cenário. A seguir estão as tabelas indicando os valores coletados durante os testes.

Tempo em minutos	Número de Criaturas	Número de Diálogos	Diálogos sobre CM	Diálogos sobre Objetos
20	2	2	1	1
20	3	4	2	2
20	4	4	3	1
20	5	7	3	4
40	2	3	1	2
40	3	7	2	5
40	4	10	3	7
40	5	17	4	13

Tabela 7. Dados sobre o número de diálogos em relação à quantidade de criaturas no cenário em um determinado tempo.

Tempo em minutos	Número de Criaturas	Número de Diálogos Abortados
20	3	5
20	4	9
20	5	14
40	3	11
40	4	18
40	5	27

Tabela 8. Dados sobre o número de diálogos sem sucesso.

Apesar dos dados coletados nas simulações ainda há a ocorrência de situações fora da avaliação indicada na **Tabela 7**, como a ocorrência de intervalos de tempo bem elevados sem haver diálogos. Mas fica evidente que quanto maior o número de criaturas mais chances de diálogos surgem.

É evidente um número de tentativas de diálogos sem sucesso (ver **Tabela 8**), isto é justificado pelo fato de se ter feito a escolha por restringir a atenção das criaturas quando estas estão satisfazendo seus desejos. Durante a execução das tarefas, elas ignoram eventos externos temporariamente, reduzindo assim as oportunidades de trocas de informações. Ou seja, muitas vezes uma criatura A que

quer iniciar um diálogo com uma outra B (que está realizando um desejo), aborta esta iniciativa por esperar muito tempo até B resolver dar atenção.

Durante as simulações surgem algumas situações onde o número de diálogos tende a crescer, por exemplo, quando todas as criaturas estão com fome mas não há nenhum objeto no cenário, desta forma, elas tendem a questionar umas as outras sobre a existência de objetos. Durante a simulação também podem ocorrer a morte de algumas criaturas por fome devido a falta de objetos no cenário.

Os testes com os usuários evidenciaram uma boa satisfação com a simulação ressaltando que o objetivo (garantir que todas as criaturas no cenário obtiveram informações através da troca de mensagens) foi realizado com sucesso. Mas houve algumas observações a respeito da locomoção das criaturas indicando que algumas delas permaneciam em certas regiões do cenário durante muito tempo e que elas poderiam explorar outros lugares.

Como o cenário gráfico não é complexo, ou seja, não exige uma demanda de processamento elevado, a utilização de até cinco criaturas não demonstrou uma queda significativa no desempenho da aplicação visualmente.

Os testes foram realizados em uma máquina com o sistema operacional Windows 2000, utilizando um processador Pentium III, 800 MHz, 256 MB de memória RAM e com uma placa de video aceleradora GeForce III Ti.

### 7.3. Interface

A aplicação foi feita utilizando a biblioteca *Portable User Interface (IUP)*, <http://www.tecgraf.puc-rio.br/iup/>, para criar janelas e um canvas gráfico para exibir a simulação. Há várias janelas informativas: uma responsável por exibir o estado interno das criaturas (**Figura 42**), apresentando as variáveis internas, os desejos ativos, as crenças, objetos sendo percebidos no campo de visão, entre outros elementos; outra que exibe a estrutura da árvore de decisão relativa ao desejo “Fome” (**Figura 44**)(**Figura 45**); e outra que exibe as fontes de influências dos desejos (**Figura 43**). Existem também janelas que são usadas para operações, como a inserção de criaturas no ambiente, ou a inserção de objetos, ou a inserção de crenças representando os comandos do jogador.

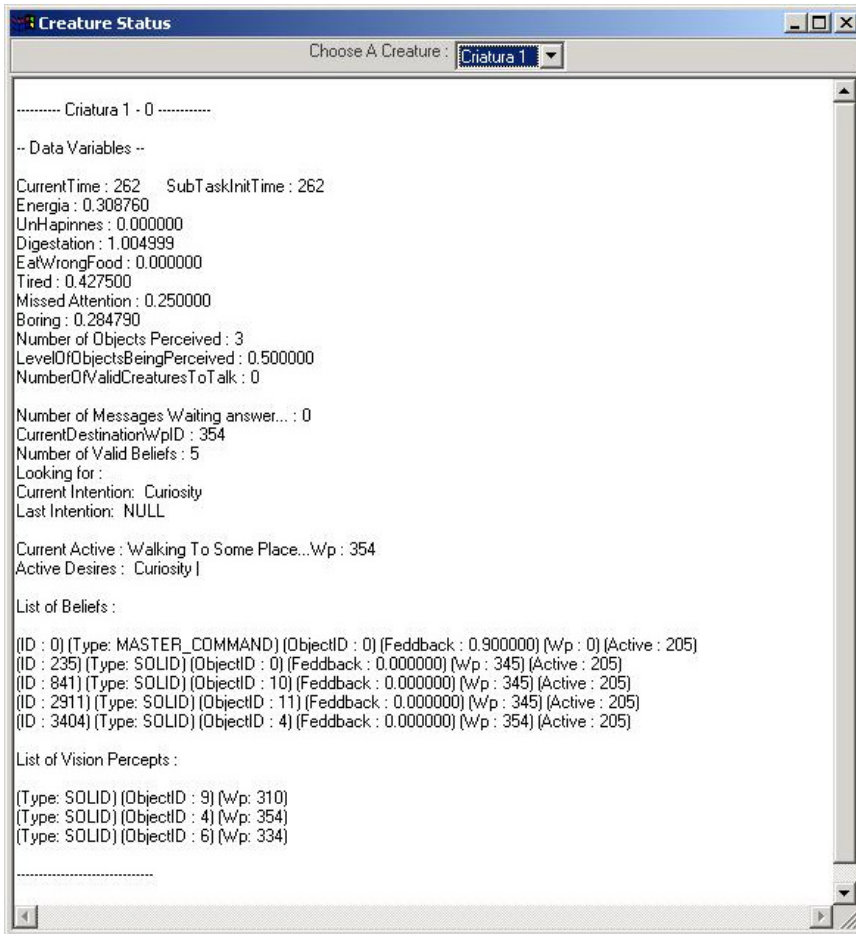


Figura 42. Diálogo com as informações sobre o estado interno das criaturas.

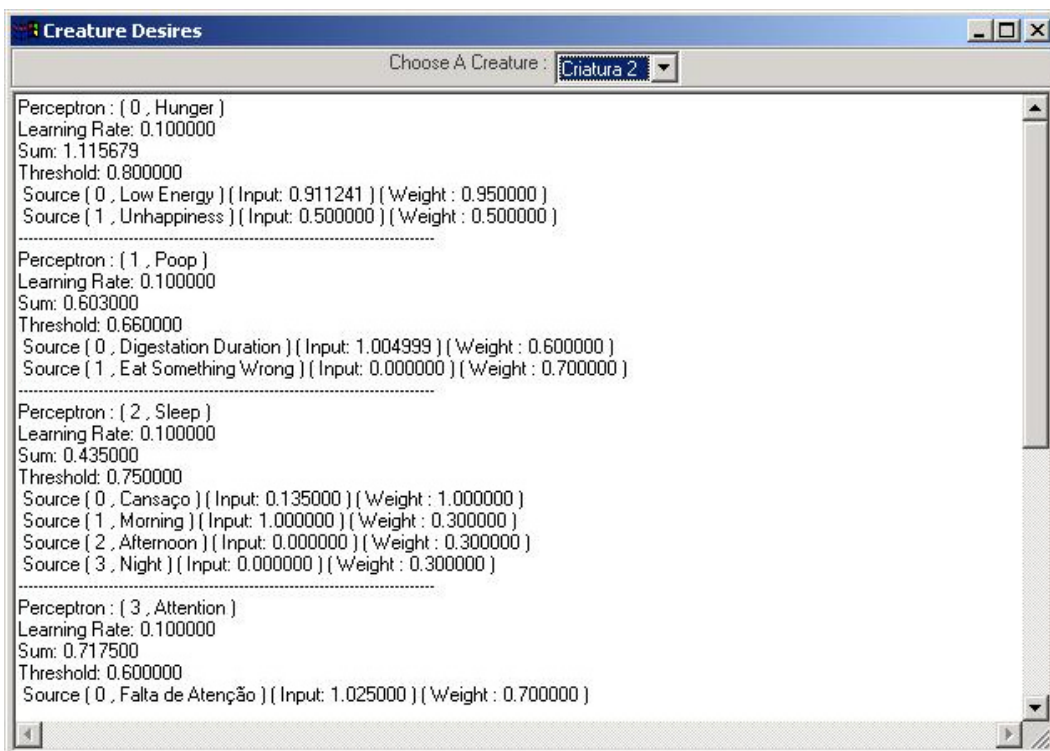


Figura 43. Diálogo com as informações sobre as fontes de influências dos desejos.

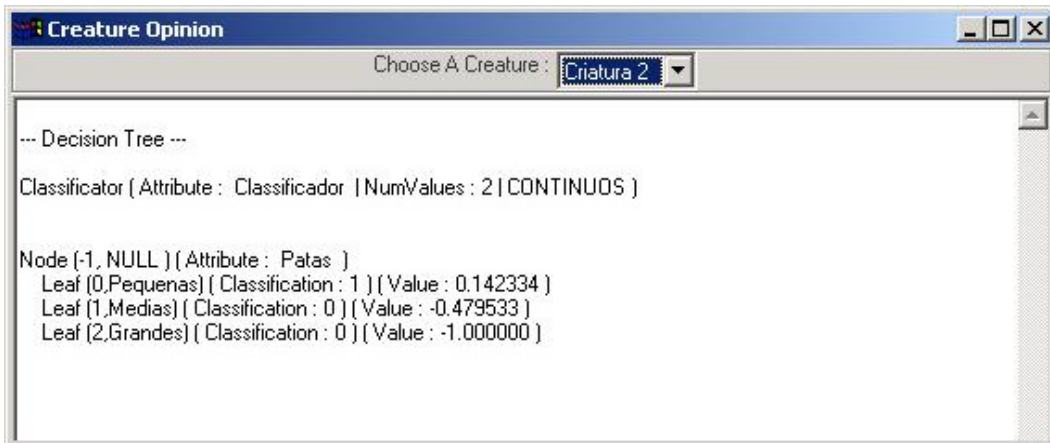


Figura 44. Diálogo contendo informações sobre a árvore de decisão construída por uma criatura.

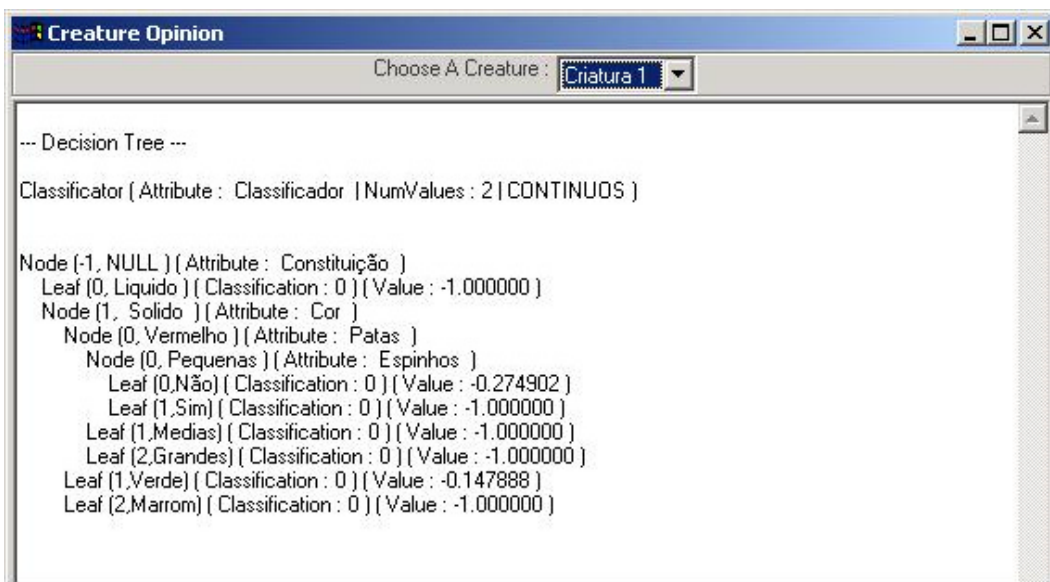


Figura 45. Outro diálogo contendo informações sobre a árvore de decisão construída por uma criatura.