

3 Proposta

Neste capítulo será apresentada a abordagem proposta nesta dissertação, que propõe o emprego do conceito de reputação de agentes na simulação de bolsas de valores. Inicialmente, será apresentada uma visão geral da proposta. Em seguida, serão discutidos os detalhes da arquitetura e implementação do sistema, com foco nos agentes do sistema e suas interações. Será explicitada a forma como se manifesta o conceito de reputação no sistema proposto. Adicionalmente, serão apresentadas possíveis estratégias a serem adotadas por agentes participantes da simulação. Finalmente, tratar-se-á de uma competição que emprega o sistema desenvolvido.

3.1 Visão Geral

Este trabalho propõe o uso, em sistemas multi-agentes, do conceito de reputação de agentes de software na simulação de bolsas de valores. Para isso, são apresentadas as características arquiteturais de um sistema capaz de realizar essa simulação e permitir o emprego do conceito mencionado.

O desenvolvimento aqui apresentado teve como base o trabalho previamente realizado em (Aze08b) (apresentado na seção 2.1), no qual foi proposto um simulador para o mercado de capitais. Esse simulador, no entanto, não previa meios para a troca de mensagens entre os agentes, o que restringia as possibilidades de implementação de conceitos básicos inerentes a sistemas multi-agentes, como organização, cooperação, comunicação, negociação etc.

Com o intuito de simular o mercado de bolsas de valores e permitir a troca de informações entre os agentes de software propõe-se um sistema que possui um simulador centralizado, responsável por gerenciar as simulações, e múltiplos agentes. Esses agentes podem pertencer a uma de duas diferentes categorias: aqueles que desempenham o papel de investidores (doravante investidores) e aqueles que exercem a função de corretoras de valores (doravante corretoras). Investidores têm o objetivo de auferir lucro em suas transações com ativos financeiros e corretoras atuam como conselheiras, indicando os melhores negócios disponíveis.

Nesse domínio, a reputação deve ser utilizada como uma forma de maximizar o objetivo dos investidores – o lucro. Assim, o conceito de reputação é trabalhado como um meio para atingir decisões de investimento mais acertadas e confiáveis. Para alcançar o objetivo traçado, investidores devem raciocinar não somente sobre a reputação dos demais agentes, como também sobre estratégias de investimento.

Para a implementação das trocas de informações de reputação entre os agentes propõe-se o uso da Reputação Certificada (Huy06), discutida na subseção 2.2.2. Essa escolha deu-se pelo pequeno número de interações necessárias para a construção de um modelo de reputação consistente. Como, nos mercados de capitais, “tempo é dinheiro”, um modelo capaz de determinar rapidamente as fontes de bons conselhos de investimentos é imprescindível.

Após utilizarem os serviços de determinada corretora, investidores devem submeter à própria corretora uma avaliação sobre o desempenho da mesma, em termos da qualidade dos conselhos oferecidos. As corretoras escolhem algumas dessas avaliações para apresentar para possíveis futuros parceiros, construindo, assim, suas Reputações Certificadas.

Além disso, é permitido aos investidores dialogarem entre si sobre suas experiências passadas com alguma corretora em particular. Dessa forma, investidores podem avaliar as corretoras que fornecem melhores indicações. Ou seja, a troca de informações de reputação das corretoras pode ocorrer, também, diretamente entre os investidores. Logo, investidores devem gerenciar, ainda, a reputação dos demais investidores, de modo a determinar aqueles que transmitem informações confiáveis.

O sistema proposto, portanto, permite a incorporação tanto da experiência dos agentes, quanto da troca de mensagens entre eles. Dessa forma, de acordo com a tipologia proposta em (Mui02), conforme indicado na subseção 2.2.1, são empregadas, primordialmente, a reputação individual direta de interação (oriunda das transações realizadas entre investidores e corretoras) e a reputação individual indireta propagada (oriunda tanto das Reputações Certificadas das corretoras, quanto dos diálogos entre os investidores). Assim, um investidor pode confiar na sua experiência com certa corretora, ou ainda na opinião de outros investidores sobre a mesma.

3.2 Arquitetura

De acordo com a arquitetura proposta, agentes podem ser executados em diferentes máquinas, comunicando-se através da internet. É importante salientar que toda comunicação será intermediada pelo simulador, de forma

a assegurar as funções de supervisão inerentes ao mesmo. Desse modo, comunicações agente-agente são submetidas ao simulador que se encarrega de repassá-las ao destinatário.

A arquitetura proposta para o sistema é apresentada na Figura 3.1.

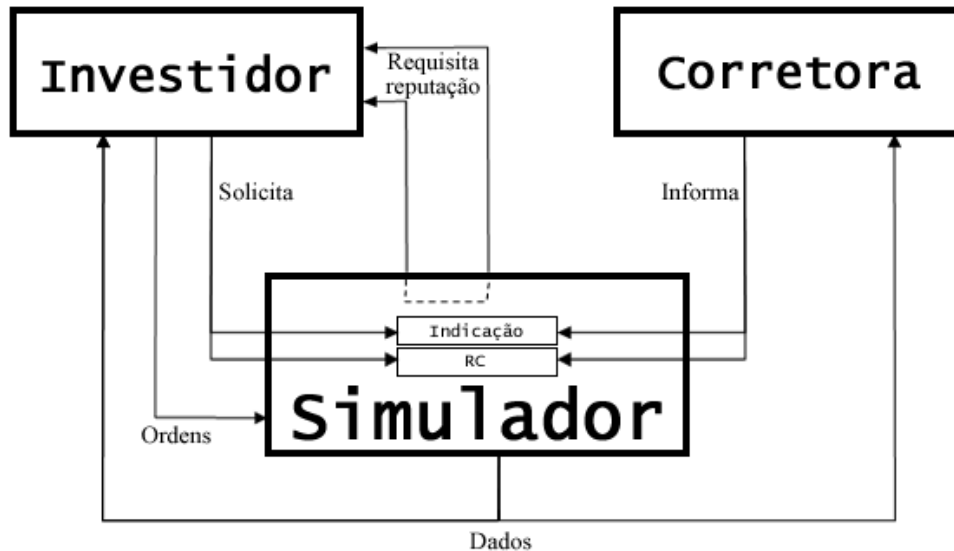


Figura 3.1: Arquitetura do sistema proposto

3.3

Atores

Nesta seção serão apresentados os atores que integram o sistema proposto: o simulador, os investidores e as corretoras. Serão especificadas as principais atribuições de cada um deles.

Simulador

O simulador, derivado da implementação apresentada em (Aze08a), deve gerenciar, intermediar e executar as transações solicitadas. Além das funções originais de fornecer a cotação dos ativos e executar ordens de compra/venda de ativos, o mesmo foi estendido de maneira a propagar mensagens na comunicação agente-agente, armazenar dados intermediários no processo de solicitação de reputação, diferenciar os dois diferentes tipos de agentes presentes na simulação, possibilitar transações de indicação de compra de ativos e gerenciar os dados necessários à nova arquitetura.

É importante destacar que, em alguns momentos, o simulador pode armazenar dados que possivelmente serão requisitados em transações futuras, de modo a otimizar o processo de troca de informações durante as simulações. Assim, o simulador antecipa-se a algumas requisições, mantendo dados armazenados para entrega imediata ao agente que os solicitar.

O simulador mantém um histórico com as cotações passadas dos principais ativos financeiros negociados na BOVESPA¹(Bov09). Essas cotações estão disponíveis para consulta dos agentes participantes de cada simulação. Compete ao simulador impedir que dados futuros (referentes a dias posteriores ao dia corrente da simulação em curso) sejam acessados.

O simulador é responsável por gerenciar as carteiras – conjunto de ativos possuídos por determinado investidor em certo momento – dos investidores. Ou seja, deve impedir que alguém compre algo pelo qual não pode pagar ou tente vender algo que não possui. Além disso, o simulador informa, no início de cada rodada da simulação (um dia útil), a carteira corrente de cada investidor.

No início de cada rodada, o simulador, também, informa a investidores e corretoras os dados que precisam para determinar suas estratégias para a rodada corrente. Às corretoras, são repassados os preços praticados por suas concorrentes e o número de clientes de cada uma delas. Os investidores são informados sobre sua carteira corrente, o montante restante disponível para transações e os preços praticados por cada corretora.

Ao intermediar uma comunicação agente-agente, o simulador deve repassar a mensagem enviada, bem como realizar funções administrativas relativas à transação solicitada. Por exemplo, quando um investidor solicita uma indicação a uma corretora há um custo, sendo responsabilidade do simulador deduzir o valor da conta do investidor e transferi-lo à conta da corretora, caso haja fundos para tal operação.

Conforme mencionado anteriormente, o simulador pode armazenar alguns dados intermediários para otimizar o processo de comunicação com os agentes. Em cada rodada, o simulador solicita e armazena as indicações de todas as corretoras. Caso um ou mais investidores solicitem as indicações de uma corretora x , as mesmas são enviadas para todos sem que seja necessário contatar a corretora x . Isso reduz o tráfego de rede e reduz o tempo de espera por uma resposta.

Investidores

Investidores têm como objetivo principal a obtenção de lucro financeiro por meio de negociações de compra e venda de ativos financeiros. Assim, devem ser capazes de tomar decisões de investimento: quais ativos negociar e o montante empregado em cada transação. Esse processo de decisão pode empregar técnicas como análise técnica e inteligência artificial.

Para auxiliar o procedimento decisório, investidores têm a oportunidade de consultar corretoras em busca de conselhos de investimentos, denominados

¹Bolsa de Valores de São Paulo

indicações (uma lista de ativos recomendados para compra/venda em data específica). No momento de definir quais corretoras consultar, os investidores devem ponderar as reputações das mesmas, de modo a escolherem aquelas que provêem as indicações mais acuradas.

Para inferir quais são as melhores corretoras, um investidor deve raciocinar a respeito das informações de reputação que possui. Essas informações podem ser oriundas de experiências passadas do próprio investidor, avaliações presentes nas Reputações Certificadas ou opiniões obtidas junto a outros investidores. Com isso, é importante manter, também, a reputação dos demais investidores, de maneira a determinar aqueles que fornecem informações mais confiáveis sobre o desempenho das corretoras.

Além de utilizarem os serviços de indicação das corretoras, investidores devem usar, ainda, seus serviços de corretagem. Ou seja, investidores escolhem uma corretora através da qual operar, pagando a devida taxa de corretagem correspondente. Ao escolher uma corretora para comprar um ativo, um investidor recebe, gratuitamente, no futuro, indicações de momentos de venda para aquele ativo até que o mesmo seja efetivamente vendido. Assim, a escolha da corretora pela qual operar também deve considerar a capacidade da mesma de produzir conselhos úteis. Ao vender um ativo, o investidor deve operar através da mesma corretora pela qual o comprou.

A estratégia individual de cada investidor vai determinar um maior ou menor grau de dependência das indicações obtidas. Um investidor pode ignorar completamente os conselhos das corretoras, enquanto outro pode depender quase que exclusivamente desses conselhos. Uma possível estratégia intermediária é instituir um aprendizado dinâmico (conforme a tendência do mercado, o ativo negociado etc.) que determine pesos para as decisões, ora tomadas por conta própria, ora tomadas de acordo com as indicações.

A mesma estratégia de atribuir pesos dinamicamente, inspirada em (Ful07) (subseção 2.2.5), pode ser usada para determinar se um investidor confiará mais em sua própria experiência com uma corretora em particular, ou em avaliações sobre a mesma realizadas por outros investidores (obtidas ou por consulta direta, ou por meio das Reputações Certificadas).

As avaliações de um agente sobre uma corretora consistem em relatos de operações realizadas em que são indicados a data da operação, o ativo negociado e um valor (no intervalo $[-1;1]$) que traduz o grau de (in)satisfação do agente com a corretora. Sempre após a conclusão de uma operação de venda, o investidor submete à corretora pela qual operou sua avaliação sobre a mesma. As corretoras usam essas avaliações para compor seus “currículos”, de acordo com os conceitos da Reputação Certificada. Ao requisitar a Reputação Certi-

ficada de uma corretora, um investidor receberá uma lista com as avaliações de outros investidores sobre ela.

Compete a cada investidor definir uma métrica própria para gerar as avaliações sobre as corretoras. Após o término do ciclo de transações que envolvem um agente e uma corretora (o agente avalia a reputação da corretora, pede um conselho a ela, submete uma ordem de compra para um ativo e o vende em alguma data futura), o investidor deve gerar sua avaliação sobre a corretora. É possível considerar o lucro/prejuízo percentual obtido, o desempenho relativo do investimento frente a determinado índices (como o Ibovespa) no mesmo período, entre outras abordagens. Finalmente, a avaliação deve ser enviada à corretora.

Ao requisitar a Reputação Certificada de uma corretora ou pedir avaliações a outro investidor, é relevante considerar as fontes dessas avaliações, ou seja, o investidor que as submeteu. A reputação, em termos de confiabilidade, do avaliador deve ser ponderada quando a avaliação for considerada. Para isso, pode-se usar uma adaptação da estratégia apresentada em (Yu03) (subseção 2.2.3), que analisa a credibilidade das informações recebidas comparando-as com dados previamente conhecidos. Dessa forma, quando o investidor a pergunta ao investidor b a respeito da corretora x (sobre a qual a possui informações), a pode comparar as informações recebidas com aquelas que já conhecia. Se forem semelhantes, o grau de confiança de a em b é aumentado.

Corretoras

As corretoras implementadas neste trabalho são responsáveis por duas funções principais: fornecer indicações de compra/venda de ações quando solicitadas e intermediar as transações com ativos financeiros. É importante ressaltar que sempre que um investidor desejar transacionar algum ativo, ele deve indicar, necessariamente, ao simulador qual a corretora escolhida para realizar a referida operação. Assim, o simulador pode transferir corretamente os custos de corretagem da conta do investidor para a conta da corretora.

Às corretoras é permitido definir, a cada rodada, o preço que cobrarão por seus serviços. Para auxiliá-las nessa tarefa, são informadas pelo simulador sobre os preços praticados por suas concorrentes, bem como a quantidade de clientes angariados por cada uma delas.

As corretoras dispõem, por meio de consulta ao simulador, do histórico de cotações dos ativos para gerar suas indicações. Empregando técnicas como análise técnica e inteligência artificial, elas devem fornecer, para cada dia, uma lista indicando ou a compra, ou a venda de determinados ativos.

Como são remuneradas pelas indicações requisitadas, as corretoras devem gerar as melhores indicações possíveis, de modo a angariar um maior número de clientes, maximizando o lucro. Novamente, o lucro – ou acumulação de capital – é o objetivo a ser atingido.

Por serem intermediárias necessárias no processo de negociação de ativos, as corretoras fazem jus ao recebimento dos custos de corretagem. Ao definir seus preços, elas devem considerar o custo/benefício dos valores praticados. Ao comprar dada ação por uma corretora, um investidor também está comprando o futuro aviso de venda dessa corretora para essa ação. Dessa forma, um investidor pode decidir pagar uma corretagem um pouco maior se confiar nas indicações da corretora escolhida.

Compete a cada corretora gerenciar as avaliações recebidas dos investidores, selecionando aquelas que serão incluídas no seu “currículo” (de acordo com os conceitos da Reputação Certificada), de modo a atestar seu desempenho frente a potenciais novos clientes. A lista com as avaliações indicadas será submetida aos investidores que vierem a requisitar a Reputação Certificada da corretora em questão. Assim, é esperado que as piores avaliações sejam descartadas pelas corretoras.

3.4 Interações

Nesta seção serão detalhadas todas as possíveis interações entre os agentes participantes da simulação, apresentados na seção anterior. A partir do que já foi, introdutoriamente, apresentado, serão delineadas as particularidades de cada uma das interações, tanto aquelas que envolvem os agentes e o simulador, quanto aquelas em que o simulador atua como intermediário na comunicação entre os agentes.

Para cada dia útil da simulação, no início de cada rodada, as corretoras devem informar o simulador sobre os preços praticados, as indicações de transações e o conjunto de avaliações que compõem a Reputação Certificada. Os preços serão repassados aos investidores para que esses possam usá-los em seus processos decisórios. Os demais dados ficarão disponíveis para imediata resposta a requisições que possam ser realizadas pelos investidores.

Os investidores podem solicitar dados de reputação, tanto às corretoras, quanto a outros investidores (sempre por intermédio do simulador). No primeiro caso, a solicitação realizada ao simulador é prontamente respondida com os dados previamente obtidos junto às corretoras. No segundo caso, o simulador repassa o pedido ao investidor solicitado, identificando a fonte da requisição. Caso o investidor consultado responda, o simulador repassa as in-

formações ao investidor solicitante.

Investidores também interagem com as corretoras por meio da solicitação de indicações. Quando esse tipo de requisição é enviado ao simulador, o mesmo responde com os dados anteriormente submetidos pelas corretoras. Nesse instante, o simulador atualiza os saldos das contas dos agentes envolvidos na transação.

Após todas as possíveis análises e processamentos individuais, os investidores submetem ao simulador as ordens de compra/venda de ativos financeiros. O simulador, então, atualiza a carteira dos investidores e o saldo disponível em suas contas.

Finalmente, a última interação originada dos agentes é o envio da avaliação dos investidores sobre as corretoras pelas quais eles submeteram uma ordem de venda de ativos. Ao submeter uma ordem de venda, é encerrado um ciclo de negociação: o investidor (provavelmente) escolheu a corretora com base na reputação que conhecia sobre ela, (possivelmente) pediu uma indicação a ela, submeteu uma ordem de compra por meio dessa corretora e, finalmente, encerrou sua posição comprada para aquele ativo específico. Nesse momento, o investidor deve submeter sua avaliação à corretora. As avaliações podem tomar valores positivos e negativos. Uma avaliação próxima a zero (portanto, neutra) pode indicar que o investidor não seguiu os conselhos da corretora, havendo pouca influência da mesma sobre o lucro/prejuízo auferido na operação.

Além das interações anteriormente apresentadas, há interações originadas do simulador com todos os agentes para a transmissão de dados necessários às estratégias de cada um, conforme foi explicado anteriormente. As informações relativas às cotações dos ativos permanecem disponíveis aos agentes durante o período de cada simulação.

A Figura 3.2 apresenta um diagrama de atividades com um resumo simplificado das interações propostas. Esse resumo foi simplificado por motivos didáticos, assim é importante ressaltar que nele são omitidas funções do simulador, como a intermediação de mensagens e o armazenamento de dados intermediários. O investidor a representa os principais passos seguidos pelos investidores. Ele solicita opiniões ao investidor b e indicações à corretora x , após consultar a Reputação Certificada da mesma.

3.5 Reputação

Nesta seção serão explicitados os mecanismos empregados para apurar a reputação dos agentes do sistema. Serão fornecidos exemplos para ajudar a elucidar as informações apresentadas. Vale recordar que a Reputação Cer-

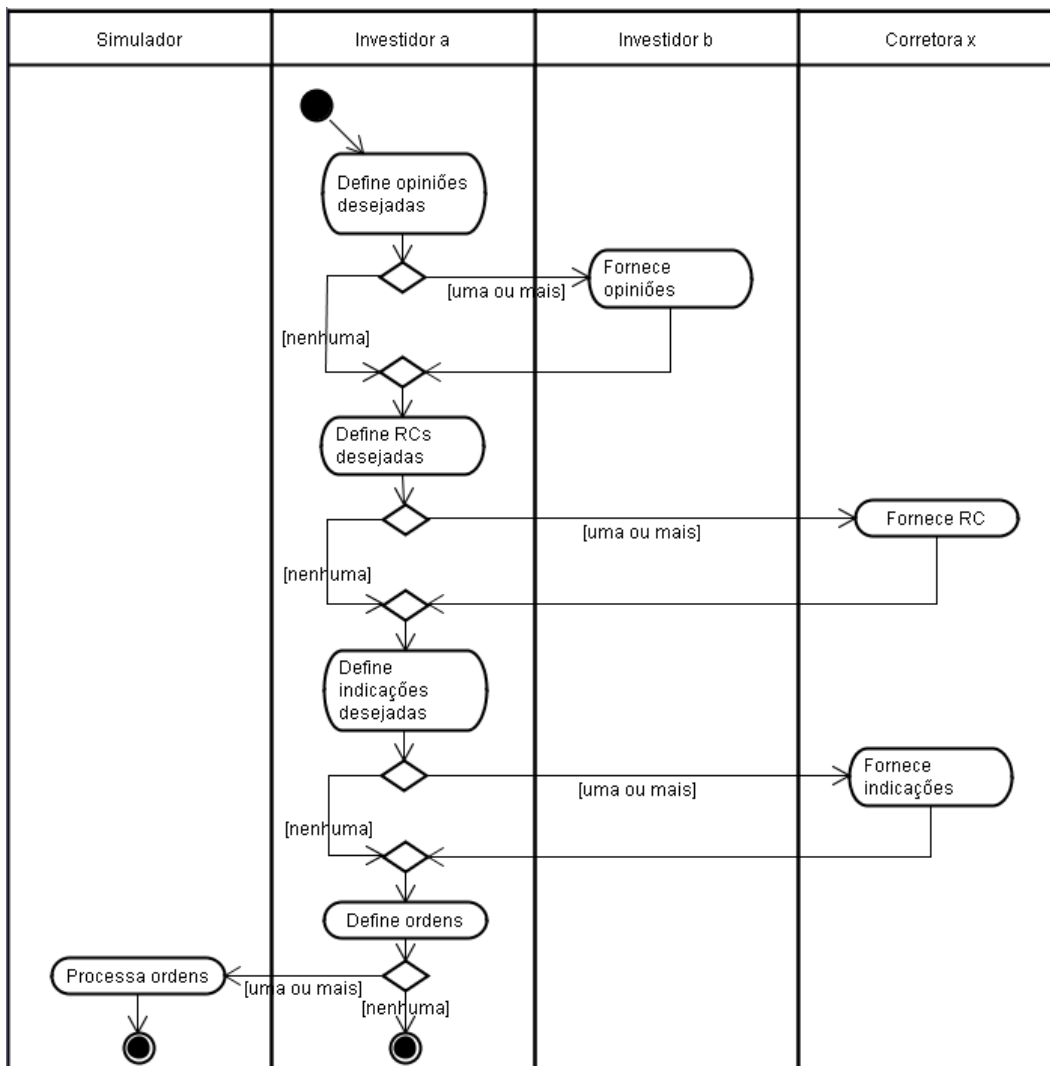


Figura 3.2: Diagrama de atividade das interações propostas

tificada (Huy06) (subseção 2.2.2) foi escolhida para embasar a proposta aqui apresentada.

Para construir as reputações, os investidores devem se basear no conjunto de avaliações que possuem sobre as corretoras. Cada avaliação pode ser entendida como uma tupla $A = \{investidor, corretora, data, ativo, valor\}$, onde os dados presentes representam, respectivamente, o investidor avaliador, a corretora avaliada, a data da avaliação (momento de venda do ativo), o ativo negociado e o valor da avaliação. Esse valor é um número no intervalo $[-1;1]$. A melhor avaliação possível recebe o grau 1, enquanto a pior, o grau -1 . O grau 0 indica uma avaliação neutra.

As corretoras usam as avaliações recebidas para compor o conjunto de avaliações que será disponibilizado aos investidores que desejarem obter maiores informações sobre a reputação das corretoras. As corretoras têm a liberdade para escolher as avaliações que serão incluídas no conjunto para

demonstração. Esse conjunto pode, ainda, ser atualizado a cada rodada da simulação. A Tabela 3.1 indica um exemplo de Reputação Certificada para uma corretora x .

Investidor	Data da Venda	Ativo Negociado	Avaliação
Inv. c	16/05/2009	BBAS3	+0,93
Inv. c	17/05/2009	VALE3	+0,95
Inv. d	13/05/2009	VALE3	+0,89
Inv. e	17/05/2009	PETR4	+0,92

Tabela 3.1: Exemplo de Reputação Certificada para uma corretora

Investidores podem indagar uns aos outros a respeito de informações sobre uma corretora específica. Isso se traduz em um pedido para que o investidor solicitado compartilhe parte de sua base de dados com o investidor solicitante. O solicitado pode ignorar o pedido, atendê-lo ou responder com informações falsas. A estratégia de cada agente determinará a ação a tomar.

Como pode haver a troca de informações espúrias, é fundamental que os investidores mantenham um controle sobre a reputação dos demais investidores. Isso é importante, também, ao ponderar a relevância das fontes das avaliações presentes nas Reputações Certificadas das corretoras. Para isso, pode ser considerada a abordagem apresentada em (Yu03) (subseção 2.2.3), realizando uma comparação das informações obtidas a partir de terceiros com aquelas angariadas por conta própria. Caso haja semelhanças, há uma contribuição positiva para a confiabilidade da fonte das informações recebidas.

Internamente, portanto, investidores devem armazenar os dados colhidos por meio de interações passadas, obtidos junto às corretoras e reunidos a partir de informações de outros investidores. A Tabela 3.2 apresenta um exemplo de banco de dados interno de um investidor a . É importante observar que as três primeiras linhas contêm informações de interações passadas desse investidor; as quatro linhas seguintes representam os dados que ele obteve ao consultar a Reputação Certificada da corretora x ; finalmente, as duas últimas linhas contêm informações obtidas por meio de uma consulta ao investidor b .

3.6

Estratégias para Agentes

Nesta seção serão apresentados alguns exemplos básicos de estratégias que podem servir como base para desenvolvedores que desejem implementar agentes para submissão ao simulador. O foco será, fundamentalmente, sobre os conceitos de reputação.

Investidor	Data da Venda	Corretora	Ativo Negociado	Avaliação
Inv. <i>a</i>	29/04/2009	Corr. <i>w</i>	PETR4	-0,83
Inv. <i>a</i>	02/05/2009	Corr. <i>w</i>	VALE3	-0,62
Inv. <i>a</i>	11/05/2009	Corr. <i>y</i>	PETR4	+0,96
Inv. <i>c</i>	16/05/2009	Corr. <i>x</i>	BBAS3	+0,93
Inv. <i>c</i>	17/05/2009	Corr. <i>x</i>	VALE3	+0,95
Inv. <i>d</i>	13/05/2009	Corr. <i>x</i>	VALE3	+0,89
Inv. <i>e</i>	17/05/2009	Corr. <i>x</i>	PETR4	+0,92
Inv. <i>b</i>	10/05/2009	Corr. <i>x</i>	VALE3	-0,12
Inv. <i>b</i>	26/04/2009	Corr. <i>y</i>	CMIG3	+0,64

Tabela 3.2: Exemplo de banco de dados interno de um investidor

Corretoras

Quanto melhores são as indicações que uma corretora fornece, maior é o número de clientes conquistados. Com isso, há um maior fluxo positivo no caixa. Dessa maneira, as corretoras devem disponibilizar as indicações tão acuradas quanto possível. Para isso, devem, a partir do histórico das cotações dos ativos, empregar estudos de Análise Técnica (Nor95), inteligência artificial etc. Em (Aze08a) podem ser encontradas algumas abordagens para lidar com esses dados históricos.

Para escolher as avaliações que comporão a Reputação Certificada, uma corretora pode escolher aquelas cujos valores de avaliação superem um determinado limite preestabelecido. Também é possível adotar a estratégia de apresentar os valores que integrem uma parcela superior das avaliações, por exemplo, as 10% melhores. Fundamentalmente, as corretoras devem apresentar as melhores credenciais que possuem de forma a conquistar a confiança de novos parceiros.

Além de exibir as melhores avaliações em seu “currículo”, as corretoras devem mantê-lo atualizado. Como os investidores possivelmente ponderarão as datas das avaliações apresentadas, com predileção pelas mais recentes, corretoras podem optar por substituir uma avaliação antiga por outra recente, desde que sejam equivalentes em valor.

Por fim, as corretoras devem considerar as estratégias de preço adotadas para suas indicações e taxas de corretagem. Uma possível abordagem é iniciar a simulação praticando um preço baixo para atrair clientes. Quando os mesmos houverem utilizado os serviços e constatado sua qualidade, o preço pode ser elevado de maneira a maximizar os lucros, cuidando para não afastar os investidores.

Investidores

Uma das decisões mais relevantes dos investidores diz respeito à maneira de agregar as informações de reputação obtidas das diferentes fontes – Reputações Certificadas, diretamente de outros investidores, interações passadas com as corretoras. Nesse momento, uma possível estratégia pode ser derivada de (Yu03) (subseção 2.2.3). De acordo com essa estratégia, o valor de cada avaliação deve ser ponderado de acordo com o autor da avaliação e a data. Maior peso é dado para avaliações recentes e provindas de fontes confiáveis. É possível, ainda, descartar por completo avaliações muito antigas ou de fontes comprovadamente desonestas ou imprecisas.

Os dados disponibilizados pelo sistema possibilitam aumentar o poder decisório dos investidores, permitindo que os mesmos empreguem reputação relativa ao contexto. No escopo deste trabalho, reputação relativa ao contexto significa que o investidor pode analisar a reputação de uma corretora não somente de maneira geral, mas também de forma específica, de acordo com o ativo negociado. Por exemplo, uma corretora x pode ter uma reputação intermediária, fato motivado por sua ótima reputação indicando transações com ativos PETR4 e péssima reputação indicando VALE3. Um investidor que possuía essas informações deveria evitar transacionar VALE3 com a corretora x , porém deveria escolhê-la para negociar PETR4. Caso o investidor conhecesse apenas a respeito da reputação geral intermediária de x , não poderia chegar a conclusões mais refinadas sobre a capacidade da corretora x .

Considerando o que foi apresentado no parágrafo anterior, uma possível estratégia é considerar a reputação contextualizada (relativa a um ativo específico) de uma corretora antes de uma negociação. Para isso, é razoável utilizar princípios de bancos de dados para isolar as informações relativas a uma corretora e (no sentido de ‘and’ lógico) um ativo. Isolados esses dados, aplica-se sobre eles a mesma técnica que seria usada para derivar a reputação geral de uma corretora.

De acordo com o que foi visto anteriormente, a reputação de outros investidores é relevante ao ponderar e agregar as avaliações disponibilizadas pelas corretoras. Para determinar a reputação dos demais investidores, pode ser empregada uma técnica semelhante àquela apresentada em (Yu03) (subseção 2.2.3), que compara as informações recebidas com aquelas já conhecidas, aumentando a credibilidade das fontes que fornecem dados condizentes com aqueles já conhecidos pelo agente avaliador. Inclusive, uma possível estratégia é solicitar dados a uma fonte não por necessitá-los, mas sim para atestar a confiabilidade da fonte. Ou seja, assim que um investidor operou suficientes vezes por uma corretora e tem dados confiáveis sobre a mesma, ele

pode indagar todos os demais investidores e verificar aqueles que respondem com informações em sintonia com os dados previamente colhidos.

Ao requisitar indicações a diferentes corretoras, um investidor deve agregar essas indicações de modo a definir o ativo que deseja transacionar. Nesse momento, é possível utilizar a reputação contextualizada das corretoras. Dessa maneira, se uma corretora que possui alta reputação relativa a um ativo em particular indica a compra desse ativo, isso é um sinal forte, que deve ser considerado na estratégia individual do investidor.

Uma vez definido o ativo que se deseja negociar, o investidor deve escolher por qual corretora desejará operar. Para isso, o investidor deve considerar a reputação da corretora, pois estará comprando, também, uma notificação de momento de venda para o ativo. Por outro lado, o custo de corretagem é um fator que influencia nessa decisão. Assim, o investidor deve ponderar o custo/benefício de cada corretora antes de decidir aquela pela qual operar.

Um ponto decisivo da estratégia de cada investidor é a definição do peso das informações obtidas por meio das corretoras. Cada investidor possui uma inteligência voltada para a negociação de ativos, sendo capaz de operar sem as indicações das corretoras. Portanto, os conselhos das corretoras são partes acessórias do processo de decisão. Entretanto, a inteligência financeira dos investidores pode não ser suficiente para obter o melhor desempenho possível em todos os cenários.

Tendo em vista o que foi exposto no parágrafo anterior, cada investidor deve ponderar as análises feitas por eles próprios frente àquelas obtidas junto às corretoras. Essa ponderação pode ser realizada segundo a técnica apresentada em (Ful07) (subseção 2.2.5), que pressupõe um aprendizado dinâmico do peso atribuído a cada uma dessas informações. Adaptando a técnica ao contexto deste trabalho, pode-se supor que cada investidor possui uma “corretora interna”, cuja reputação deve ser determinada da mesma forma que a das demais corretoras. Ou seja, um investidor pode classificar sua própria reputação financeira de acordo com os resultados obtidos nas transações em que ele operou seguindo suas próprias convicções. Com essa estratégia, um investidor pode, inclusive, determinar contextos nos quais é mais vantajoso seguir suas próprias idéias e aqueles nos quais é melhor seguir os conselhos das corretoras.

Outro ponto importante é a ponderação da experiência versus informações obtidas na composição da reputação das corretoras. Nos casos em que não há experiência, obviamente, as reputações devem ser derivadas das informações obtidas, seja pela Reputação Certificada, seja por outros investidores. Quando um investidor já operou por uma corretora e possui informações

de terceiros sobre ela, o mesmo deve definir como combinar essas informações. Uma possível estratégia é definir sua própria reputação como fonte de informações de reputação. Ou seja, o quão confiáveis são suas observações sobre as corretoras. Após um pequeno número de interações, há a tendência de uma reputação própria baixa no sentido de determinar as melhores corretoras.

3.7 Implementação

Um diagrama de classes conceitual da implementação interna do simulador é apresentado na Figura 3.3. No diagrama são apresentadas as principais classes implementadas, responsáveis pelas funcionalidades principais das simulações. Em cada classe, são identificados os parâmetros mais relevantes.

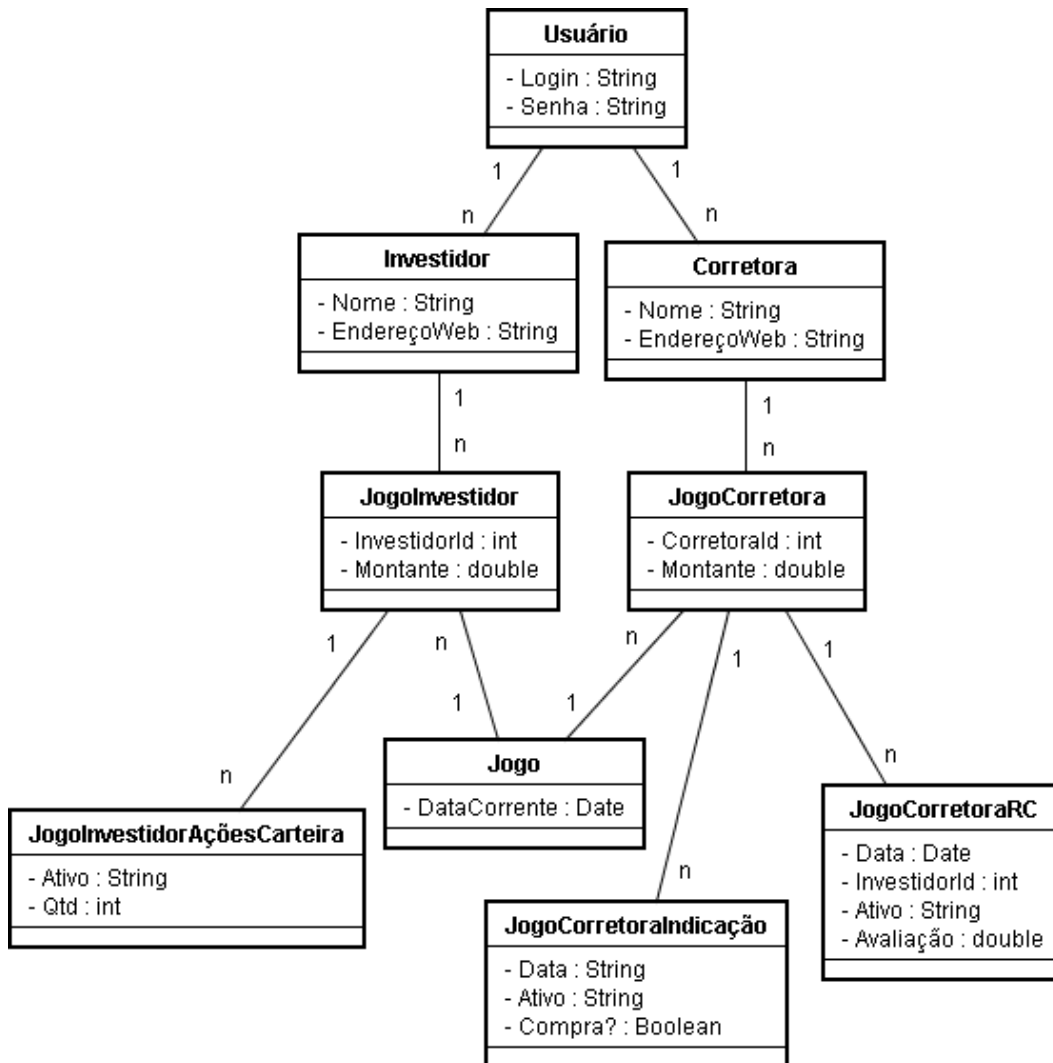


Figura 3.3: Diagrama de classes conceitual do simulador

A classe *Usuário* é herdada da implementação da primeira versão do simulador, sendo responsável por gerenciar os usuários (desenvolvedores) que

utilizem o simulador. Os agentes cadastrados por esses usuários têm suas informações registradas pelas classes *Investidor* e *Corretora*. As classes *JogoInvestidor* e *JogoCorretora* são responsáveis por gerenciar um agente específico (investidor ou corretora) em um determinado jogo. Um jogo deve ser entendido como uma simulação envolvendo determinados agentes por um período de tempo especificado, sendo controlado pela classe *Jogo*. A classe *JogoInvestidorAçõesCarteira*, remanescente da implementação anterior, é responsável por manter as ações (e suas quantidades) possuídas por um agente investidor em um certo jogo. As classes *JogoCorretoraIndicação* e *JogoCorretoraRC* são responsáveis por armazenar as indicações e Reputações Certificadas de uma corretora durante determinado jogo.

A implementação da simulação é realizada por rodadas, sendo que cada uma delas representa um dia útil para compra/venda de ativos. Cada rodada é dividida de maneira linear no tempo, obedecendo a três momentos distintos: transações de reputação, solicitações de indicações e negociação de ativos. Portanto, o simulador é responsável por coordenar essas etapas, interagindo com os agentes nos momentos corretos.

Para garantir a sincronia da execução, os agentes só devem enviar mensagens ao simulador quando solicitados. Ou seja, os agentes são passivos na simulação, apenas respondendo às requisições originadas no simulador. Por exemplo, quando um investidor deseja consultar a Reputação Certificada de uma corretora, ele só poderá fazê-lo quando o simulador o indagar a respeito dessa vontade. O simulador sempre realiza essas indagações em momentos determinados da rodada.

A seguir serão detalhados os passos de uma rodada, comandados pelo simulador. Inicialmente, contata as corretoras requisitando as indicações e a Reputação Certificada para a rodada corrente e armazena esses dados, de maneira que fiquem disponíveis para futuras consultas na rodada. Adicionalmente, são requisitados os preços para a rodada corrente.

Na seqüência, são contatados os investidores. Primeiramente, são informados da sua carteira de ações, do montante disponível para negociações e dos preços das corretoras para aquela rodada. Em seguida, iniciam-se as transações de reputação.

O simulador indaga os investidores sobre as opiniões que desejam de outros investidores sobre corretoras específicas. De posse dessas informações, o simulador repassa os pedidos para os destinatários das requisições. Recebidas as respostas, o simulador se encarrega de repassá-las àqueles que as solicitaram.

Então, as transações de reputação continuam, sendo os investidores questionados sobre de quais corretoras desejam consultar as Reputações Certifica-

das. Essas requisições são prontamente atendidas pelo simulador, com os dados previamente armazenados.

O próximo momento envolve a solicitação de indicações. De posse de todas as informações de reputação que desejavam, os investidores devem solicitar as indicações que desejam. Mais uma vez, esses dados estão disponíveis para pronta entrega pelo simulador.

Finalmente, o momento da negociação de ativos. Os investidores, consultados pelo simulador, podem submeter suas ordens de compra/venda de ações, indicando as corretoras escolhidas para isso. Caso a operação seja de venda, os investidores devem adicionar a avaliação da corretora.

Ao fim da rodada, o simulador envia um resumo às corretoras sobre as transações ocorridas. Elas devem usar esse resumo para definir suas estratégias de preço para a rodada seguinte. No resumo, são incluídas informações sobre o preço estipulado por cada uma delas, bem como a quantidade de clientes atendida.

A Figura 3.4 exibe um exemplo simplificado da rodada, na forma de um diagrama de seqüência. Nesse exemplo, o conjunto de corretoras é representado pela corretora x . Os investidores são representados pelo investidor a . O investidor b atua, no exemplo, apenas como fonte das opiniões requisitadas por a .

De acordo com o que foi apresentado, a Figura 3.5 exibe um quadro com um resumo didático da estrutura proposta para a troca de mensagens entre o simulador e os agentes. Abaixo de cada interação, uma seta para a direita indica dados fornecidos naquela mensagem, enquanto uma seta para a esquerda indica os dados que devem estar presentes na resposta à mensagem. Vale ressaltar que, na prática, em alguns momentos, houve a união de duas mensagens em uma única, de modo a diminuir o tráfego de mensagens. Por exemplo, as mensagens 2 (que não exige dados retornados) e 3 (que não exige dados informados) correspondem a uma única mensagem do simulador, na qual ele informa os dados iniciais da rodada e recebe como resposta as opiniões desejadas pelos investidores.

É importante ressaltar que todas as comunicações possuem um prazo temporal para a resposta dos agentes. Quando os mesmos falham em responder dentro do tempo determinado, o simulador entende esse fato como uma resposta nula ou vazia. Por exemplo, ao não responder uma mensagem que solicita as ordens de compra/venda de ativos, o simulador entende como se o investidor não desejasse operar naquela rodada.

A comunicação entre os agentes e o simulador é concretizada através de *WebServices* (W3C09a). Com isso, garante-se aos desenvolvedores a liberdade

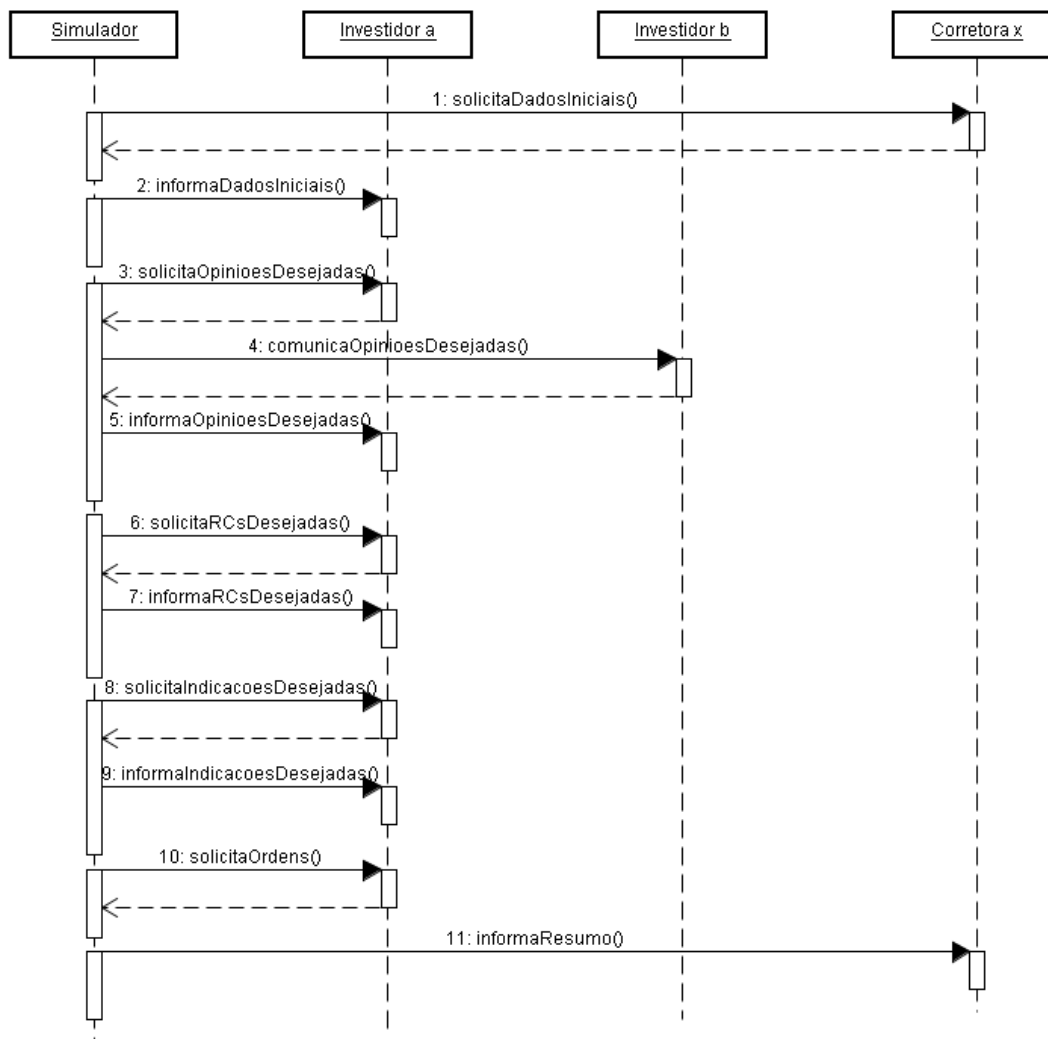


Figura 3.4: Diagrama de seqüência para uma rodada da simulação

para desenvolver agentes em qualquer linguagem e que usem quaisquer recursos (processamento, armazenamento etc.) disponíveis nas máquinas em que estejam implementados.

O padrão para as mensagens empregadas na comunicação é o XML (W3C09b). A escolha do padrão facilita a implementação da comunicação dos diferentes agentes. Na Figura 3.6 é apresentado um exemplo de mensagem XML, no qual um investidor comunica o simulador seu desejo de receber, de dois diferentes investidores, opiniões sobre uma determinada corretora.

3.8 Competição

Empregando-se o simulador desenvolvido, de acordo com as diretrizes do sistema apresentado neste trabalho, propõe-se a realização de uma competição periódica entre desenvolvedores de agentes. Os participantes subme-

- 1) A corretoras: Solicita dados iniciais da rodada
→
← indicações, Reputação Certificada, preços
- 2) A investidores: Informa dados iniciais da rodada
→ carteira, montante disponível, preços
←
- 3) A investidores: Solicita opiniões desejadas
→
← lista(investidor destinatário, corretora a avaliar)
- 4) A investidores: Comunica opiniões desejadas
→ lista(investidor remetente, corretora a avaliar)
← lista(investidor remetente, corretora avaliada, avaliações)
- 5) A investidores: Informa opiniões desejadas
→ lista(investidor destinatário, corretora avaliada, avaliações)
←
- 6) A investidores: Solicita Reputações Certificadas desejadas
→
← lista(corretora)
- 7) A investidores: Informa Reputações Certificadas desejadas
→ lista(corretora, Reputação Certificada)
←
- 8) A investidores: Solicita indicações desejadas
→
← lista(corretora)
- 9) A investidores: Inofrma indicações desejadas
→ lista(corretora, indicações)
←
- 10) A investidores: Solicita ordens
→
← lista(compra/venda, ativo, quantidade, corretora, avaliação)
- 11) A corretoras: Informa resumo
→ lista(corretora, preços, quantidade de operações)
←

Figura 3.5: Resumo das trocas de mensagens entre o simulador e os agentes

teriam agentes (investidores, corretoras, ou ambos), que competiriam entre si para alcançar os melhores resultados. Essa competição tem como objetivo estimular a pesquisa e o desenvolvimento em áreas como sistemas multi-agentes, inteligência artificial, estratégias para operação em mercados financeiros e possíveis outras ciências que possam ser empregadas no desenvolvimento de agentes.

Em uma mesma simulação, haverá a disputa de duas competições si-

```
<DocumentElement>
  <SolicitacaoOpiniao>
    <IdInvestidor>5</IdInvestidor>
    <IdCorretora>2</IdCorretora>
  </SolicitacaoOpiniao>
  <SolicitacaoOpiniao>
    <IdInvestidor>8</IdInvestidor>
    <IdCorretora>2</IdCorretora>
  </SolicitacaoOpiniao>
</DocumentElement>
```

Figura 3.6: Exemplo de XML enviado por agente investidor

multâneas: uma entre os investidores e outra entre as corretoras. Ao término do período determinado da simulação, serão declarados os dois vencedores.

Na competição entre os investidores, é fornecido um montante inicial igual para cada um. Eles devem gerenciar esse montante para realizar operações de compra de ativos financeiros e negociações (indicações, reputação) com outros agentes. Ao final, o investidor que houver obtido o maior lucro é declarado o ganhador.

Inicialmente, não é fornecida qualquer quantia às corretoras. Elas competem entre si objetivando a acumulação de capital por meio do fornecimento de indicações e da execução de compra/venda de ativos. Aquela que, ao final, houver acumulado a maior quantia é declarada a vencedora.