

5 IA do Tipo *Black&White*

B&W é considerado um jogo de estratégia incluído no gênero de simulação. A idéia do jogo está no fato do jogador ser considerado um Deus e ter o controle do destino de um mundo. Os habitantes deste mundo fazem pedidos através de orações, estes pedidos determinam as missões que o jogador deve realizar. O jogador pode querer, ou não, ajudar os habitantes, ou ainda pode querer ser um tipo de Deus cruel ou bom (Lionhead, 2003; Johnson, 2001).

No *B&W* o jogador tem uma criatura, representada por um agente deliberativo, que vai ajudá-lo a cuidar dos seus deveres. Esta criatura é capaz de fazer várias tarefas mas é preciso que o jogador ensine. Os ensinamentos podem ser, por exemplo, ajudar os habitantes a carregar madeira, alimentos, ou protegê-los contra inimigos, entre outras ações. A criatura não é apenas um brinquedo, mas sim, um valioso ajudante, se treinado adequadamente. O jogador tem a possibilidade de escolher uma criatura entre uma variedade de criaturas com atributos distintos (Lionhead, 2003).

Esta criatura tem um comportamento similar a um animal de estimação. Isto é uma prática normalmente adotada por desenvolvedores que criam personagens sintéticos que interagem com usuários. Pois manter uma personalidade consistente, através das interações com usuários, é um aspecto muito importante. Desta forma notam-se algumas precauções, como as seguintes, neste jogo:

- foi diminuída a expectativa do usuário, com relação a criatura, para que ele não esperasse um personagem perfeito;
- não há um conhecimento prévio, por parte do usuário, sobre os comportamentos da criatura;
- as interações foram limitadas à utilização de uma comunicação simples com a criatura;
- as interações são limitadas a situações onde o personagem sabe o que fazer.

Segundo *Richard Evans*, responsável pelo departamento de desenvolvimento de Inteligência Artificial da empresa *Lionhead Studios* durante o desenvolvimento do jogo *Black&White (B&W)*, as criaturas no jogo *B&W* deveriam ter dois requisitos (Woodcock, 2001; Evans, 2001; Evans, 2002):

- ser plausíveis, maleáveis e amáveis. O jogador deveria ter a impressão de estar interagindo com uma pessoa;
- ser úteis e ajudar o jogador a realizar os objetivos dele podendo ser treinadas para servirem como valiosos ajudantes durante o jogo.

Evans menciona que a combinação destes requisitos ainda não havia sido utilizada anteriormente. Em (Evans, 2001), há uma comparação entre *B&W* e outros dois jogos, *Creatures* e *The Sims*, que também exploram o comportamento de personagens virtuais. É indicada uma diferença ao nível da concepção da idéia do sistema, explicando que nos jogos *Creatures* e *The Sims*, apesar do jogador estar sentindo interagir com agentes plausíveis, estes jogos apresentam mais características de simuladores orientados a objetivos do que propriamente jogos. Nestes jogos, o entretenimento é caracterizado pela experimentação de diversos elementos encontrados no jogo, não pelo progresso através de tarefas e desafios como é no *B&W*.

Durante todo o texto deste capítulo, sobre a arquitetura de IA utilizada no jogo *B&W* e os motivos que determinaram a elaboração da mesma, é utilizada a palavra criatura como sinônimo da palavra agente. Neste capítulo, assume-se que (Evans, 2001) e (Evans, 2002) são as principais fontes bibliográficas sobre esta arquitetura no texto; desta forma se evitam várias indicações no texto sobre as mesmas.

5.1. Arquitetura

Para que a criatura apresente um comportamento similar ao de uma pessoa são determinadas três características que esta deve ter:

- ser psicologicamente plausível;
- ser maleável;
- ser amável.

Na **Figura 25** há uma ilustração indicando como é a interação entre os elementos que compõem o modelo mental da criatura. Cada estrutura será explicada nas seções seguintes.

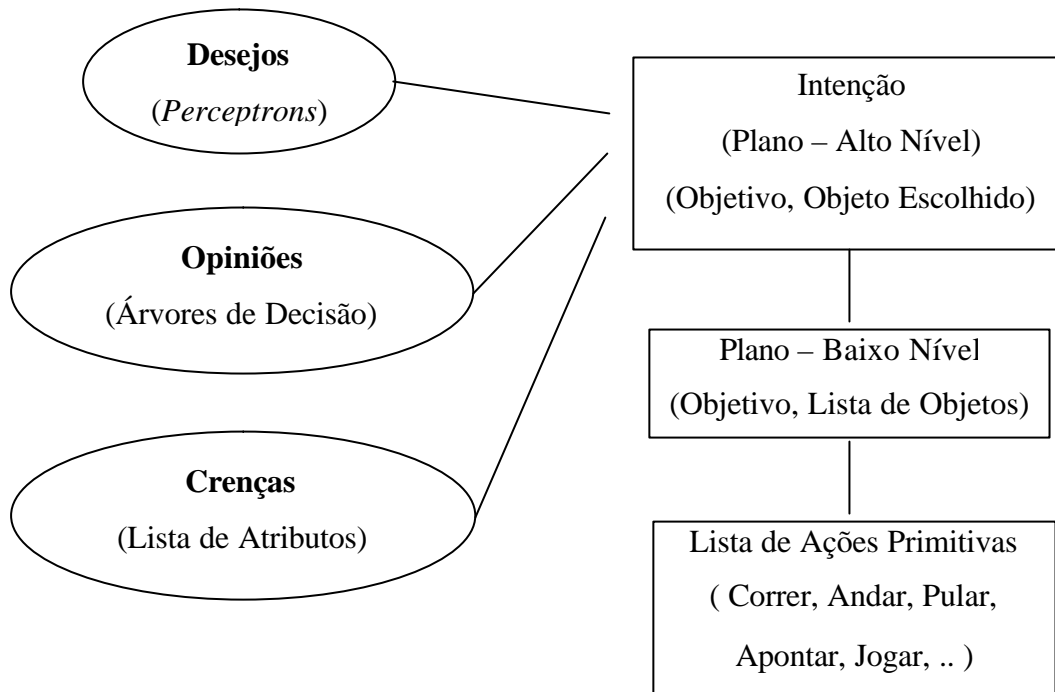


Figura 25. Esquema representativo da arquitetura de IA da criatura do jogo *B&W* (Evans, 2002).

5.1.1. Plausível

Para criar uma criatura psicologicamente plausível é adotado o modelo de arquitetura *BDI* para representar o modelo mental da criatura. Esta arquitetura é baseada no trabalho do filósofo *Michael Bratman*, que argumentava que Crenças e Desejos não são suficientes para compor uma mente. Segundo *Bratman*, é preciso mais uma categoria, Intenções, para representar os desejos que um agente se compromete com ele mesmo (Evans, 2001). Mais detalhes sobre a arquitetura *BDI* estão no Capítulo 4.

Segundo os desenvolvedores do *B&W*, deve haver uma explicação do porquê a criatura está em um determinado estado mental. Desta forma, se a criatura possui uma crença sobre um objeto, esta crença deve ser baseada na percepção do objeto em questão. Se uma criatura quer algo, deve haver uma explicação do motivo pelo qual a criatura deseja alguma coisa. Por exemplo, se

uma criatura estiver com raiva, este estado pode ter associação com o fato dela ter visto o jogador agindo de forma destrutiva, e então decidiu imitar o jogador; ou ainda, a criatura pode ter sentido raiva após ter sido ferida (Woodcock, 2001).

O motivo pela escolha desta metodologia, pelos desenvolvedores, é evitar a imposição de uma estrutura uniforme para as representações utilizadas na arquitetura e ter possibilidade de utilizar várias representações, ou seja, poder escolher qual a representação mais apropriada para cada tarefa diferente. Além das crenças, desejos e intenções, é adotada mais uma estrutura chamada Opinião. Essas estruturas são explicadas a seguir.

Crenças

Crenças são representações do mundo mantidas pela criatura, representadas por estruturas que armazenam informações sobre objetos individualmente. É importante notar que as crenças são estabelecidas seguindo a condição da *Epistemic Verisimilitude*, que indica que se um agente tem uma crença sobre um objeto, esta crença deve ter sido baseada através da percepção do objeto pelo agente. Desta forma, um agente não pode obter informação sobre um objeto “X” a menos que ele esteja visualmente conectado com “X”. No jogo, as crenças são representadas por uma estrutura de lista encadeada de pares do tipo atributo-valor.

Desejos

Desejos são objetivos que a criatura pretende satisfazer. Desejos possuem diferentes intensidades em diferentes momentos, dependendo da situação em que a criatura se encontra. Cada desejo possui diferentes fontes de influência (*desire-resources*) que contribuem para a intensidade do mesmo, ou seja, existe um número de causas associadas a cada desejo e estas podem modificar o nível de intensidade do desejo. Estas fontes são usadas como entrada para uma estrutura chamada *perceptron* (uma rede-neural simples com apenas uma camada). Cada entrada, fonte de influência do desejo, possui um peso correspondente associado, o que possibilita a existência de agentes com várias personalidades, bastando para isso, modificar o valor dos pesos. Sendo que estes pesos são modificados somente durante o jogo através das ações do jogador. Por exemplo, a criatura pode ter um

desejo “Atacar” influenciado por duas causas: Raiva e Infelicidade. Sendo que para cada causa há um peso que vai indicar o nível de importância daquela causa para ativar o desejo. Desta forma no início do jogo todos os pesos podem ser iniciados com o mesmo valor e ao longo do jogo, por exemplo, o jogador pode modificar a personalidade da criatura para que ela somente ataque alguém quando ela estiver triste.

Opiniões

As opiniões são consideradas como quantificadores universais para as crenças, ou seja, são generalizações para crenças. Por exemplo, após a criatura ter tido várias experiências comendo frutas e entre essas experiências haviam algumas relacionadas com maçãs estragadas que não fizeram bem, e as únicas frutas vermelhas que ela comeu foram essas maçãs, ela pode então construir uma opinião que indica que todas as frutas vermelhas não são boas para comer. Desta forma cada desejo possui uma opinião associada que expressa quais os tipos de objetos são mais indicados para satisfazê-lo. Essas opiniões são formadas de acordo com as experiências da criatura. Estas experiências são armazenadas e organizadas em uma estrutura chamada *Árvore de Decisão*.

Intenções

Intenções são desejos eleitos para serem executados. A criatura utiliza suas crenças, desejos e opiniões para determinar um plano. Durante o planejamento, para cada desejo que esteja corretamente ativo, é feita uma busca pelas crenças mais apropriadas, procurando por aquelas que possuem uma melhor opinião. Por exemplo, se a criatura está com fome muito fome e ela possui três crenças indicando a presença de alguns objetos comestíveis próximos dela, ela vai verificar quais desses objetos possui a melhor opinião para decidir qual ela vai comer. Desta forma, é formado um plano, ou seja, a parte deliberativa do agente envolve em determinar qual o desejo mais importante e que tipo de objeto é mais apropriado para satisfazer este desejo. Esta deliberação é feita calculando a utilidade de cada plano através da função utilidade a seguir:

$$utilidade(desejo, objeto) = intensidade(desejo) * opinião(desejo, objeto)$$

o plano com a maior valor de utilidade é eleito como uma Intenção. A seguir há um exemplo da função utilidade para dois desejos ativos, Fome e Sede, da criatura. O desejo Fome é o mais intenso e o objeto escolhido para satisfazê-lo foi uma Goiaba.

$$utilidade(Fome, pedra) : 0.9 * -0.5 : -0.45$$

$$utilidade(Fome, Goiaba) : 0.9 * 0.6 : 0.54$$

$$utilidade(Sede, Água) : 0.1 * 0.7 : 0.07$$

Lembrando que Goiaba, Pedra e Água são objetos que fazem parte das crenças da criatura, ou seja, a criatura têm uma crença sobre Goiaba porquê ela viu uma em algum lugar, assim como para Pedra e Água.

5.1.2. Maleável

Para que a criatura possa ser considerada maleável são adotados dois aspectos: que ela aprenda vários tipos de coisas; e que ela possa aprender em diferentes tipos de situação. O aprendizado cobre uma variedade de aptidões da criatura, como (Woodcock, 2001):

- Aprender fatos (Por exemplo: aprender que existe uma cidade por perto com bastante alimento);
- Aprender que desejos devem ser dominantes, e como tratar as causas de cada desejo (Por exemplo: aprender quão baixa deve estar a energia para que a sensação de fome inicie; ou aprender quando deve se comportar de forma amigável ou desagradável);
- Aprender opiniões sobre quais tipos de objetos são mais apropriados para satisfazer diferentes desejos (Por exemplo: que tipos de objetos devem ser comidos; quais tipos de objetos devem ser atacados);
- Aprender quais métodos devem ser aplicados para cada situação (Por exemplo: se uma cidade deve ser atacada, deve-se usar magia ou outra forma mais direta? Ou um ataque físico?);

- Aprender “como” (por exemplo, como arremessar objetos, aperfeiçoando as habilidades ao longo do jogo);

Várias são as situações que podem iniciar o aprendizado da criatura:

- Através do *feedback* do jogador, recompensando (com carícias) ou punindo (com agressões);
- Observando os outros, inferindo seus objetivos, e aprendendo com suas ações;
- Após um comando ser dado, ou seja, quando o agente recebe uma ordem para fazer uma ação em um dado objeto, ele verifica que fazer aquela ação com aquele tipo de objeto naquela situação é bom;
- Refletindo sobre experiências passadas, ou seja, após realizar uma ação para satisfazer um desejo, é verificado o quanto aquele desejo foi satisfeito.

5.1.3. Amável

Para que a criatura possa ser considerada amável é preciso encontrar alguma forma que garanta que o jogador esteja emocionalmente ligado ao agente. Isto é feito através de “empatia”. Esta “empatia” é garantida fazendo com que a criatura fique emocionalmente ligada ao jogador, desta forma, são criados desejos para a criatura que estão relacionados com o jogador. Isso é muito similar ao comportamento de um homem com um cachorro, ou uma criança em relação a algum brinquedo.

5.2. Métodos de Aprendizado

O aprendizado utilizado no *B&W* basicamente se faz pela utilização das seguintes técnicas: Árvore de Decisão e *Perceptrons*. A utilização dessas técnicas revelam algo inovador no *B&W*, pois técnicas como estas não são comuns no ambiente de desenvolvimento de jogos, embora sejam muito difundidas dentro do ambiente acadêmico. Há mais uma forma de aprendizado evidente no jogo, que é caracterizada quando o jogador demonstra para a criatura o que ele quer que seja feito. Por exemplo, o jogador quer que a criatura ajude os

habitantes do jogo a carregar madeira para um determinado lugar do mundo, então ele ativa um modo de treinamento, mostra para a criatura o que ele está pegando (madeira) e mostra aonde deve ser colocado este objeto. Isso é repetido algumas vezes até a criatura entender que o jogador quer que ela faça aquilo. Quando a criatura tentar fazer o que o jogador pediu, se ela fizer satisfatoriamente, o jogador pode recompensá-la através de carícias para reforçar a idéia de que ela está fazendo uma tarefa que o jogador (o mestre dela) gosta. Mas esta forma de aprendizado, no fundo, não passa de um *'hardcopy'*, ou seja, uma cópia dos movimentos do jogador. Há também o artifício do aprendizado por empatia apresentado no *B&W* que será explicado a seguir, mas este não chega a ser considerado como uma técnica com enfoque científico.

5.2.1. Árvore de Decisão

O uso de Árvores de Decisão está relacionado com as opiniões que a criatura cria para decidir quais tipos de objetos são mais apropriados para satisfazer os desejos. Estas opiniões são aprendidas criando-se árvores dinamicamente. O agente lembra das situações que ele presenciou para satisfazer um desejo e então constrói uma árvore escolhendo os atributos que melhor dividem as situações em grupos com *feedback* similar. A seguir, na **Tabela 2** e na **Tabela 3**, são dadas duas situações possíveis e suas respectivas árvores (ver **Figura 26** e **Figura 27**).

O que a criatura comeu?	O quanto agradável foi comer
Uma pedra grande	-1.0
Uma pedra média	-0.5
Uma pedra pequena	-0.4
Uma árvore	-0.2
Uma vaca	0.6

Tabela 2. Observações relativas ao desejo de comer.

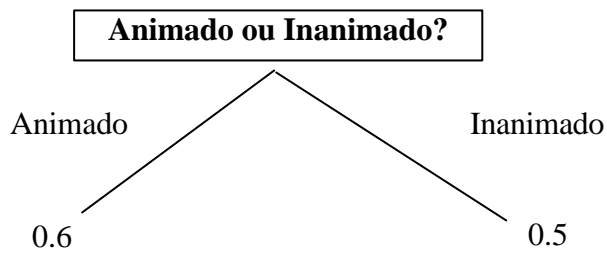


Figura 26. Árvore Decisão resultante das observações da Tabela 2.

O que a criatura atacou	<i>Feedback</i> do jogador
Cidade Amiga, defesa fraca, tribo <i>Celtic</i>	-1.0
Cidade Inimiga, defesa fraca, tribo <i>Celtic</i>	0.4
Cidade Amiga, defesa forte, tribo <i>Norse</i>	-1.0
Cidade Inimiga, defesa forte, tribo <i>Norse</i>	-0.2
Cidade Amiga, defesa fraca, tribo <i>Greek</i>	-1.0
Cidade Inimiga, defesa média, tribo <i>Greek</i>	0.2
Cidade Inimiga, defesa forte, tribo <i>Greek</i>	-0.4
Cidade Inimiga, defesa média, tribo <i>Aztec</i>	0.0
Cidade Amiga, defesa fraca, tribo <i>Aztec</i>	-1.0

Tabela 3. Observações relativas ao desejo de atacar.

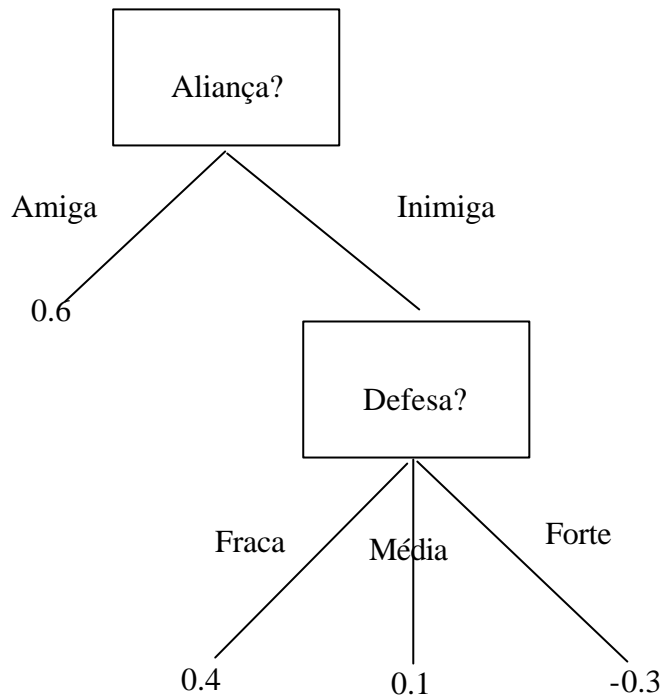


Figura 27. Árvore Decisão resultante das observações da Tabela 3.

As árvores são construídas dinamicamente utilizando um algoritmo baseado no sistema *ID3*, onde, a cada passo durante a construção da árvore, é escolhido o atributo que minimiza a entropia. Mais detalhes sobre árvores de decisão são encontrados no Capítulo 3 sobre Aprendizado de Máquina em Jogos.

No jogo *B&W* são utilizados atributos que não têm muitos valores, para evitar que as árvores tenham uma explosão no número de nós filhos criados para os atributos. Desta forma, para atributos que possuem valores contínuos (representados por números do tipo ponto flutuante - *float*), é dividida a faixa de valores em poucos intervalos. Por exemplo, para o atributo "saúde", há uma faixa contínua de valores entre 0.0 e 1.0, sendo que esta faixa é dividida em 4 intervalos: 0.0-0.25, 0.25-0.5, 0.5-0.75, 0.75-1.0.

Outra medida estabelecida está relacionada com comparação de objetos que possuem atributos diferentes durante a construção das árvores de decisão. Neste tipo de situação não é possível uma comparação direta. Para remediar isto, é preciso inicialmente fazer uma distinção entre os atributos comuns a ambos os objetos (atributos que são comuns a todos os objetos no jogo) e depois com os

atributos específicos de cada objeto. Desta forma, é introduzido um novo atributo chamado “Tipo”, onde o construtor da árvore de decisão precisa primeiramente olhar para os atributos que são comuns, tentando minimizar a entropia, e então criar este nó, para então olhar os atributos específicos.

5.2.2. *Perceptrons*

A criatura tem seus desejos modelados na forma de *perceptrons*, onde os dados de entrada são definidos pelas causas (fontes de influência) que intensificam o desejo (ver **Figura 28**). Para cada causa está associado um peso, e a modificação destes pesos é o que resulta no aprendizado. Ou seja, se há n fontes de influências x_1, x_2, \dots, x_n há também n pesos w_1, w_2, \dots, w_n associados. A intensidade do desejo é ativada (tem valor igual a 1.0) se $\sum w_i * x_i > 0.5$, caso contrário o desejo não é ativado (tem valor igual a zero). O treinamento do *perceptron* ocorre através da mudança dos pesos após um *feedback* no jogo, este treinamento segue a seguinte regra:

$$w_i = w_i + \eta w_i$$

onde

$$\eta w_i = \eta * (\text{valor pretendido} - \text{valor atual}) * x_i$$

η é a taxa de aprendizado da criatura, esse *valor pretendido* corresponde ao *feedback* do jogo e o *valor atual* corresponde a intensidade corrente do *perceptron*. Desta forma é calculado um erro ηw_i que depois é adicionado aos pesos do *perceptron* indicando uma adaptação sutil do desejo a vontade do jogador.

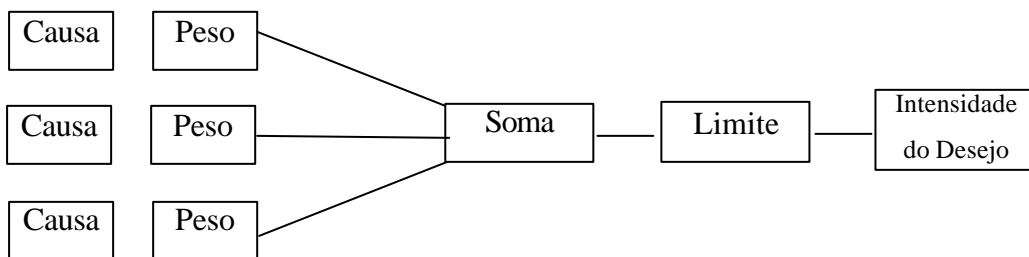


Figura 28. *Perceptron*.

Por exemplo, o desejo de comer está baseado em três causas: fome, o sabor do objeto e o quanto a criatura está infeliz. Supõe-se que a taxa de aprendizado, h , é 0.1 e todos os pesos são inicializados com 0.5. A seguir é mostrado uma tabela com 5 sucessivas situações onde a criatura come alguma coisa e tem o *feedback* por isto. A modificação dos valores dos pesos (ver **Tabela 4**) obedece ao método de aprendizado dos *perceptrons* explicado anteriormente.

Na primeira situação, duas causas do desejo Comer estão ativas, ou seja, os valores de “Fome” e “Sabor do Objeto” estão ativados pelo valor 0.8 enquanto que a causa “Infelicidade” não está ativa permanecendo com o valor zero. Nesta situação há uma aprovação do jogador que é demonstrada pelo alto valor do “Feedback Pretendido” em relação ao valor “Atual”. O valor “Atual” representa o feedback que a criatura teve ao satisfazer o desejo “Comer” nesta primeira situação. O valor de “Feedback Pretendido” pode ser entendido como o nível de aprovação do jogador com relação a esta situação. Desta forma as duas causas ativas são causas para o desejo Comer que agradam o jogador, resultando assim na alteração dos pesos associados a elas para a valorização das mesmas. Estas alterações são feitas seguindo a regra dos *perceptrons*. A seguir está ilustrado a alteração do peso relativo a causa Fome:

$$?w_{Fome} = 0.1 * (1.0 - 0.2) * 0.8 = 0.064$$

$$w_{Fome} = 0.5 + 0.064$$

Em algumas situações posteriores as duas causas ajustadas anteriormente continuam sendo alteradas demonstrando a satisfação do jogador com as duas. Mas repare que na quarta situação a causa “Infelicidade” está ativa e o jogador demonstra a não satisfação por ela com a relação ao desejo “Comer”, resultando na alteração do peso relativo correspondente à causa para diminuir a influência da mesma em situações posteriores.

Repare que o treinamento do *perceptron* resultou na modificação da personalidade da criatura, fazendo com que ela não se alimente demasiadamente quando estiver infeliz.

Causas do Desejo							
Fome		Sabor do Objeto		Infelicidade		Atual	Feedback Pretendido
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso		
0.8	0.500	0.8	0.500	0.0	0.500	0.2	1.000
0.8	0.564	0.2	0.564	0.0	0.500	0.564	1.000
0.1	0.599	0.6	0.573	0.0	0.500	0.404	0.200
0.0	0.597	0.0	0.560	1.0	0.500	0.5	0.002
0.3	0.597	0.4	0.560	1.0	0.450	0.853	0.400
-	0.58341	-	0.542	-	0.4047	-	-

Tabela 4. Situações retratando a modificação de pesos no *perceptron* do desejo de comer.

A criatura executa os seguintes passos cada vez que realiza este desejo:

- Calcula a intensidade corrente do desejo com base nos valores das causas e dos pesos;
- Espera algum *feedback*;
- Utiliza o valor do *feedback* para modificar os pesos;

5.3. Armadilhas no Aprendizado

No jogo *B&W* existem várias formas de inicializar um aprendizado, sendo que o método baseado no *feedback* do jogador, também denominado como *Carrot and Stick* (onde o jogador observa o que a criatura está fazendo e dá uma recompensa ou punição pelo o que ela acabou de fazer) é o que fica mais evidente. Esta forma oferece ao jogador a possibilidade de manifestar uma aprovação (através de carícias) ou desaprovação (através de agressões), mas Evans (2002) destaca que a utilização somente deste método pode ocasionar alguns problemas devidos às seguintes razões:

- Não é real: Pessoas não ensinam apenas utilizando esse método, freqüentemente há o ensinamento através de demonstrações;

- É frustrante para o jogador: O jogador sempre precisa esperar a criatura fazer o que ele está querendo para surgir a oportunidade de manifestar o *feedback*;
- Agentes que somente utilizam esse método ficam presos em armadilhas de aprendizado.

O termo “armadilha de aprendizado” refere-se ao fato de que utilizando somente o método *Carrot and Stick*, haverá certas lições de aprendizado que uma vez aprendidas irão tornar impossível o aprendizado de outras lições. Suponha que uma criatura está sendo ensinada para ser mais amigável com macacos do que com lobos, então, se a criatura for amigável alguma vez com um lobo, ela é punida. Mas suponha que, acidentalmente, a criatura seja punida demasiadamente e o seu desejo de ser amigável com alguma criatura torna-se suprimido. Logo, não será mais possível ensiná-la a preferência por ser mais amigável com primatas, pois o seu desejo está totalmente suprimido e ela não vai querer ser mais amiga de ninguém.

O aprendizado por empatia foi uma solução utilizada para contornar o problema do desejo suprimido. Através da utilização deste método é possível revitalizar os desejos, pois os desejos da criatura mudam dependendo do que ela acha que o jogador gostaria que fosse feito. Este tipo de aprendizado envolve perceber o que o jogador está fazendo e determinar qual desejo o levou a fazer determinada ação. Desta forma, a criatura aprende que um desejo particular é bom para ser praticado com uma determinada ação, em um tipo de objeto e em uma determinada situação. No *B&W*, foi utilizada uma tabela simples (ver **Tabela 5**) para representar associações entre ações e desejos, indicando que a prática de uma ação é motivada por um dado desejo.

Ação	Desejo
Jogar uma pedra	Raiva
Chutar	Raiva
Lutar	Raiva
Usar a magia de revitalização	Compaixão
Dar comida	Compaixão

Tabela 5. Associações entre ações e desejos.

Uma situação para ilustrar esta revitalização de um desejo, utilizando empatia, pode ter como base o exemplo dado anteriormente da criatura que está sendo ensinada a ser mais amigável com macacos do que com lobos. Considerando que a criatura foi demasiadamente punida e seu desejo está suprimido, ela não vai mais se aproximar de macaco algum. Logo, não haverá mais situação alguma para o jogador poder ensiná-la a ser mais amigável com macacos, pois a única forma, seria ela antes se aproximar de algum macaco, para então o jogador demonstrar alguma aprovação por isso. A utilização da empatia, neste caso, é estabelecida quando o jogador começa a praticar ações, com os macacos, que estejam relacionadas ao desejo suprimido. Percebendo isto, a criatura vai revitalizar pouco a pouco aquele desejo antes suprimido e; então, vai passar a se aproximar dos macacos novamente.

5.4. Limitações

Há duas limitações encontradas nesta arquitetura:

- Quando a criatura estabelece uma intenção, para satisfazer este desejo, ela consulta uma biblioteca de planos pré-computada para procurar por uma ação apropriada. Nesta biblioteca, estão estabelecidas todas as ações disponíveis para satisfazer os desejos. Por exemplo, a criatura sabe que há várias ações para satisfazer o desejo de ser destrutivo com alguma coisa, como jogar isso, chutar isso, lançar uma magia nisso, entre outras. Mas o mais apropriado

seria se a criatura pudesse planejar dinamicamente como satisfazer um desejo, ao invés de consultar uma lista de ações possíveis;

- A criatura tem um número finito de desejos, por volta de 40. Mas o correto seria construir novos desejos que nunca foram tidos por ninguém.

Quanto à primeira limitação, Evans (2002) indica que esta poderia ser contornada considerando um “objetivo”, como um desejo para tornar verdadeira uma proposição expressa em lógica de primeira ordem. Mas também indica que apesar disso garantir um número infinito de formas de realizar um desejo, provavelmente existirão formas que poderão não serem apropriadas. E a dificuldade reside em determinar regras para contornar este problema. Por exemplo: uma forma para satisfazer o desejo de que para todo homem x , há uma mulher que é casada com x , é matar todos os homens, o que não é uma medida apropriada. Há também outras considerações como a garantir o desempenho em tempo real se forem utilizadas expressões em lógica de primeira ordem.