



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de Engenharia

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA E
COMPUTAÇÃO
AGENTES E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
DISTRIBUÍDA
4º ANO

EXPLORAÇÕES EM MARTE

Autores:

André Gonçalves Dias - 080509085 - ei08085@fe.up.pt

Felipe de Souza Schmitt - 080509160 - ei08160@fe.up.pt

12 de dezembro de 2011

Conteúdo

Enunciado	2
Descrição do Cenário	2
Objetivos do Trabalho	2
Especificação	3
Identificação e Caracterização dos Agentes	3
Protocolos de Interação	6
Desenvolvimento	8
Repast 3	8
Ambiente de Desenvolvimento	9
Estrutura	9
Detalhes Relevantes da Implementação	10
Experiências	12
Objetivos	12
Resultados	13
Conclusões	16
Resultados das Experiências	16
Aplicabilidade	17
Recursos	18
Bibliografia	18
Software	18
Recursos Humanos	18
Anexos	19
Manual de Utilizador	26

Enunciado

Descrição do Cenário

No cenário do projeto a desenvolver, existe um conjunto de Agentes que se encontram em Marte e que têm como objetivo explorar o ambiente à sua volta com o intuito de encontrar fontes de minério e extrair a maior quantidade possível e posteriormente transportá-lo para a base da expedição. Todo este processo é realizado por três tipos de Agentes diferentes, um *Spotter* cuja missão é explorar o ambiente e identificar minas disponíveis para extração e transmitir a informação para um dos outros Agentes. O Agente seguinte é o *Produtor* que tem como objetivo deslocar-se a uma mina avaliada por um *Spotter* e realizar a extração do minério da mesma. Posteriormente todo o material extraído é transportado para a base pelo terceiro Agente, chamado *Transportador*, que apenas transporta o minério que foi extraído, após um pedido do *Produtor*.

Neste cenário, também os Agentes *Produtores* e *Transportadores* podem localizar fontes de minério. Quando tal acontece é chamado um dos *Spotters* para o local, para avaliar a mina em questão.

Objetivos do Trabalho

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um Sistema Multi-Agentes para simular a extração de minérios em Marte, de forma a aplicar os conhecimentos sobre Agentes e Sistemas Multi-Agente com o apoio da utilização de ferramentas de software, como por exemplo, neste caso, Repast 3.

Tem também como objetivo realizar uma série de testes, fazendo variar alguns fatores, para calcular quais os valores mínimos necessários de cada tipo de Agente para garantir uma extração eficaz. Isto permite, dado um tempo limite, em caso real, reduzir os custos da operação.

Especificação

Identificação e Caracterização dos Agentes

Arquitetura

Para a realização da exploração em Marte são necessários três tipos de Agentes que partilham algumas características, constituindo desta forma um Agente genérico, do qual posteriormente se especifica num dos três seguintes tipos: *Spotter*, *Produtor* ou *Transportador*.

Um Agente genérico possui as características comuns a todos os Agentes, tais como a posição, os objetivos (destinos), conhecimento sobre o mapa, o raio de visão e de comunicação e o objetivo atual.

Ver figura em anexo (Figura 2).

Como subclasses de um Agente genérico podemos verificar três tipos distintos, o primeiro, o *Spotter*, é distinguido por ter um raio de visão superior relativamente aos outros, assim como a sua capacidade de avaliar uma mina com o intuito de designar um Agente *Produtor* para a extração desse minério. Esta designação é realizada através de um processo de negociação que irá ser descrito posteriormente neste relatório.

Em segundo lugar existe o Agente *Produtor*, que é destacado pela sua habilidade de extrair o minério de uma mina que se encontre nos seus objetivos (designados por um Agente *Spotter*), tendo a capacidade de, posteriormente à extração, entrar em negociação com todos os Agentes *Transportadores* no seu raio de comunicação para realizar o transporte do minério extraído para a base. Também cabe a este Agente o cálculo do tempo de resposta a enviar a um Agente *Spotter*, aquando do seu pedido para uma determinada mina.

Como terceiro Agente, existe o Agente *Transportador* que possui uma capacidade máxima de minério a transportar e a quantidade atual de minério que tem armazenado. Como tal, cabe a este Agente calcular a sua rota de recolha de minério para poder responder ao Agente *Produtor* o seu tempo de resposta para a extração proposta na mensagem enviada.

Comportamento

Agente Genérico

O Agente Genérico têm como base dois estados. Um no qual possui um objetivo que é considerado de baixa importância, que corresponde aos seus destinos de deslocação quando se encontra a explorar o ambiente. Ou seja, quando os seus objetivos atuais são gerados por si próprio e não designado por outros.

O outro estado é relativo aos objetivos que são designados por outrem, correspondentes a tarefas que lhe foram atribuídas após o processo de negociação.

Agente *Spotter*

Este Agente, devido à sua natureza, tem como objetivo analisar o ambiente e reportar todo o tipo de minas encontradas aos *Produtores* que estejam dentro do seu raio de comunicação e com base nas respostas dadas pelos mesmos escolher a melhor opção para a produção de minério dessa mina e adicionar aos objetivos desse Agente.

Desta forma, este Agente explora o ambiente num estado passivo até encontrar alguma mina no seu raio de visão, tornando-a o seu destino para a analisar e posteriormente entrar num estado de negociação com todos os Agentes *Produtores* à sua volta.

Agente *Produtor*

O Agente *Produtor*, uma vez que herda todas as características do Agente Genérico, também possui os dois estados, sendo o primeiro semelhante ao Agente *Spotter*, com a particularidade de que caso encontre uma mina, deverá reportar a um Agente *Spotter* para este examinar a mesma.

Quanto ao segundo estado, ou seja quando este possui pelo menos um objetivo de extração de minério (resultante de uma negociação existente entre o Agente *Spotter* que enviou a mensagem e o mesmo), o Agente *Produtor* dirige-se até à mina (objetivo) mais próximo dos seus destinos (objetivos), para realizar a extração do minério. Após a chegada do Agente à mina, este entra num terceiro estado classificado como "a produzir", onde irá produzir minério durante o tempo necessário para o número de minério existente na mina à velocidade que o caracteriza.

Agente *Transportador*

O Agente *Transportador* possui também dois estados, dos quais o primeiro é idêntico ao do Agente *Produtor*. O segundo estado baseia-se na existência de objetivos de recolha de minério designados pelos Agentes *Produtores*, onde o Agente *Transportador* se desloca até à mina e procede à recolha do material, tendo sempre em conta a gestão da sua rota devido à restrição de capacidade, verificando desta forma a necessidade de uma possível deslocação à base para depositar o minério armazenado.

Estratégias

Exploração do Ambiente

Para a realização de uma extração de minério eficaz num ambiente com restrições de conhecimento (apenas o conhecimento do tamanho do ambiente) foi realizada uma estratégia inteligente para a exploração do espaço de forma eficiente.

Esta estratégia consiste na criação de uma base de conhecimento individual do ambiente para cada um dos Agentes, que vai sendo melhorada ao longo da exploração. O melhoramento da base de conhecimento do ambiente de cada Agente passa por à medida que explora o mundo assinalar essas zonas como verificadas, e apenas se deslocar (quando não possui nenhum objetivo) para zonas que não tenham sido previamente verificadas.

Este conhecimento é partilhado com todos os Agentes na sua área de comunicação, permitindo desta forma que vários Agentes tenham conhecimento de áreas já verificadas por outros Agentes, aumentando desta forma a eficácia na exploração do mundo num curto espaço de tempo.

Prioridade de Objetivos

Para priorizar os objetivos foram classificados dois tipos diferentes de objetivos para um Agente, os objetivos não importantes (gerados por si), que se resumem à exploração do ambiente, e os objetivos importantes que são relacionados com a extração de minério. No caso dos Agentes *Produtores* e *Transportadores*, estes enquanto estão a realizar a exploração do ambiente podem receber um novo objetivo a partir de um Agente *Spotter* ou *Produtor*, respetivamente. Caso isto suceda, estes devem abortar a sua exploração atual (uma vez que não envolve objetivos importantes) e passam a ter como objetivo atual, o novo objetivo.

Esta estratégia permite gerir a prioridade de objetivos para cada Agente permitindo assim a extração do minério assim que este se encontre disponível.

Gestão de Destinos

Um Agente Genérico caso possua na sua lista de objetivos mais do que um objetivo, ordena os objetivos pela sua distância e realiza em primeiro lugar o objetivo mais perto de si. Desta forma garante-se que o Agente percorre apenas o espaço mínimo necessário para atingir cada um dos seus objetivos.

O Agente *Transportador* tem a particularidade de possuir uma capacidade de armazenamento limite, levando à necessidade da gestão deste armazenamento. Este é realizado da seguinte forma: sempre que no seu próximo objetivo a quantidade de minério exceda a capacidade disponível, deve primeiro ir à base depositar toda a quantidade armazenada.

Protocolos de Interação

Para a realização dos protocolos de interação cada um dos Agentes possui um método que permite calcular o tempo de resposta para um determinado objetivo, ou seja, o Agente calcula o tempo que irá demorar a realizar todas as tarefas que têm na sua lista de objetivos mais a realização da tarefa inerente ao pedido. Desta forma, permite que o emissor do pedido possa realizar uma escolha acertada do melhor Agente para realizar a tarefa que tem para distribuir.

Pedido de Análise

Caso um Agente *Produtor* ou *Transportador* encontre uma mina que não tenha sido encontrada previamente, é iniciado um pedido de análise. Este pedido consiste no início da negociação entre o Agente que encontrou a mina com todos os Agentes *Spotter*es que se encontrem no seu raio de comunicação. Esta negociação passa por pedir a todos os Agentes *Spotters* que lhe enviem o seu tempo de resposta para o objetivo que é enviado na mensagem e, após todos os *Spotters* responderem ao pedido, analisar as respostas e escolher um *Spotter* para passar a ter esse objetivo (análise dessa mina).

Ver figura em Anexo (Figura 5).

Pedido de Extração

Após a análise de uma mina, o Agente *Spotter* envia um pedido de extração para todos os Agentes *Produtores* existentes dentro do seu raio de comunicação e estes respondem com o seu tempo de resposta para realizar a extração por completo. Este tempo varia consoante o número de tarefas que o Agente já possui, a distância entre as tarefas e a sua velocidade de extração. Este tempo é calculado de forma a garantir a escolher sempre o melhor Agente *Produtor*.

Ver figura em Anexo (Figura 6).

Pedido de Transporte

Quando um Agente *Produtor* acaba de extrair todo o minério de um dos seus objetivos, passa a ter como objetivo secundário reportar a um Agente *Transportador* a existência de minério para ser extraído. O Agente *Produtor* envia a mensagem do pedido para todos os Agentes *Transportadores* dentro do seu raio de transmissão e analisa as suas respostas para decidir qual dos *Transportadores* disponíveis é a melhor opção para a realização da tarefa. Desta forma, com o tempo de resposta para a recolha do minério, o *Produtor* gere os *Transportadores* de forma a conseguir garantir que apenas atribui uma tarefa a um *Transportador* caso este a consiga executar dentro do tempo estipulado. Após esta escolha, é adicionada aos objetivos do melhor *Transportador* o transporte desse minério.

Ver figura em Anexo (Figura 7).

Desenvolvimento

Repast 3

Um modelo baseado em Agentes (por vezes relacionado com sistemas multi-Agentes (MAS)) é uma classe dos modelos computacionais para simulação de ações e interações de Agentes autónomos (tanto entidades individuais como coletivas) tendo em vista analisar os seus efeitos no sistema como um todo. Combina elementos da teoria de jogos, sistemas complexos, sociologia computacional, etc. Estes modelos são também chamados de modelos baseados em indivíduos.

Recursive Porous Agent Simulation Toolkit (Repast) é um de muitos conjuntos de ferramentas de modelação de Agentes que estão disponíveis. O grande objetivo do Repast é passar para além da representação de Agentes como entidades discretas e fechadas para uma visão de atores sociais permeáveis, interligados e mutuamente definidores. A versão 3 pode ser encarada como uma especificação para modelos baseados em Agentes.

O vasto leque de exemplos que a ferramenta traz foi bastante útil para ajudar a perceber qual a melhor implementação e quais as boas normas de utilização. O facto de possuir um agendador de tarefas, permite-nos ter vários Agentes a executar tarefas em simultâneo. Sem esta funcionalidade não seria possível cumprir o especificado no enunciado de uma forma funcional.

A possibilidade de alterar algumas variáveis dinamicamente e sem necessidade de alterar o código fonte, permite estudar casos diferentes, traçar semelhanças e projetar possíveis melhoramentos e alterações, tendo em vista uma melhor performance dos Agentes.

A principal funcionalidade e sem a qual não seria possível concretizar este trabalho, pelo menos nos mesmos moldes, é o sistema de modelação dinâmica que facilmente permite criar o cenário e as condições de simulação pretendidas. Permite criar também o ambiente por onde os Agentes se deslocam.

Ambiente de Desenvolvimento

O projeto foi realizado no sistema operativo Windows 7 e usando o ambiente de desenvolvimento Eclipse. Foi também utilizado o Microsoft Excel para a realização de tabelas de resultados de testes.

Estrutura

O projeto foi separado em três pacotes diferentes, Agentes, Estruturas e Modelo, cada um destes com um propósito, que irá ser explicado de seguida.

Modelo

Em primeiro lugar, existe o pacote Modelo onde é criado e controlado todo o ambiente do sistema, assim como todas as ações realizadas nele.

Ou seja é no Modelo que são criadas as estruturas e os agentes que irão ser apresentados de seguida.

Ver figuras em anexo (Figura 3 e 4).

Estruturas

Em segundo lugar, temos as Estruturas, onde estão definidos os dois tipos de estruturas existentes no ambiente, Mina e Base. Cada um destes tipos possui características particulares.

Mina

A estrutura Mina é constituída por uma posição, quantidade de minério existente, quantidade de minério produzido e booleanos a determinar se a mina se encontra vazia, se já foi visitada por um *Spotter* e se já foi encontrada por um *Spotter* ou então qualquer um dos outros dois Agentes.

Base

Por outro lado, a estrutura Base é apenas constituída por uma posição e pela quantidade de minério existente nela.

Ver figura em anexo (Figura 1).

Agentes

Posteriormente, existe o pacote de Agentes onde é caracterizado o Agente Genérico, que pode ser do tipo *Spotter*, *Produtor* ou *Transportador*, tendo sido previamente explicada a estrutura de cada um deles, com o diagrama em anexo, na secção da Caracterização dos Agentes.

Neste pacote é também visível a estruturação de duas outras classes, a Mensagem e o Destino. A classe mensagem é estruturada de forma a um Agente poder transmitir um pedido de tarefa, no sentido de melhorar a comunicação entre os Agentes, uma vez que esta é realizada através da invocação de métodos. A classe Destino é responsável por guardar toda a informação de cada um dos objetivos dos Agentes.

Detalhes Relevantes da Implementação

Durante a implementação de todo este sistema, utilizando a ferramenta Repast, fomos nos deparando com vários problemas. Todos estes problemas irão ser descritos nesta secção.

Em primeiro lugar, uma vez que os Agentes deveriam andar por todo o sistema, com o intuito de encontrar o maior número de minas possível, foi necessário a criação de uma estratégia de movimento que permitisse que os Agentes explorassem o máximo possível num curto espaço de tempo. Desta forma, foi criada a base de conhecimento para o Agente, permitindo assim que os Agentes explorassem todo o mapa da forma mais eficaz.

De seguida, surgiu a necessidade de criar um protocolo de interação. Para tal foi necessária a criação de todo o sistema de comunicação entre os Agentes, que foi resolvido através da criação da estrutura Mensagem que pode ser enviada através da invocação de funções. Desta forma é possível saber quem enviou a mensagem e com que finalidade.

Após ter sido criada a estrutura Mensagem foi também necessário realizar a decisão de como esta seria transmitida, uma vez que caso um Agente não encontrasse o tipo de Agente que necessitava para determinada tarefa, este poderia ser tratado de duas formas, difundir a mensagem através de outros Agentes ou então determinar que o Agente emissor da mensagem seria o único responsável pela delegação dessa tarefa. Para este sistema foi escolhido o segundo caso, pois caso contrário poderia causar-se uma grande redundância de mensagens provocando desta forma deslocações desnecessárias de vários Agentes, uma vez que, posteriormente, teria que ser difundida uma outra mensagem indicando que a tarefa já tinha sido delegada. Para além disso, o Agente emissor poderia já não se encontrar no raio de comunicação.

Com o intuito de tornar o sistema baseado em Agentes mais eficaz foi desenvolvida uma estratégia de gestão de objetivos que permite a cada um dos Agentes, para cada mensagem recebida com um pedido, responder com o tempo exato que irá demorar a efetuar toda as suas tarefas e posteriormente a tarefa em questão. Desta forma permite que o emissor possa escolher sempre o Agente que será o mais rápido a realizar a tarefa, uma vez que o sistema está limitado por um curto espaço temporal, esta estratégia permite que a extração de minério num curto espaço de tempo seja possível e feita da forma mais eficaz.

Todos estes problemas se devem ao facto de ter sido decidido na implementação que a comunicação não seria global, mas sim através da criação de um raio de comunicação para cada Agente, podendo desta forma avaliar o sistema num ambiente mais hostil onde a comunicação entre agentes seria uma dificuldade. Posteriormente iremos analisar nos resultados a diferença existente num sistema com comunicação local e com comunicação global.

Experiências

As experiências foram divididas em duas fases. Numa primeira fase, foram corridos alguns testes e analisados os resultados para corrigir alguns erros nos algoritmos de atribuição de trabalhos. Como isto trouxe melhorias nos resultados foi necessário criar uma nova fase de testes.

Para efeitos de teste, foi criado um cenário fixo com um total de 10 minas e 750 de minério.

Os vários ficheiros de teste, bem como os ficheiros de output e os ficheiros de análise de resultados, encontram-se numa pasta chamada Testes, no ficheiro zip enviado.

Objetivos

O objetivo das experiências realizadas divide-se em dois grandes pontos. Primeiro, se compensa investir num sistema de comunicação que cubra toda a área a explorar. Segundo, qual a configuração de Agentes menos dispendiosa que garanta uma extração eficaz, tanto para o caso em que há comunicação global como para quando a comunicação é limitada.

Na primeira fase de experiências, apenas foi testado o caso de comunicação limitada, pois é mais restritivo e mais facilmente faria sobressair os erros nos algoritmos.

Em ambas as fases, o procedimento dos testes foi iterativo, isto é, começou-se por se variar o número de *Spotters*, mantendo fixos os *Produtores* e os *Transportadores*. Escolhendo o resultado mais favorável, variou-se os *Produtores*, usando o resultado escolhido para os *Spotters* e mantendo os *Transportadores*. E assim sucessivamente, até os valores se manterem constantes.

Resultados

Os resultados apresentam-se na seguinte forma:

Valores testados	Valores Escolhidos	Minério Recolhido
NúmeroSpotters		
NúmeroProdutores		
NúmeroTransportadores		

Os valores testados são os valores selecionados para efetuar os testes, sendo que apenas se fez variar um de cada vez. Para cada valor no intervalo testado, foram corridos 50 testes e calculada a média de minério recolhido. Após isso, comparando as várias médias, escolheu-se o valor mais baixo a partir do qual as médias apresentavam um variação inferior a 10. BS, BP, BT correspondem, respetivamente, a melhor valor de *Spotter*, *Produtor* e *Transportador*, calculado no passo anterior.

Fase de Testes 1

2->5	2		BS	2		BS	2	
2	2	97	2->5	5	149	BP	5	224
2	2		2	2		2->5	4	

Tabela .1: 1ª Iteração (600 testes)

2->5	4		BS1	4		BS1	4	
BP	5	262	2->8	8	310	BP1	8	380
BT	4		BT	4		3->7	7	

Tabela .2: 2ª Iteração (800 testes)

2->5	5		BS2	5		BS2	5	
BP1	8	413	7->10	9	419	BP2	9	439
BT1	7		BT1	7		6->9	8	

Tabela .3: 3ª Iteração (600 testes)

4->6	6		BS3	6		BS3	6	
BP2	9	452	9->11	9	470	BP3	9	517
BT2	8		BT2	8		8->11	11	

Tabela .4: 4ª Iteração (500 testes)

5->7	7		BS4	7		BS4	7	
BP3	9	528	9->11	11	541	BP4	11	573
BT3	11		BT3	11		11->14	13	

Tabela .5: 5ª Iteração (500 testes)

5->7	7		BS5	7		BS5	7	
BP4	11	559	11->14	12	585	BP5	12	601
BT4	13		BT4	13		13->15	14	

Tabela .6: 6ª Iteração (500 testes)

7->9	8		BS6	8		BS6	8	
BP5	12	601	12->14	13	618	BP6	13	628
BT5	14		BT5	14		14->17	17	

Tabela .7: 7ª Iteração (500 testes)

Fase de Testes 2 - Comunicação Limitada

5->7	6		BS	6		BS	6	
10	10	595	10->15	15	639	BP	15	672
10	10		10	10		10->15	13	

Tabela .8: 1ª Iteração (750 testes)

5->7	6		BS1	6		BS1	6	
BP	15	680	15->17	15	674	BP1	15	697
BT	13		BT	13		13->16	14	

Tabela .9: 2ª Iteração (500 testes)

Fase de Testes 2 - Comunicação Global

5->7	6		BS	6		BS	6	
8	8	648	8->10	8	640	BP	8	688
8	8		8	8		8->10	10	

Tabela .10: 1^a Iteração (450 testes)

5->7	6		BS1	6		BS1	6	
BP	8	705	8->10	10	714	BP1	10	737
BT	10		BT	10		10->13	12	

Tabela .11: 2^a Iteração (500 testes)

5->7	5		BS2	5		BS2	5	
BP1	10	731	10->12	10	726	BP2	10	743
BT1	12		BT1	12		12->14	14	

Tabela .12: 3^a Iteração (450 testes)

5->7	6		BS3	6		BS3	6	
BP2	10	740	10->12	10	744	BP3	10	744
BT2	14		BT2	14		14->16	14	

Tabela .13: 4^a Iteração (450 testes)

Conclusões

Resultados das Experiências

Após a análise dos resultados da primeira fase de testes, concluiu-se que seriam necessárias algumas alterações no código, pois a estabilização do minério extraído ainda abaixo de valores desejados se devia a erros de implementação e não à falta de Agentes.

Foram efetuadas alterações e deu-se então início à segunda fase de testes. Como já havia conhecimento prévio do número de Agentes, foram necessárias menos iterações. Após alguns testes chegou-se à conclusão que a estabilização (já em valores bem mais satisfatórios) se devia ao facto de na maior parte dos casos (com comunicação limitada) não haver tempo suficiente para comunicar entre Agentes e efetuar a extração total, ficando quase sempre uma mina por transportar depois de extraída. Para aumentar o valor de minério extraído, seria necessário aumentar bastante o número de agentes, de forma a garantir que sempre que um agente deseja atribuir uma tarefa, encontra algum agente para o fazer. No entanto, isso traria mais custos por serem necessários mais Agentes e consequentemente mais espaço e esforço para os transportar de e para Marte.

Passou-se então aos testes com comunicação global, onde, como já se previa, os números de Agentes necessários foram menores. Com uma redução significativa no número de Agentes *Produtores* e *Transportadores*, conseguiu-se uma extração quase total do minério. Se analisarmos a última iteração, com extrações médias de 740, 744 e 744 podemos concluir que na maior parte dos 450 testes efetuados foi efetuada uma extração total. O que faz baixar essas médias, são casos em que uma mina fica por transportar o minério. Tendo em conta que as minas têm no mínimo 50 de minério e no máximo 100, basta uma mina ficar por transportar que o valor de minério seja bastante inferior.

A conclusão que se tira após a realização de testes, é que é preferível

investir num sistema de comunicação mais abrangente e que permita, em qualquer instante, comunicar com todos os Agentes existentes do que investir num número superior Agentes.

Aplicabilidade

Relativamente ao trabalho desenvolvido, consideramos que está bastante abrangente, podendo configurar uma série de variáveis, testando ambientes diferentes, e podendo facilmente configurar as definições de acordo com o que se pretender. O sistema reage de forma desejável às várias alterações introduzidas.

Consideramos que é bastante importante a utilização de SMA no cenário proposto, pois permite em ambiente controlado e de simulação, efetuar uma série de testes para evitar erros durante a execução real e reduzir ao máximo o custo da operação. Em cenários como este, que envolvem investimentos elevados, quanto melhor for a simulação efetuada previamente, menor será a probabilidade de a operação correr mal e consequentemente ser um rombo financeiro.

Recursos

Bibliografia

- <http://paginas.fe.up.pt/~eol/AIAD/aiad1112.html>
- http://repast.sourceforge.net/repast_3/index.html
- <http://repast.sourceforge.net/api/index.html>
- <http://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX>

Software

- Eclipse IDE
- Java
- Microsoft Excel
- RepastJ 3.0
- Texmaker LaTeX editor

Recursos Humanos

- André Dias (50%)
- Felipe Schmitt (50%)

Anexos

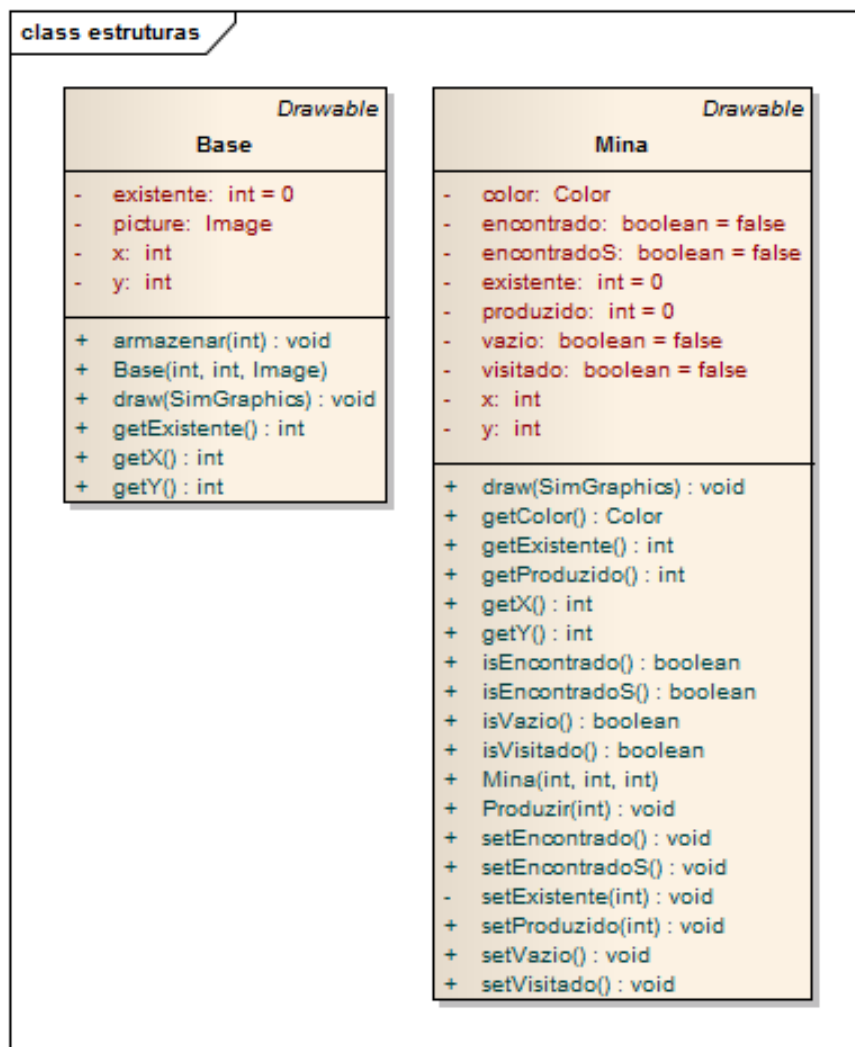


Figura .1: Estrutura

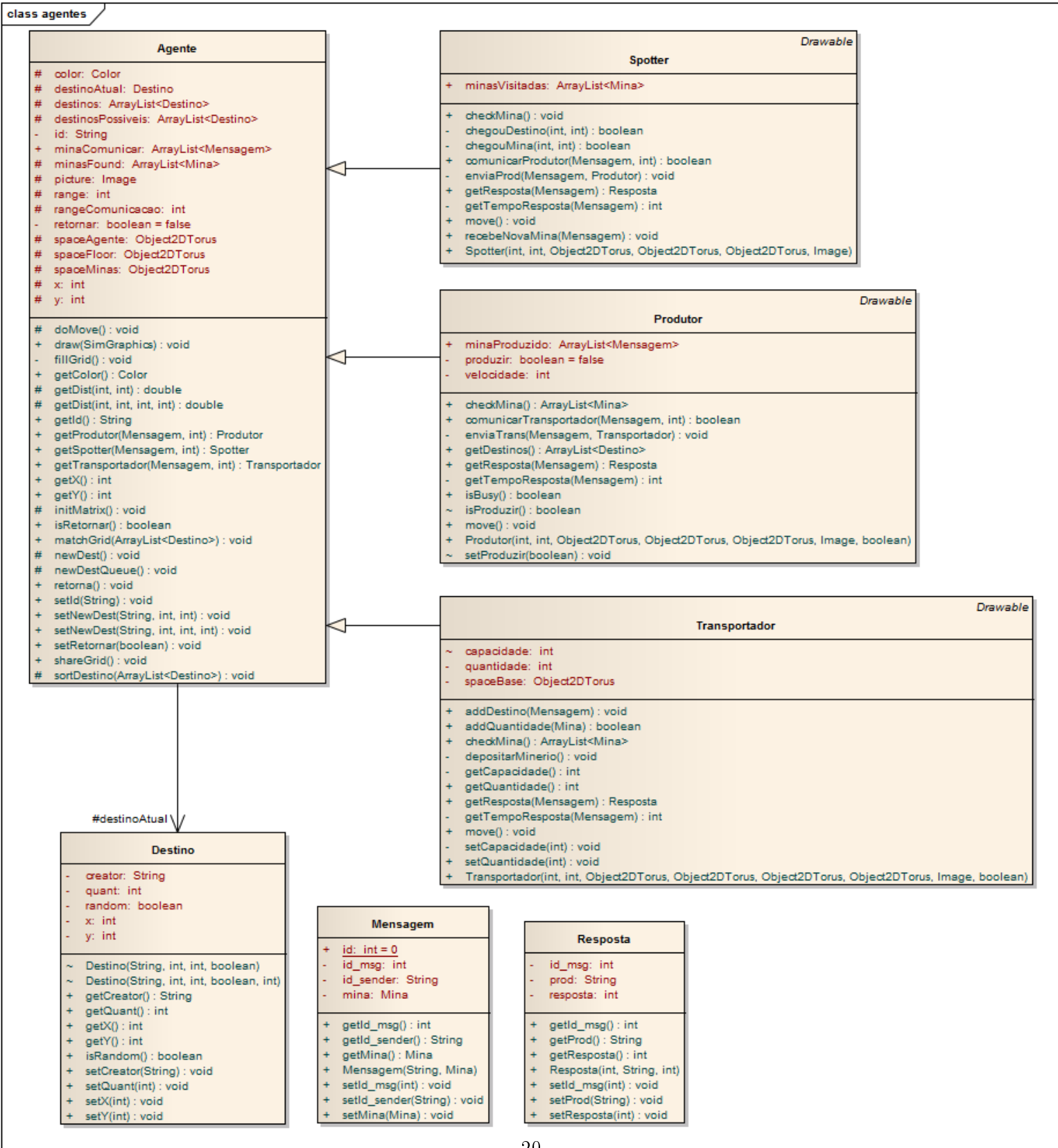
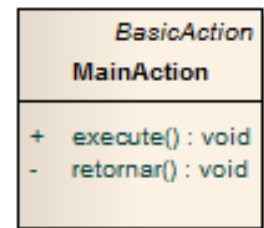
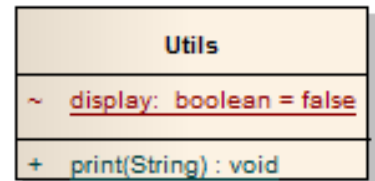
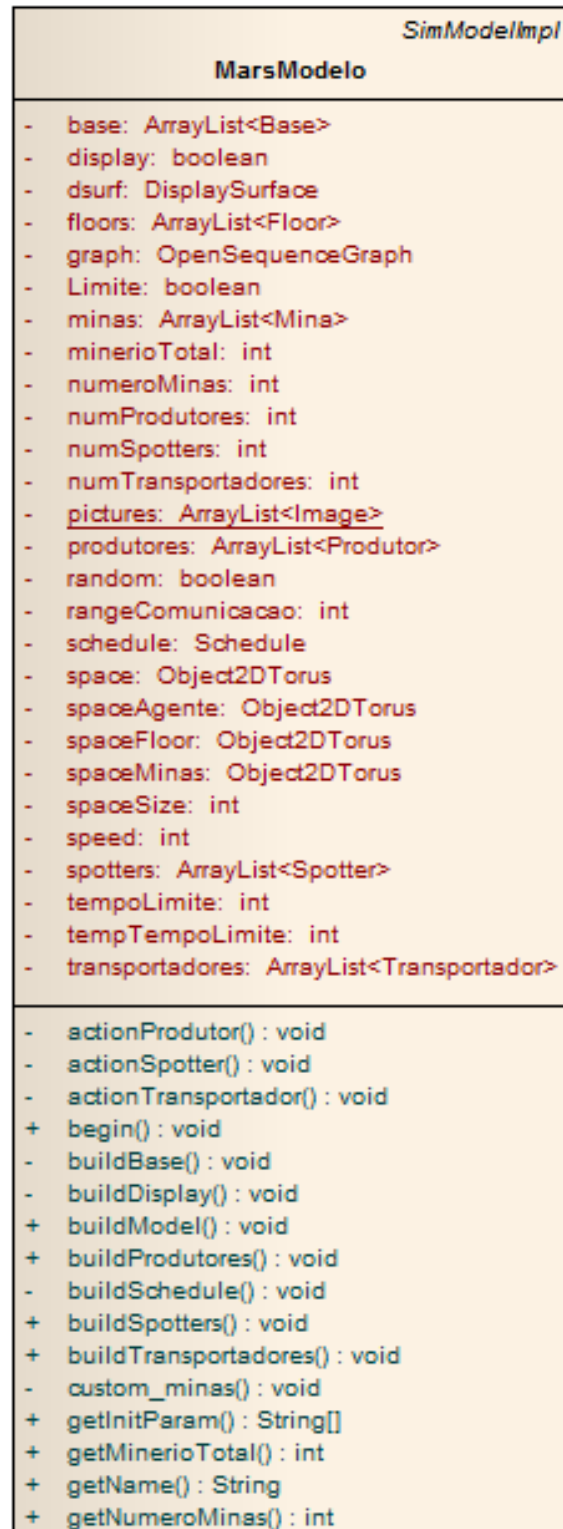
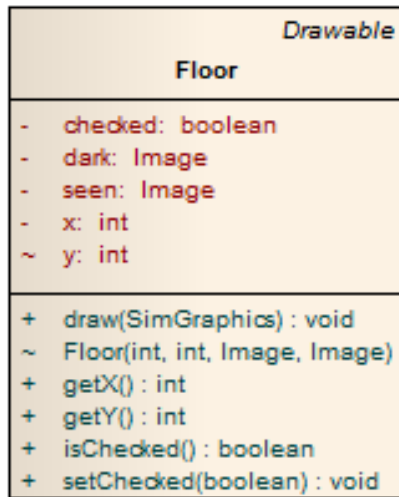


Figura .2: Agentes

class modelo



```

+ getNumProdutores() : int
+ getNumSpotters() : int
+ getNumTransportadores() : int
+ getRangeComunicacao() : int
+ getSchedule() : Schedule
+ getSpaceSize() : int
+ getSpeed() : int
+ getTempoLimite() : int
+ isDisplay() : boolean
+ isLimite() : boolean
+ isRandom() : boolean
- loadImages() : void
+ main(String[]) : void
+ MarsModelo()
- random_minas() : void
+ setDisplay(boolean) : void
+ setMinerioTotal(int) : void
+ setNumeroMinas(int) : void
+ setNumProdutores(int) : void
+ setNumSpotters(int) : void
+ setNumTransportadores(int) : void
+ setRandom(boolean) : void
+ setRangeComunicacao(int) : void
+ setSpaceSize(int) : void
+ setSpeed(int) : void
+ setTempoLimite(int) : void
+ setup() : void
«property set»
+ setLimite(boolean) : void

```

Figura .4: Modelo (parte 2)

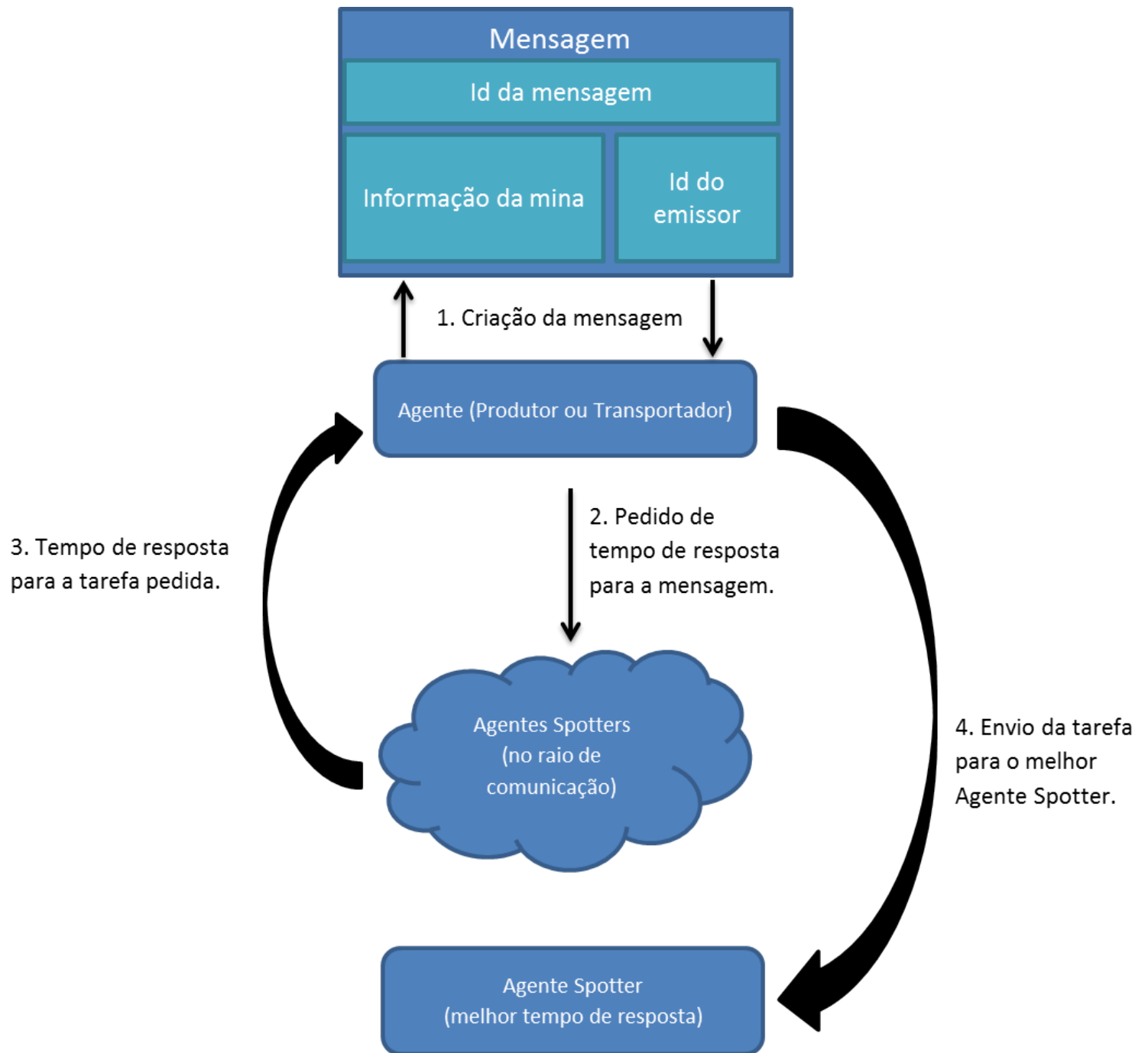


Figura .5: Pedido de Análise

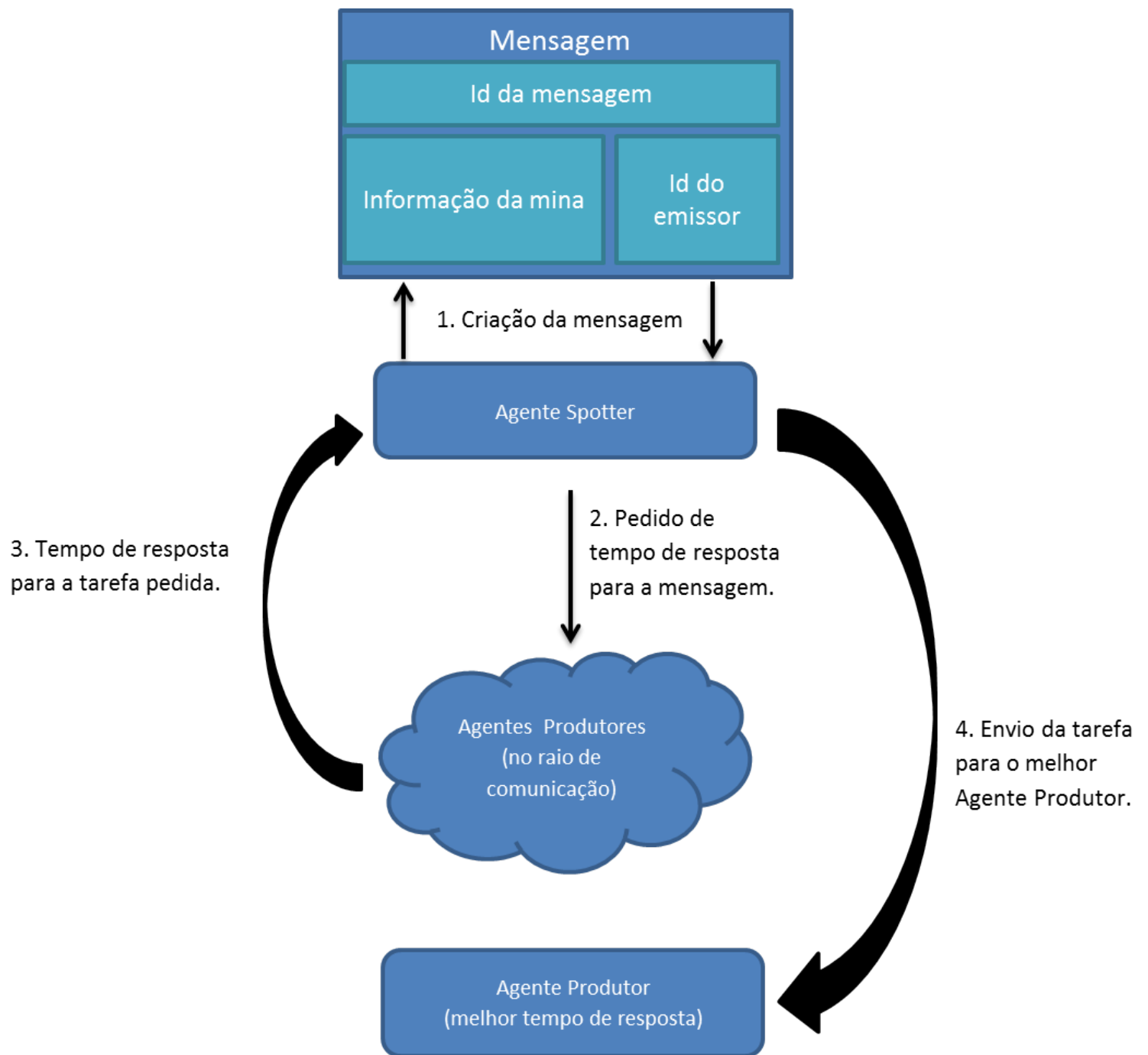


Figura .6: Pedido de Extração

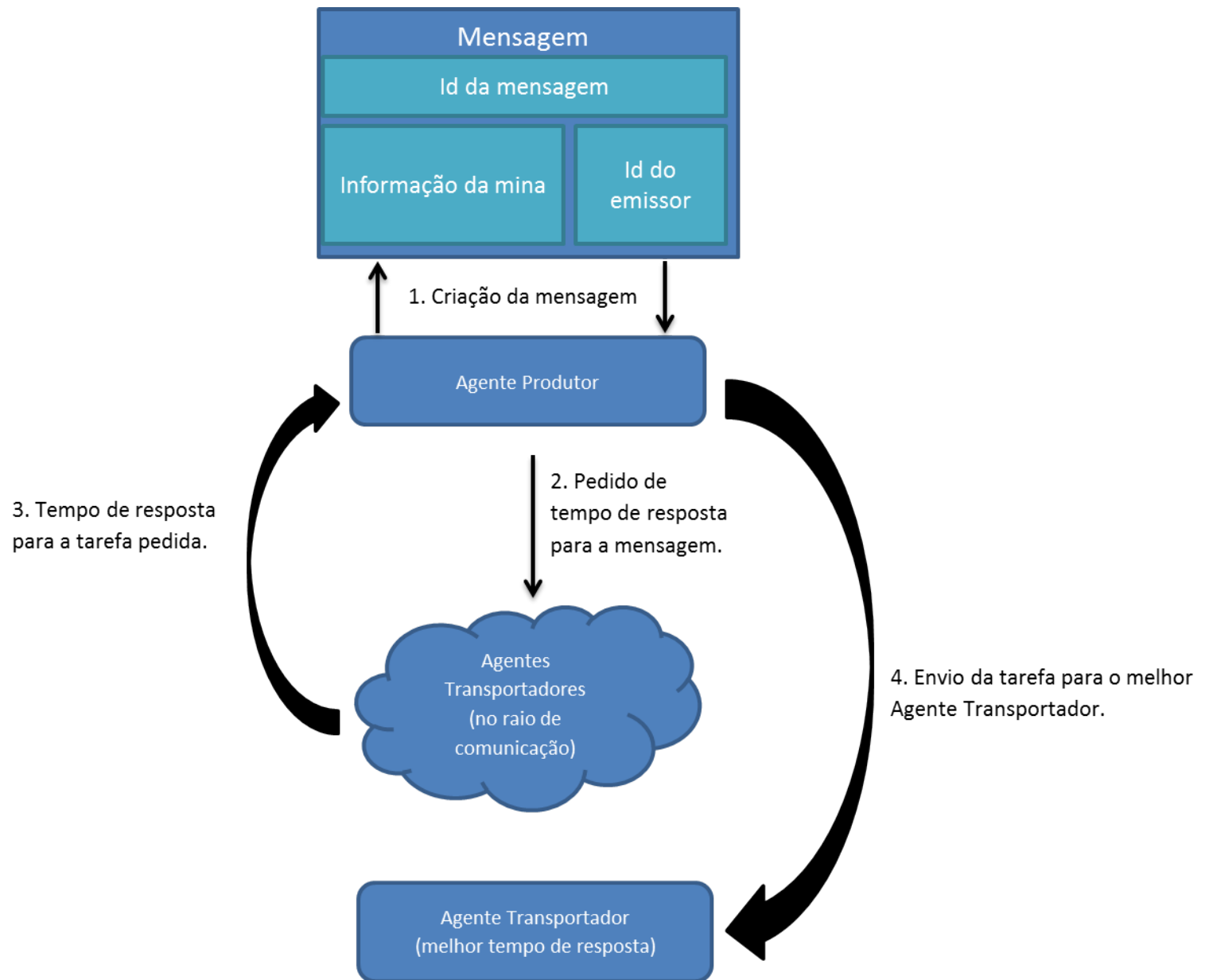


Figura .7: Pedido de Transporte

Manual de Utilizador

1. Executar o ficheiro mars.jar
2. No menu de parâmetros, configurar as definições desejadas.

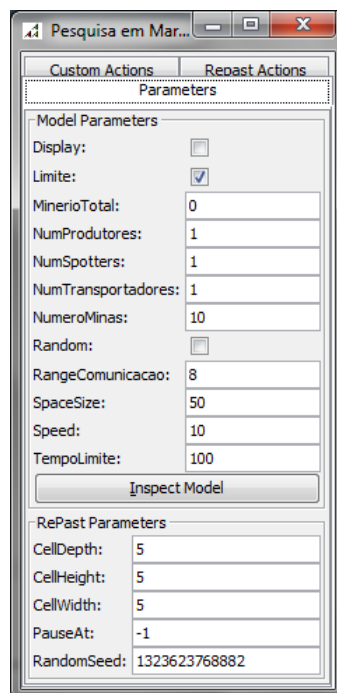


Figura .1: Menu de Parâmetros

3. A opção Display permite escolher se se quer visualizar o modo gráfico ou apenas correr o modelo (para efeitos de teste) mais rapidamente.

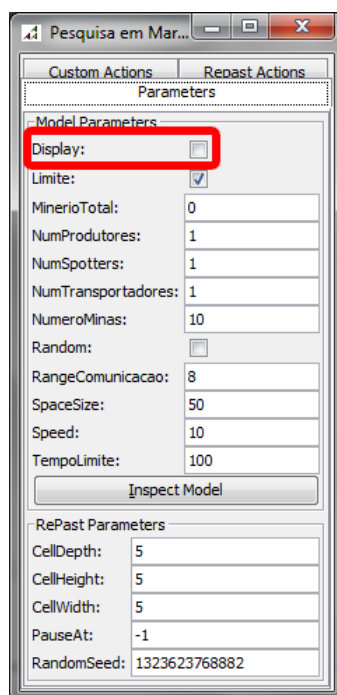


Figura .2: Menu de Parâmetros - Display

4. A opção Limite permite escolher se se quer definir um tempo limite ou correr durante tempo indeterminado.

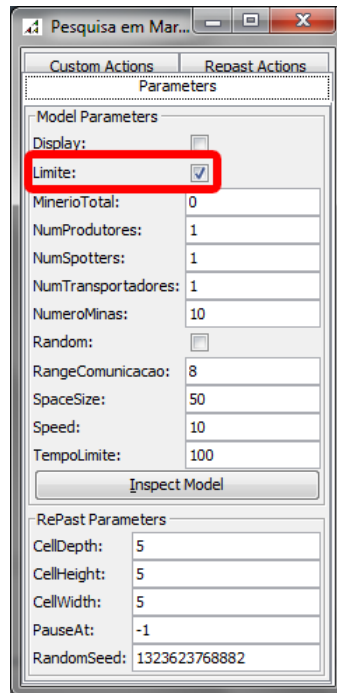


Figura .3: Menu de Parâmetros - Limite

5. As opções NumProdutores, NumSpotters e NumTransportadores permitem escolher o número de Agentes de cada tipo.

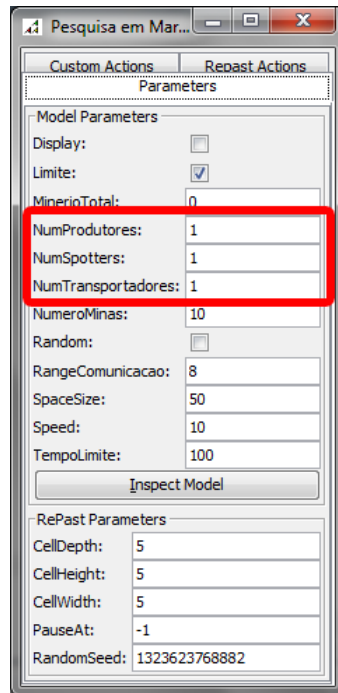


Figura .4: Menu de Parâmetros - Agentes

6. A opção NumeroMinas permite escolher o número de minas.

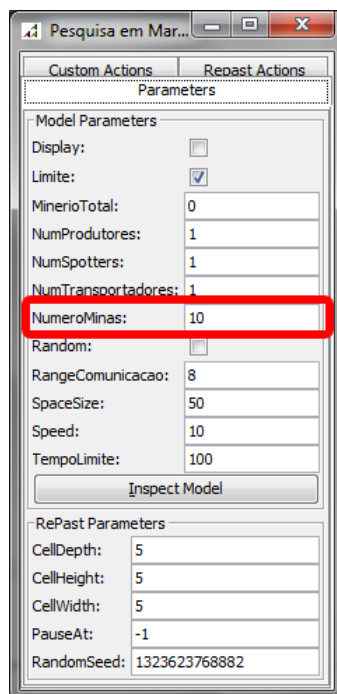


Figura .5: Menu de Parâmetros - Minas

7. A opção Random permite escolher se se quer um ambiente aleatório (posição das minas, quantidade de minério, velocidades de produção e capacidades dos Agentes) ou constante.

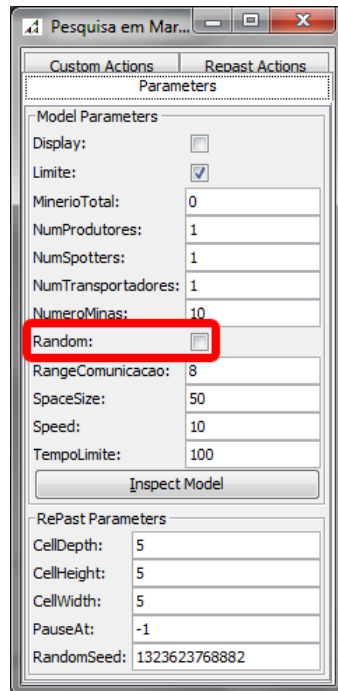


Figura .6: Menu de Parâmetros - Random

8. A opção RangeComunicacao permite definir o raio de comunicação dos Agentes. Um valor igual a metade do tamanho do ambiente corresponde a comunicação global.

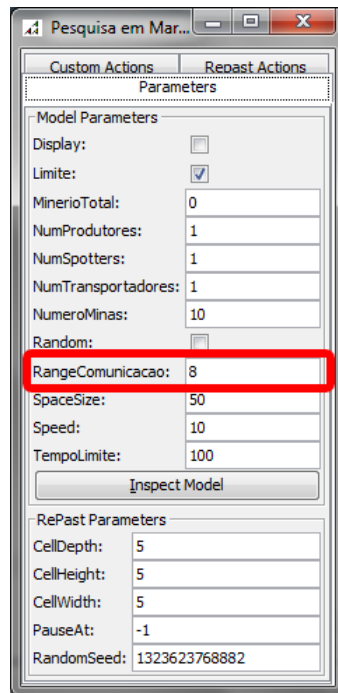


Figura .7: Menu de Parâmetros - Alcance de Comunicação

9. A opção SpaceSize permite definir o tamanho do ambiente. Sendo que o ambiente é do tipo Torus, terá as dimensões SpaceSize x SpaceSize.

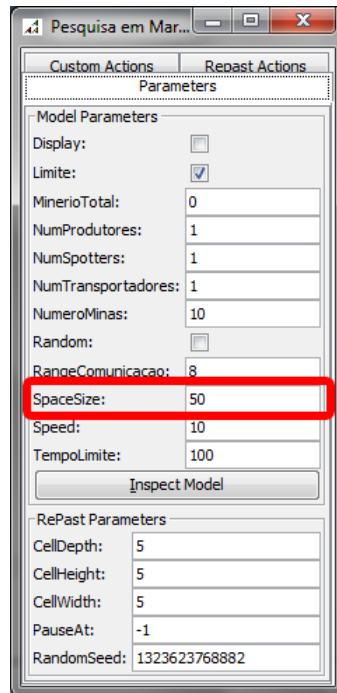


Figura .8: Menu de Parâmetros - Dimensão

10. A opção Velocidade permite definir o intervalo de ticks entre cada passo da execução. Portanto, quanto menor o valor introduzido, maior será a velocidade.

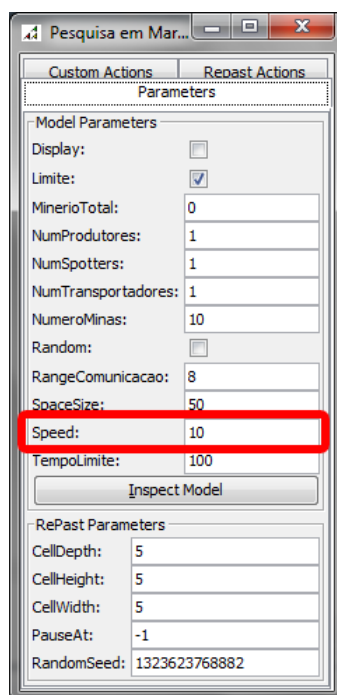


Figura .9: Menu de Parâmetros - Velocidade

11. A opção TempoLimite permite definir o intervalo de tempo que os Agentes possuem para explorar o ambiente e recolher o minério antes de regressarem à Base.

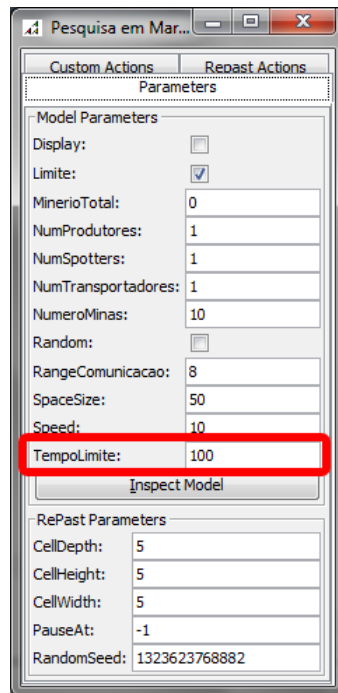


Figura .10: Menu de Parâmetros - Tempo Limite

12. Clicar no botão Play no Menu Repast.



Figura .11: Menu Repast

13. Pesquisa em Marte Display - ambiente gráfico da simulação (Agentes cinzentos: *Spotters*, Agentes verdes: *Produtores*, Agentes Vermelhos: *Transportadores*, Retângulo castanho: base, Círculos : Minas (Vermelho - Por descobrir, Rosa - Por analisar, Cinzento - Por extrair, Amarelo - Por transportar)).

Data - Gráfico da evolução de minério extraído em função do tempo.

RePast Output - Indicações enviadas pelos Agentes.

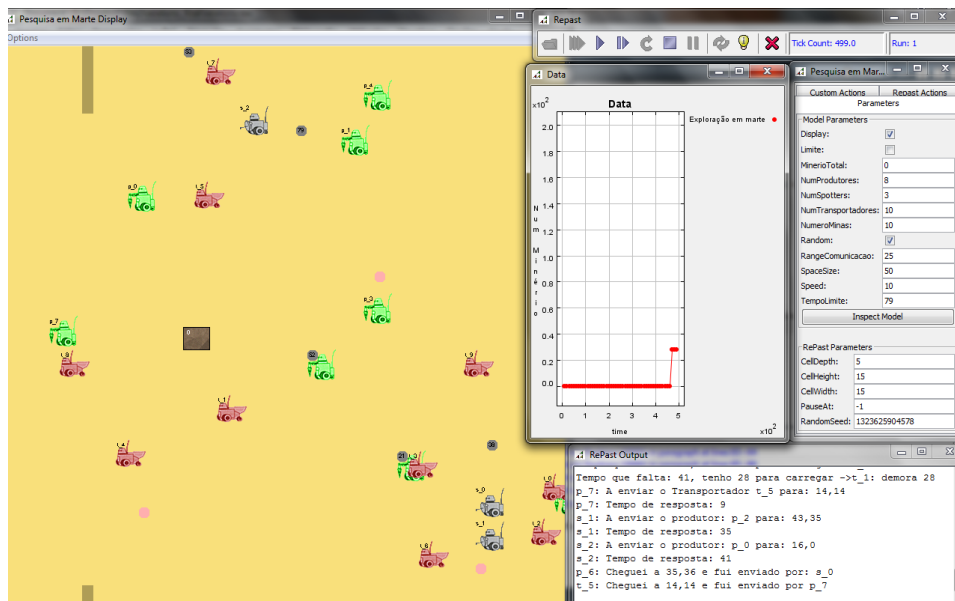


Figura .12: Exploração em Marte