

# PREVISAO DE MERCADO PARA ACOES EM BOLSA DE VALORES BASEADO EM TECNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Rafael Stoffalette Joo  
rafaelcompp@gmail.com

7 de Novembro de 2012

O Mercado de aes e a bolsa de valores despertam interesses em grande parte da sociedade, muitos ja so investidores, outros tem vontade de investir mas tem medo de manobras arriscadas e, consequentemente, obter prejuizo por no conhecerem o ambiente em que esto analisando. Com intuito de popularizar esta, e muitas outras, reas, tcnicas computacionais e novas tecnologias so testadas e implantadas e tem demonstrado resultados mais que satisfatrios em grande parte das pesquisas realizadas. A falta de confiana em uma atitude tomada por uma mquina um fator quase que desconsiderado em tempos atuais, pois a cada dia mais, o avano da tecnologia permite que algoritmos bem elaborados e programas desenvolvidos provem que a evoluo depende, quase que, diretamente desse avano e de tecnicas computacionais. O proposito deste estudo, prioritariamente, aplicar conceitos de inteligencia artificial baseando-se no funcionamento de uma rede neural artificial com multiplos neurnios em sua camada oculta, realimentada e treinada por um algoritmo backpropagation no mercado de ativos da bolsa de valores e assim, considerando-se um bom conjunto historico de cotaes, prever qual ser a proxima cotao para a ao analisada. Trata-se ento, de uma ferramenta que visa auxiliar possveis investidores a ter mais segurana na escolha das aes, tomar decises e efetuar manobras no ambito de obter melhores resultados minimizando os riscos e maximizando os resultados.

Palavras-chave: bolsa de valores, aes, inteligencia artificial, rede neural, predio, aprendizado de mquina.

Introduo Este documento tem por finalidade viabilizar um estudo que interprete informaes cole-

tadas de fontes economicas da internet, trate-as e as utilize de forma a alimentar uma rede neural artificial (RNA) implementada seguindo teorias de inteligencia artificial e que assim, a treine usando um algoritmo backpropagation e a capacite para retornar resultados satisfatrios no sentido de prever a oscilao existente no mercado de valores das aes listadas em uma bolsa de valores. A estrutura do documento segue uma linha de esclarecimento de conceitos e teorias que so de essencial entendimento para a analise do objetivo, sendo assim a seo primeira deste descreve a problematica do assunto, a justificativa da necessidade do estudo para essa rea e a motivao que leva ao estudo. Bem como uma breve introduo a conceitos voltados ao mercado de valores. J na seo subsequente, abordado todo o tema bsico sobre uma bolsa de valores e seu funcionamento englobando termos tcnicos e descreio sequencial de eventos que ocorrem para que a bolsa opere normalmente. Em seguida, o documento apresenta seu foco principal de estudo, as aes que a bolsa de valores negocia, seus conceitos, tipos, como identific-las em uma fonte e informao e como feita a negociao das aes pelos investidores que se utilizam dos servios de uma corretora de aes. Uma abordagem bsica explanatria abordada na seo seguinte do documento explicando alguns conceitos fundamentais sobre inteligencia artificial para o entendimento das tcnicas utilizadas no decorrer do estudo. Mais precisamente, o documento foca nas redes neurais artificiais, seu funcionamento, sua finalidade e como feito seu treinamento para que possa exibir resultados satisfatrios para o estudo. Tambm h nesta seo uma definio sobre redes e algoritmos de predio que podero colaborar muito no

desenvolvimento do sistema proposto pelo estudo. Prosseguindo, o documento aborda estudos passados que focaram no mesmo, ou semelhante, tema deste estudo e seus resultados obtidos. Muitos estudos já foram feitos nesta área, muitos com resultados positivos, porém poucos apresentaram taxas de erro consideráveis, e assim pode-se analisar melhor e escolher qual linha de raciocínio seguir. Consequentemente, assim pode-se confrontar resultados obtidos com os esperados pelo sistema proposto. O documento ainda apresenta as considerações finais do estudo com informações referentes ao que se espera que o sistema retorne. Sabe-se que uma tarefa difícil prever a movimentação das ações no mercado de valores e que qualquer fator externo pode ser influenciador direto sobre o valor da ação, portanto abordado nesta seção as possibilidades e as restrições que são encontradas no desenvolvimento do sistema. Por fim, o documento apresenta todas as tentativas utilizadas, resultados obtidos, considerações e fontes de informações que foram consultadas para sua criação, incluindo livros, artigos, estudos realizados anteriormente que abordam temas semelhantes e sites da internet que abordam tanto conceitos de mercado de ações na bolsa de valores quanto técnicas e conceitos que serão utilizados na implementação do sistema proposto pelo estudo.

Motivação recorrente discussões sobre investimentos e formas de ganhar dinheiro que enfatizem a possibilidade de bons resultados em investimentos no mercado de ações da bolsa de valores devido ao crescimento adquirido desse setor no mercado financeiro com o avanço da globalização. Tanto quanto normal o desconhecimento detalhado das pessoas sobre o assunto e possibilidades de atuações. Atualmente o mercado de ações, uma forte fonte de financiamento para as empresas e também, um meio importante de aquisição financeira para pessoas comuns. Também conhecido que esse ramo de atividades não é tão estável e torna investidores, potencialmente inclusive, receosos e cautelosos. Instabilidade essa que não pode ser estimada e superada devido a fatores políticos, econômicos, entre outros, também conhecidos como agentes externos que influenciam direta e indiretamente sobre ações de empresas que compõem o mercado da bolsa de valores. Outro fator importante a ser ressaltar a dificuldade existente aos acionistas amadores para controlar suas ações e, ao mesmo tempo, pesquisar sobre novas possíveis boas escolhas. Tanto pela quantidade de informações que uma

pessoa deve processar, quanto pela escolha certa de fontes que tragam informações reais e para análise. Atualmente a base mais sólida para aquisição de informações que ajudem escolhas e passos no mercado de valores é a estatística, que apresenta dados reais e comportamentos que as ações, empresas e investidores tiveram em situações distintas. Porém mostra dados passados e que possivelmente não ocorrerão mais, fica assim responsável por uma boa parcela das tomadas de decisões dos acionistas as informações sobre o mundo e uma estimativa pessoal conhecida como feeling. Hoje, existem técnicas e conceitos que podem ampliar os conhecimentos sobre o mercado de ações e a bolsa de valores, bem como sua utilização e possibilidades de escolha. A internet por exemplo, um ambiente totalmente propício ao crescimento e popularização do setor, assim como a inteligência artificial, que prove formas de tornar uma máquina consciente em tomadas de decisões. As redes neurais artificiais são algumas das técnicas mais difundidas e utilizadas da inteligência artificial, com elas pode ser possível auxiliar um usuário, com o mínimo de conhecimento necessário sobre o tema do estudo e ambiente de internet, a fazer boas escolhas em tomadas de decisões e até mesmo entender melhor como funciona o mercado e como sensível a fatores externos que, apesar de não parecer, influenciam diretamente em seus investimentos. Falar sobre bolsa de valores tornou-se um interesse global, que envolve desde investidores em busca de lucros até empresas que querem conquistar novos acionistas, mantendo os já existentes, a fim de valorizar-se e arrecadar investimentos para a evolução da empresa. Dessa visão possível ver a necessidade de desenvolver um sistema que possa chegar o mais próximo possível de uma previsão bem formulada (como um ser humano executaria) e obter um retorno positivo. Desde o início válido a ressalta sobre os riscos de não se obter o resultado esperado, fato que é possível de ocorrer tanto por uma escolha derivada de um pensamento humano quanto por uma certa influência de ferramentas como a proposta pelo estudo. Portanto, reafirma-se que a ferramenta desenvolvida é uma colaboradora na tomada de decisões, não devendo ser a única fonte de informações. De acordo com Armano, Marchesi e Murru [1], o preço de uma ação reflete diretamente, em qualquer tempo, as informações que os investidores possuem. Ou seja, assim que uma informação nova é processada o preço da ação é alterado. A área de investimentos e finanças é uma das princi-

países reais de aplicação das redes neurais artificiais, por tratar de um ramo em que decisões tomadas baseando-se em fontes de informações com um alto grau de variação e impreciso [2]. As redes neurais artificiais se destacam pela sua capacidade de aprendizado de padrões, ainda que mesmo modelos estatísticos prevejam tendências do mercado financeiro, as redes neurais artificiais são mais apropriadas para lidar com oscilações recorrentes.

A Bolsa de Valores é uma bolsa de valores em um ambiente, ou por alguns especialistas definida, uma instituição administrativa de negócios onde títulos emitidos por empresas são manipulados. As companhias que são listadas, assim chamadas as empresas que têm suas ações negociadas na bolsa, podem ser de capital público, privado ou misto, esse quando mesclam entre seus ativos investimentos governamentais e de investimentos privados, e ambas têm seus capitais comercializados de forma eletrônica. No Brasil, atualmente, as bolsas são organizadas sob a forma de sociedade por ações (S/A), reguladas e fiscalizadas pela CVM (Comissão de valores mobiliários). A bolsa de valores tem como principal funcionalidade, proporcionar de forma transparente e líquida um ambiente para que valores de empresas possam ser comercializados. Somente por meio de corretoras que investidores podem ter acesso aos sistemas de negociação e efetuar transações de compra e venda de valores. Para que suas ações possam ser negociadas na bolsa de valores, uma companhia deve ser aberta, isto é, o público em geral detém suas ações e não uma parcela restrita. E ainda, seguir instruções da CVM, além de cumprir uma série de normas e regras definidas pela própria bolsa. No website do portal do investidor [3] é possível encontrar pesquisas que mostram que o mercado de capitais é mais eficiente em países que possuem bolsas de valores bem estruturadas. Ao contrário do que se imagina, esse mercado não proporciona benefícios apenas aos investidores ativos da bolsa de valores, mas indiretamente atua na melhoria de qualidade de vida de todos. Dos benefícios proporcionados, destacam-se os seguintes: - As companhias encontram nas bolsas de valores um ambiente propício para levantar capital pela compra e venda de suas ações, e assim, expandir suas atividades, qualidade de produtos, melhor poder aquisitivo para a população; - Quando uma pessoa decide entrar no mercado de ações de companhias, inconscientemente ela, coopera para uma realocação racional de recursos, isto é, ao inves-

tir em um segmento, a empresa beneficiada pode expandir movimentando tanto o seu negócio quanto outros ramos de atividades. Esta atividade gera novos beneficiários de vários setores da economia, resultando num crescimento cooperativo e rápido; - O fluxo de capitais estimula o crescimento das companhias devido ao crédito investido nas empresas, gera-se novos empregos direta e indiretamente; - Consequentemente associada a demanda cada vez maior de acionistas de uma companhia, o governo impõe regras mais rígidas à bolsa de valores e isto impulsiona as empresas a evoluir administrativamente. É comum dizer que companhias abertas são mais bem administradas que as fechadas (companhias que ações não são negociadas, ou que pertencem a familiares ou a um grupo restrito de investidores); - Por ser aberto, qualquer pessoa que queira participar do mercado de valores tem essa possibilidade, e os investimentos em ações não requerem uma quantia expressiva de seus investidores. Um pequeno investidor pode adquirir uma pequena quantidade de ações e assim como todos os demais investidores, fazer parte dos rendimentos associados; - A bolsa de valores torna-se um termômetro da economia, as ações das companhias listadas por ela oscilam diretamente influenciadas pelos fatos ocorridos no mundo e foras do mercado. Qualquer informação propagada pode mover os valores de ações da bolsa, assim analisar os índices de ações torna-se um bom fator indicativo de tendências da economia; - O governo pode usar as bolsas de valores ao emprestar dinheiro para a iniciativa privada a fim de financiar projetos para camadas sociais mais inferiores. Geralmente, esses tipos de projetos necessitam de grande volume de recursos, e que as empresas não teriam condições de levantar sozinhas. Os governos, para levantar recursos, emitem títulos públicos que podem ser negociados nas bolsas de valores. O levantamento de recursos privados, por meio da emissão de títulos, elimina a necessidade (pelo menos no curto prazo) dos governos sobre taxarem seus cidadãos.

3.2 Como funciona a bolsa de valores O funcionamento da bolsa de valores é simples de se entender e baseia-se nas atividades descritas no trecho a seguir. Quando uma empresa necessita de capital para investir em prol de crescimento e os juros que os bancos estabelecem para empréstimos não são tão agradáveis, então ela decide lançar ações ao público, isto é, abrir seu capital para que investidores possam deter parte de seu capital e em troca forneam di-

neiro para seus investimentos. Ao abrir o capital, so feitas varias anlises e clculos para se estabelecer o preo correto de cada ao e a qual a quantidade de aes que a companhia pode oferecer no mercado. o chamado mercado primrio no qual corretoras e bancos permitem que seus clientes comprem estas aes. Pagos os devidos impostos, o montante arrecadado com a venda das aes de uso exclusivo da empresa e como forma de retribuio iseno de impostos, 25Saindo do mercado primrio os detentores das aes podem querer vende-las em um determinado tempo, nesse momento comea a atuao da bolsa de valores. A iniciativa atrai novos investidores que, utilizando-se de uma corretora de valores credenciada companhia, injetam seu dinheiro comprando aes. Quanto mais interessados em comprar uma ao, mas ela tende a se valorizar e se destacar entre os acionistas. Esse interesse mais especulativo do que real, ou seja, baseia-se na esperana de que a ao ir se valorizar e, assim, revend-la por um preo maior. O inverso tambm verdadeiro, nos casos em que muitos querem se desfazer das aes e nenhum quer compr-las, a tendncia que os detentores das aes diminuam o preo delas para atrair compradores e assim, conseqentemente a ao desvaloriza. A oscilao da bolsa pode ser definida basicamente como a flutuaao natural da compra e venda de aes.

**3.3 Aes e valor de mercado** Aes so ttulos de renda varivel emitidas por sociedades annimas e representam a menor frao em que se divide o capital de uma empresa. Assim define-se uma empresa como uma sociedade por aes, aberta ou fechada. Um detentor de aes de uma empresa um coproprietrio da sociedade annima a qual associado, portanto tem o direito de gozar de parte dos resultados obtidos pela companhia correspondente a seu investimento. Aes podem ser de dois tipos, ordinrias ou preferenciais. As primeiras permitem que seus detentores tenham direito ao voto nas assembleias gerais de acionistas, votos de deliberaao referente administraao da empresa, balano e futuros investimentos. As aes ordinrias, visualmente, so distinguidas por apresentarem o sufixo ON em seu nome. J as aes preferenciais no permitem que seus detentores votem, mas atribuem o direito a seus detentores de receber dividendos com prioridade sobre os detentores de aes ordinrias e tambm de receber o capital investido em caso de liquidao da companhia. Aes preferenciais possuem um sufixo PN que as distingue tambm. Alm dos sufixos descritos neste mesmo

captulo, uma ao reconhecida por apresentar um cdigo da empresa que representa seguido do cdigo que descreve o tipo de ao. Por exemplo, EMBRATEL PN pode ser representada pelo cdigo EBTP4, onde o dgito 4 define seu tipo, preferencial (PN), assim como o dgito 3 define as aes ordinrias (ON). Aes PN so ainda, subdivididas por classes que hierarquicamente define a ordem de pagamento de dividendos e reembolso. PNA, PNB e PNC so, respectivamente, representadas pelos inteiros 5, 6 e 7. A popularidade de uma ao no mercado baseada em sua qualidade de negcio, isto , a facilidade que o detentor tem de converter suas aes em moeda real. Esta definio conhecida no mercado de valores pelo termo liquidez de uma ao. Aes de alta liquidez, so referentes a grandes empresas com alta reputao e prestgio, tambm conhecidas como blue chips. Estas aes so conhecidas pela sua estabilidade de valor e valorizam a longo prazo garantida, conseqentemente so as que detm o maior valor de mercado. Em sequencia, existem as aes de segunda linha, caracterizadas pela sua sensibilidade ao mercado, sua queda sempre precede queda das blue chips assim como, conseqentemente, sua valorizao somente ocorre aps a valorizao das blue chips. Por fim, existem as aes de terceira linha. Estas possuem liquidez consideravelmente baixa e so caracterizadas por serem de empresas pequenas e com baixa reputao, o que no indica que so de menor qualidade. O valor das aes definido pela sua cotaao, alvo de importncia para este estudo. As cotaes podem ser de abertura, a primeira cotaao do dia, mnima, quando atinge o menor valor durante toda atividade do dia, mxima que, inversamente proporcional mnima, define a menor cotaao do dia. Tambm utilizada a cotaao mdia que faz uma mdia de todas as cotaes que a ao possuiu no dia e por fim a cotaao de fechamento, que representa o ultimo valor que a ao atingiu durante o dia de atividade. Fazendo relao com o mundo real, as aes podem ser convertidas em valor de moeda do pais, a essa definio atribui-se o termo ndice, que alm de representar a converso para moeda real, tambm serve para medir a variao das aes da bolsa e abstrai uma viso geral sobre o mercado de valores para os acionistas. No Brasil, o principal ndice de aes o iBovespa que acompanha a evoluo das cotaes das aes e um forte indicador de desempenho do mercado de aes em geral, porm existem varios outros ndices que no so to utilizados quanto este. Por exemplo, pode-se citar ndices

como IBRX, IBRX-50, IVBX-2, IGC, dentre outros vrios. O ndice Bovespa o valor atual, em moeda corrente de uma carteira terica de aes constituda em 02/01/1968, a partir de uma aplicao hipottica. Supe-se no ter sido efetuado nenhum investimento adicional desde ento, considerando-se somente os ajustes efetuados em decorrncia da distribuio de proventos pelas empresas emissoras( tais como inverso de dividendos recebidos e do valor apurado com a venda dos direitos de subscrio, e manuteno em carteira das aes recebidas de bonificao). Dessa forma, o ndice reflete no apenas as variaes dos preos das aes, mas tambm o impacto da distribuio de proventos. Como j citado anteriormente, uma pessoa s pode se tornar um acionista se utilizar de intermedirios financeiros, mais conhecidos como corretoras de aes. Estas empresas so portadoras de uma gama considervel de informaes sobre as empresas listadas pela bolsa de valores e o mercado e so de fcil acesso a todos, inclusive pela internet hoje possvel que qualquer pessoa se informe e negocie aes com outros investidores sem ter que enfrentar problemas como linhas de telefone ocupadas, tempo de espera dos correios ou transtorno de locomoo fsica. O home broker, sistema digital que assemelha a uma rede social, a forma mais fcil de um investidor negociar sua aes, atravs dele o acionista pode enviar ordens de compra e venda pelo site da corretora a qual cadastrado. Outra forma de negcio o prego online no prprio site da Bovespa, onde so exibidos em os valores das aes negociadas em tempo real. A negcio de aes pela internet a maior responsvel pelo fim, em 2005, do prego viva voz ( Figura1), onde representantes das corretoras associadas Bovespa negociavam em voz alta suas aes em um espao reservado essa atividade e que demonstra uma total confuso a quem no profundo entendedor do mercado. Encontrar um padro na oscilao das aes uma tarefa que pode ser considerada impossvel, j que o mercado de valores muito sensvel a diversos aspectos, assim alguns investidores seguem fontes de informaes das mais variadas bases. Na prpria terminologia do mercado de aes h dois tipos de anlises que cooperam muito na formao de opinio para aquisio de novas aes pelos investidores, so as anlises fundamentalistas e anlises tcnicas. Na anlise fundamentalista o foco do estudo a causa do movimento nos preos das aes, j na anlise tcnica os investidores focam no efeito que causado quando h qualquer tipo de movimento sobre os valores das

aes do mercado. A anlise tcnica segue a teoria descrita por Chales H. Dow, conhecido por ser o fundador da escola tcnica. Sua teoria, conhecida como Teoria Dow[4], afirma que o que aconteceu ontem pode determinar o que acontecer hoje e a configurao grfica dos preos tende a se relacionar com a direo que eles tomam no futuro, ou seja, antes de qualquer oscilao que ocorre no mercado de aes, positiva ou negativa, houve algum acontecimento que sinalizou que algo ocorreria. Ainda seguindo a teoria de Dow, o mercado pode ser dividido em trs tendncias, primria que possui retornos a longo prazo, secundria que apresentam resultados em reverso tendncia primria e terciaria, que apresenta tendncias de curto prazo. Por outro lado a anlise fundamentalista, mais utilizada pelos analistas para acompanhar as oscilaes do mercado e prever tendncias, afirma que a melhor forma de se calcular o valor justo para uma empresa e suas aes est diretamente relacionada sua capacidade de gerar lucros no futuro. O objetivo fundamental da anlise fundamentalista avaliar as alternativas de investimento a partir do processamento das informaes obtidas diretamente das empresas, ou seja, analisar dados atuais sobre a empresa e sobre o ramo de atuao que ela opera. Dessa forma espera-se que o sistema proposto se comporte analisando movimentaes passadas de uma ao e assim identificar um padro que possa ser aplicado no prximo perodo da cotao e que chegue o mais prximo possvel do real caminho seguido por esta oscilao.

5.1 Redes Neurais Artificiais (RNA) A Inteligncia Artificial um termo que abrange muitas definies [5]. Mas basicamente pode ser considerada uma rea da cincia da computao voltada para a busca de mtodos que faam uma mquina reagir a situaes como se fosse um ser humano, representar seu pensamento com criatividade, agilidade e essencialmente e, acima de tudo, aprendizagem. So duas linhas de pensamento, a inteligncia artificial forte que tem uma abordagem no qual admite-se que a mquina pode raciocinar e resolver problemas de forma consciente como um ser humano. J na inteligncia artificial fraca, admite-se que o computador no capaz de pensar efetivamente e sim, agir como se fosse inteligente, mas no tem conscincia, apenas simula. Baseia-se na mquina de Turing. Redes neurais artificiais so sistemas, tambm definidos como tcnicas, computacionais estruturados numa aproximao computao baseada a ligaes

que simulam o funcionamento de um neurônio biológico e são capazes de prever sistemas não lineares, o que torna a sua aplicação no mercado financeiro bastante eficiente. Apresentam um modelo matemático inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência, esse modelo conhecido como neurônio artificial (Figura 3). Nós fazemos analogia a neurônios do cérebro e são interligados para formar uma rede de nós, daí o termo rede neural. Uma rede neural, segundo Haykin[6], pode ser definida como um processador maciamente paralelamente distribuído, constituído de unidades de processamento simples, que têm a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para uso. Ela assemelha-se ao cérebro em dois aspectos: (1) o conhecimento adquirido pela rede a partir de seu ambiente através de um processo de aprendizagem; (2) foras de conexão entre neurônios (os pesos sinápticos) são utilizadas para armazenar o conhecimento adquirido. Uma rede neural artificial composta por um conjunto de unidades de processamento de funcionamento simples, os neurônios, e que são conectadas por canais de comunicação com um determinado peso associado. O aprendizado em RNAs é feito de forma iterativa e evolutiva e está normalmente associado à capacidade de as mesmas adaptarem seus parâmetros como consequência da sua interação com o meio externo. No esquema da figura 3 as entradas do neurônio correspondem ao vetor de entradas  $X$  com dimensão  $m$  e para cada uma das entradas  $h$  um peso associado  $w$ . A soma das entradas associadas a seus pesos que caracteriza a saída linear  $u$  do neurônio que aplicada uma função de ativação, ou limiar,  $f(u)$  obtém-se a saída do neurônio, também chamada de saída de ativação,  $y$ . Um neurônio artificial apresenta três elementos básicos, peso sináptico, função soma e função de transferência. Os pesos sinápticos são responsáveis por armazenar as informações e também implicam no efeito que a saída de um neurônio causa na entrada do próximo neurônio.