

## 2 Conceitos importantes

Neste capítulo são apresentados conceitos utilizados no trabalho da dissertação. Os conceitos são os seguintes: sistemas multi-agentes, mercado de valores, técnicas de predição e técnicas de aprendizado de máquina para o mercado financeiro.

### 2.1.Sistemas Multi-Agentes

O desenvolvimento de software está cada vez mais complexo e desafiante. Segundo os autores de (Minsky and Ungureanu 2000), os sistemas estão passando por uma transição, isto é, sistemas indivisíveis e homogêneos estão passando a se tornar conglomerados semi-autônomos, distribuídos e compostos por subsistemas construídos para funcionarem de forma independente.

De acordo com (Jennings 2001), mesmo com tais dificuldades mencionadas, esse tipo de complexidade apresenta algumas regularidades. A primeira regularidade é a capacidade da complexidade assumir a forma de uma hierarquia. Outra regularidade é que sistemas hierárquicos evoluem mais rapidamente do que sistemas não hierárquicos de tamanho semelhante. Por fim, é possível diferenciar as interações que ocorrem entre os subsistemas e as interações que ocorrem dentro dos subsistemas.

Com essas informações, os engenheiros de software desenvolveram algumas técnicas para lidar com essa complexidade de forma mais fácil (Jennings 2001):

- **Decomposição:** A mais básica técnica para enfrentar grandes problemas é dividi-los em pedaços menores e mais gerenciáveis.
- **Abstração:** É o processo de definição de um modelo simplificado de um sistema, que enfatiza propriedades importantes para a resolução do problema.
- **Organização:** É o processo de definir e gerenciar os relacionamentos entre vários componentes que têm a capacidade de resolver problemas.

Com base nessas informações foram desenvolvidas diversas tecnologias, técnicas e ferramentas para lidar com a complexidade dos sistemas modernos. Alguns exemplos seriam: a programação orientada a objetos, a programação orientada a componentes, o conceito de reutilização de software, os frameworks. Uma dessas tecnologias é a orientação a agentes.

De acordo com (Wooldridge and Jennings 1995), um agente tem as seguintes propriedades:

- **Autonomia:** agentes operam sem a intervenção direta de humanos ou outra entidade.
- **Habilidade social:** agentes têm a capacidade de interagir entre si.
- **Reatividade:** agentes podem reagir a um estímulo vindo do meio em que está imerso.
- **Pró-atividade:** agentes podem “tomar iniciativa” de acordo com uma crença ou objetivo, sem estímulo externo.

Uma segunda interpretação do Jennings (Jennings 2001) define agentes como entidades claramente identificáveis, com capacidade de resolver problemas, situados sobre um meio sobre o qual têm um controle parcial e uma habilidade de interação com esse ambiente.

No mesmo trabalho Jennings afirma que a adoção da visão orientada a agente para a maioria dos problemas requerem o envolvimento de múltiplos agentes. Esses agentes poderiam representar a natureza descentralizada do problema, os múltiplos locais de controle, as múltiplas perspectivas ou os interesses de competição. E além do mais, os agentes precisarão interagir um com o outro ou para atingir interesses individuais, ou para objetivos de grupos.

## 2.2. Mercado de Valores

O mercado de valores (Fortuna, 2009) é o mecanismo que permite a comercialização de valores mobiliários que proporciona liquidez aos títulos de emissão de empresas. Ele é constituído pelos seguintes conceitos:

- **Empresas de capital aberto:** É uma empresa que disponibiliza uma parte do seu capital social (suas ações) para negociação em Bolsa de Valores ou no mercado de balcão, fazendo com que qualquer pessoa possa comprar estas ações em Bolsa e tornar-se um sócio da empresa.
- **Ações:** representam a menor fração do capital social de uma empresa, ou seja, é o resultado da divisão do capital social em

partes iguais, sendo o capital social o investimento dos donos na empresa.

- **Corretoras de valores:** São instituições financeiras consideradas membros habilitados das bolsas de valores e que possuem exclusividade para negociar valores mobiliários no pregão. Sua função é intermediar as operações financeiras (compra e venda de ativos) entre os investidores nas bolsas.
- **Investidores:** São indivíduos ou instituições que aplicam recursos em busca de ganhos a curto, médio ou longo prazo. Além disso, operam nas bolsas por meio de corretoras e distribuidoras de valores as quais são responsáveis por executar suas ordens. Logo, os investidores são os clientes das corretoras.
- **Bolsa de valores:** São instituições administradoras de mercados na qual são negociadas as ações de empresas de capital aberto. No Brasil a principal bolsa de valores é a BM&FBOVESPA, que permite o uso de sistemas eletrônicos de negociação para efetuar compras e vendas de ações.
- **Comissão de Valores Mobiliários (CVM):** A CVM é responsável por disciplinar, normalizar e fiscalizar a atuação dos diversos integrantes do mercado de valores.

Além dos conceitos mencionados acima, há outros conceitos referente ao mercado de valores que também são utilizados nesse trabalho.

- **Índice Bovespa:** Esse índice também é conhecido como Ibovespa ou IBOV. Ele é considerado o mais importante indicador de desempenho médio das cotações das ações negociadas na BM&FBOVESPA. Este índice é formado pelas ações com maior volume negociado nos últimos meses.
- **Corretagem:** É uma taxa que as corretoras de valores cobram ao investidor por cada negociação (compra ou venda) de ativos (ações) na bolsa de valores. Assim, a corretagem é o preço do serviço que a corretora presta ao investidor e que pode variar de corretora para corretora. A taxa pode ser fixa (independente do valor de compra/venda de ações) ou variável (proporcional ao valor de compra/venda de ações).

- **Emolumentos:** A tarifa de emolumentos são tributos cobrados por órgão governamentais, para cobrir despesas de serviços. No caso da BM&FBOVESPA, esse valor é variável de acordo com o volume financeiro negociado.

### 2.3. Técnicas de Predição para o Mercado Financeiro

Existem diversas abordagens para a realização de operações de *trading* no mercado financeiro. *Trading* é um termo do inglês que significa comércio. Tal termo é utilizado para o processo de negociação, onde os investidores objetivam uma maior rentabilidade dos ativos investidos (Noronha, 1995).

Para realizar uma operação de *Trading*, torna-se necessário uma análise dos ativos a serem negociados. Análise Fundamentalista (Debastiani 2008) e Análise Técnica (Noronha, 1995) são as duas abordagens bastante utilizadas para realizar tal análise.

Análise fundamentalista estuda variações de fatores que afetam o equilíbrio entre oferta e demanda no mercado. Os fundamentalistas responsáveis por utilizar tal análise avaliam importantes variáveis que podem influenciar o mercado e os respectivos preços dos ativos, tanto presente quanto futuro. Este tipo de análise é baseado em estudos sobre situações que possam afetar os ativos de interesse.

Além disso, na análise fundamentalista são observados os comportamentos e aspectos micro e macro da economia. Parte dos analistas considera como objetivo final dessa abordagem calcular o valor intrínseco do ativo e compará-lo com o valor real que este ativo está sendo negociado. Assim torna-se possível verificar se o valor do ativo está abaixo, acima ou condizente com o praticado pelo mercado. A partir disso podem-se definir quais ativos devem ser comprados ou vendidos.

Já a análise técnica, também conhecida como Grafista, considera que a decisão de qual ativo comprar e vender devem ser direcionada por análises do comportamento histórico dos preços e volumes dos ativos. Assim, o objetivo dessa análise é estudar o passado dos ativos para determinar o estado atual e futuro dos mesmos. Com isso, tal análise procura prever quando os preços terão tendência de alta ou baixa (Noronha, 1995) e qual o momento ideal para comprar ou vender algum ativo.

Ao contrário da abordagem fundamentalista, a análise técnica não utiliza fatores subjetivos em suas decisões. Tal análise assume que comportamentos

de ativos tendem a se repetir no futuro. Já a análise fundamentalista considera que as informações de algum ativo refletem no preço praticado pelo mercado.

Os estudiosos de análise técnica podem ser considerados:

- Grafistas – são aqueles que se baseiam no comportamento dos gráficos relacionados aos preços dos ativos ao longo do tempo. Além disso, apresentam certo nível de subjetividade na análise;
- Técnicos – baseiam-se em estatísticas para aplicação da análise. O momento apropriado para realizar operações de *trading* ocorre a partir dessas análises, que não são influenciadas pela subjetividade.

Outra abordagem mais recente e que tem apresentado um crescimento significativo nos anos recentes é o uso de técnicas de inteligência computacional (ATSALAKIS, 2009). Tais técnicas têm auxiliado operações de *trading* e predições de comportamento dos ativos no mercado financeiro. Tal auxílio tem sido possível devido ao uso de diferentes informações utilizadas pela análise técnica e análise fundamentalista.

## 2.4. Técnicas de Aprendizagem de Máquinas

Na dissertação duas abordagens de inteligência computacional foram utilizadas: *Support Vector Machine* (SVM) (VAPNIK, 1995) e Comitês de Máquinas (Hansen e Salamon, 1990).

*Support Vector Machines* (SVM) são classificadores não-paramétricos que possuem como principal vantagem o poder de reduzir simultaneamente os erros empíricos de classificação e maximizar a separação entre as classes espectrais.

Já o Comitê de Máquinas possui uma combinação de vários modelos de previsões, que permite encontrar um resultado equivalente ou superior ao melhor resultado descoberto individualmente por tais modelos utilizados (Hansen e Salamon, 1990). A combinação desses modelos de predição possui uma maior tolerância a falhas, pois não utiliza a informação de um único modelo (Dietterich, 2002).

Os comitês podem ser divididos em duas estruturas (Haykin, 2001):

- Estáticas – Nessa estrutura é utilizada uma abordagem denominada *ensemble*, na qual os componentes resolvem por si só todo o problema de forma isolada. Um *ensemble* é formado por um grupo de componentes, cada um desses componentes apresenta uma

proposta de solução para o problema. Essas soluções são combinadas visando um ganho de desempenho.

- Dinâmicas – Abordagem baseada no princípio de “dividir-para-conquistar”. O problema como um todo é dividido em diferentes sub-tarefas, sendo cada um dos componentes do comitê (especialistas) responsável por uma destas sub-tarefas, de forma que a solução final é dependente da contribuição de todos os especialistas.

## 2.5.Weka

Weka - *Waikato Environment for Knowledge Analysis* (WITTEN &FRANK 2005) é uma ferramenta que possui uma grande quantidade de algoritmos de aprendizado de máquina para tarefas de mineração de dados. Os algoritmos podem ser aplicados diretamente a um conjunto de dados através de uma interface da aplicação ou podem ser utilizados a partir de código Java. O Weka contém ferramentas para pré-processamento de dados, classificação, regressão e visualização.

Weka fornece uma interface gráfica amigável e seus algoritmos possuem relatórios com dados analíticos e estatísticos do domínio minerado. Grande parte de seus recursos podem ser acessados a partir de uma interface GUI (*Graphical User Interface*) oferecida, sendo que os demais podem ser utilizados programaticamente através de APIs (*Application Programming Interface*). Além disso, WEKA possui um formato próprio de arquivo de dados denominado ARFF.

## 2.6.Tipos de Simulação para o Mercado Financeiro

Para determinar o preço de ativos (Castro 2009 b) no mercado financeiro, três tipos de simulação podem ser utilizados:

- **Simulação com preço histórico:** Neste modelo, as simulações são realizadas a partir de períodos passados com base em dados reais de uma bolsa de valores. O impacto das operações de compra e venda não é absorvido pelo simulador, ou seja, o comportamento do mercado não muda.
- **Simulação com formação de preço:** Neste modelo, as ordens de compra e venda definem os preços dos ativos.

- **Simulações baseadas em combinação:** Este modelo utiliza uma combinação dos dois modelos anteriores. Os preços são formados pelas ordens de compra e venda, e são combinados com dados históricos de uma bolsa real.

## 2.7. Competição MASSES

A competição Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation - MASSES (MASSES, 2010) foi criada com o intuito de estimular o estudo e o desenvolvimento de agentes de software e inteligência artificial para o domínio mercado de valores. Ela simula algumas situações reais que acontecem no mercado financeiro (Azevedo et al, 2008).

As simulações realizadas na competição foram baseadas em dados de abertura, fechamento, máxima e mínima dos ativos (Azevedo et al, 2008). Para cada dia da simulação, os agentes investidores devem determinar quais ações serão compradas ou vendidas. No início de cada jogo os agentes recebem um montante de dinheiro que é usado para realizar seus investimentos. Cada agente pode adotar uma estratégia específica para as operações de compra e venda. Assim, apenas as ações pertencentes à carteira do agente podem ser vendidas. No entanto, os custos de transações não são contabilizados nas simulações.

Carteira é um conceito amplamente utilizado no domínio mercado de valores, pois a partir dela são definidas as ações que cada investidor possui e o montante investido em cada uma.

Quando um jogo inicia a carteira de cada investidor está vazia (Azevedo et al, 2008). Já ao final, as ações presentes na carteira são analisadas pelo simulador da competição, para que assim o levantamento de ganhos e perdas de cada agente investidor seja apurado. O agente vencedor é aquele que obteve o maior lucro ou a menor perda durante o período definido no jogo.

O simulador da competição possui informações restritas favorecendo o uso de análise técnica (Azevedo et al, 2008). Há algumas limitações no uso destas análises, pois o simulador não fornece informações como volume e índices financeiros que são amplamente utilizados para construção de técnicas.

Para criar um agente investidor deve ser criado um servidor web (Arkin et al, 2002) que será acessado pelo simulador da competição. Tal servidor deve implementar os seguintes métodos:

- **iniciaJogo:** Método responsável por receber as informações iniciais (data inicial e montante disponível) que o agente precisa

para executar a simulação. Executado somente uma vez no início de cada jogo.

- **executaTrade:** Método responsável por definir as estratégias de compra e venda de cada agente investidor, recebendo a partir do simulador da competição os dados do dia corrente (montante disponível de dinheiro do agente e cotações dos ativos).

Além das dificuldades para se criar uma estratégia competitiva, foram definidas as seguintes limitações na competição MASSES:

- Volume de dados limitado providos pela competição: A competição provê dados iterdiários de dois anos e não disponibiliza algumas informações relevantes, como, por exemplo, volume financeiro e dados econômicos. Assim, algumas estratégias que utilizam tais informações não puderam ser aplicadas.
- Tempo limite de análise: O simulador define um tempo fixo de dois minutos para os agentes analisarem as melhores opções de compra e venda (Azevedo et al, 2008). Assim, se o tempo expirar, considera-se que o agente não quis realizar operações naquele dia.