



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

ANÁLISE DE NOTÍCIAS DO MERCADO FINANCEIRO UTILIZANDO
PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL E APRENDIZADO DE
MÁQUINA PARA DECISÕES DE SWING TRADE

Lucas Gama Canto

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Heraldo Luís Silveira de Almeida

Rio de Janeiro
Março de 2020

ANÁLISE DE NOTÍCIAS DO MERCADO FINANCEIRO UTILIZANDO
PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL E APRENDIZADO DE
MÁQUINA PARA DECISÕES DE SWING TRADE

Lucas Gama Canto

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO DA ESCOLA
POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU
DE ENGENHEIRO DE AUTOMAÇÃO.

Examinado por:

Prof. [TODO]Nome do Primeiro Examinador Sobrenome, D.Sc.

Prof. [TODO]Nome do Segundo Examinador Sobrenome, Ph.D.

Prof. [TODO]Nome do Terceiro Examinador Sobrenome, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
MARÇO DE 2020

Gama Canto, Lucas

Análise de Notícias do Mercado Financeiro Utilizando Processamento de Linguagem Natural e Aprendizado de Máquina Para Decisões de Swing Trade/Lucas Gama Canto. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2020.

XIII, 33 p.: il.; 29, 7cm.

Orientador: Heraldo Luís Silveira de Almeida

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia de Controle e Automação, 2020.

Referências Bibliográficas: p. 23 – 26.

1. Aprendizado de Máquina. 2. Processamento de Linguagem Natural. 3. Mercado Financeiro. I. Silveira de Almeida, Heraldo Luís. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia de Controle e Automação. III. Título.

*Ao povo brasileiro, pela total
contribuição em minha
graduação.*

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas e situações que tornaram este momento possível. Em especial, meus pais Benedita e Manoel, pelo suporte e esforço incondicional em apoiar minha decisão de vir estudar engenharia no Rio de Janeiro, aos professores da graduação, que me fizeram evoluir no âmbito acadêmico, profissional e pessoal, em especial ao meu orientador e professor Heraldo, que não mediu esforços para me ajudar neste trabalho, e aos amigos que me apoiaram e participaram do meu processo de graduação.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro de Automação.

ANÁLISE DE NOTÍCIAS DO MERCADO FINANCEIRO UTILIZANDO
PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL E APRENDIZADO DE
MÁQUINA PARA DECISÕES DE SWING TRADE

Lucas Gama Canto

Março/2020

Orientador: Heraldo Luís Silveira de Almeida

Curso: Engenharia de Controle e Automação

Com o objetivo de automatizar análises fundamentalistas de mercado, o uso de tecnologia para processamento de texto vem sendo utilizado constantemente no meio acadêmico[1] e profissional[2]. De forma a contribuir para este campo em crescimento, este trabalho discorre um estudo acerca da criação de modelos preditivos sobre a valorização ou desvalorização de ações na bolsa de valores do Brasil (B3, antiga Bovespa) a partir de notícias sobre o mercado brasileiro de forma a auxiliar decisões de Swing Trade, ou seja, compra e venda de ações dentro de uma janela de tempo maior que um dia.

Para isto, o presente projeto utiliza o framework PyText, que se baseia em conceitos de Aprendizado de Máquina, Redes Neurais e Processamento de Linguagem Natural de forma a desenvolver modelos preditivos com a tarefa de classificação textual.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

FINANCIAL MARKET NEWS ANALYSIS USING NATURAL LANGUAGE PROCESSING AND MACHINE LEARNING FOR SWING TRADE DECISIONS

Lucas Gama Canto

March/2020

Advisor: Heraldo Luís Silveira de Almeida

Course: Automation and Control Engineering

In order to automate fundamental market analysis, the use of text processing technology has been constantly used in academic[1] and professional[2] means. To contribute to this growing field, this paper discusses a study about the creation of predictive models regarding the valuation or devaluation of shares on the Brazilian stock exchange (B3, former Bovespa) based on news about the Brazilian market in order to assist Swing Trade decisions, that is, buying and selling stocks within a time window longer than one day.

To this end, the present project uses the PyText framework, which is based on Machine Learning, Neural Networks and Natural Language Processing concepts in order to develop predictive models with the task of textual classification.

Sumário

Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xi
Lista de Símbolos	xii
Lista de Abreviaturas	xiii
1 Introdução	1
1.1 Tema	1
1.2 Delimitação	1
1.3 Justificativa	2
1.4 Objetivos	2
1.5 Metodologia	2
1.6 Descrição	3
2 Fundamentação Teórica	4
2.1 Bolsa de Valores e Ações	4
2.1.1 Preços de Ações	4
2.1.2 Índice de Bolsa de Valores	6
2.2 Aprendizado de Máquina	6
2.2.1 Aprendizado Supervisionado	7
2.2.2 Aprendizado Não Supervisionado	8
2.2.3 Avaliação de Desempenho	8
2.3 Redes Neurais	10
2.3.1 Redes Neurais Convolucionais	11
2.3.2 Redes Neurais Recorrentes	12
2.3.3 <i>Dropout</i>	13
2.4 Processamento de Linguagem Natural	13
2.4.1 Pré-processamento de Sintaxe	13
2.4.2 Representação Vetorial	14
2.5 PyText	14

2.5.1	Configuração	14
2.5.2	Uso	14
3	Obtenção e Tratamento de Dados	15
3.1	Conjunto de Dados de Notícias	15
3.1.1	Pré-processamento de Texto	16
3.2	Conjunto de Dados da B3	18
3.3	Cruzamento e Conjuntos Finais	19
4	Treinamento e Teste	20
4.1	Configuração	20
4.2	Rotina de Treinamento	20
4.3	Análise	20
5	Considerações Finais	22
5.1	Conclusão	22
5.2	Trabalhos Futuros	22
	Referências Bibliográficas	23
A	Rotinas e Arquivos de Configuração	27
A.1	Rotina de Pré-processamento e Criação de Conjuntos de Dados . . .	27
A.2	Rotina de Criação de Arquivos de Configuração e Execução de Trei- namentos	31
A.3	Modelo de Arquivo de Configuração	32
A.4	Arquivo com Lista de Ativos a Serem Processados	33

Lista de Figuras

2.1	Os três níveis da HME, cada nível adiciona um tipo de informação cujo com o qual não seria possível prever um movimento de preço no mercado[3].	5
2.2	Exemplos das estratégias de <i>Undersampling</i> e <i>Oversampling</i> em um problema de classificação de 2 classes desbalanceadas[4].	8
2.3	Exemplo de rede neural com duas camadas ocultas[5].	10
2.4	Neurônio de uma rede neural[6].	10
2.5	Exemplo de um dado de entrada e um <i>kernel</i> [7].	11
2.6	Exemplo de convolução da imagem anterior[7].	12
2.7	Exemplo de <i>max-pooling</i> utilizando uma submatriz de tamanho 2x2 e passo 2[7].	12
2.8	Exemplo de aplicação do <i>Bag-of-Words</i> [8].	14
3.1	Alguns exemplos de notícias encontrados no conjunto de dados do jornal Folha de S. Paulo. A figura mostra todas as colunas disponíveis no conjunto: “ <i>title</i> ”, “ <i>text</i> ”, “ <i>date</i> ”, “ <i>category</i> ” e “ <i>subcategory</i> ”.	16
3.2	Exemplos de notícias no conjunto de dados após o pré-processamento.	17
3.3	Conjunto de dados da B3 antes do tratamento.	18
3.4	Conjunto de dados da B3 após tratamento.	18

Lista de Tabelas

2.1	Os 5 ativos com o maior volume e participação na B3, associados ao Ibovespa[9].	6
4.1	Acurácia para o caso de 3 classes.	20
4.2	Precisão média para o caso de 3 classes.	20
4.3	Cobertura média para o caso de 3 classes.	21
4.4	Medida F1 média para o caso de 3 classes.	21
4.5	Acurácia para o caso de 2 classes.	21
4.6	Precisão média para o caso de 2 classes.	21
4.7	Cobertura média para o caso de 2 classes.	21
4.8	Medida F1 média para o caso de 2 classes.	21

Lista de Símbolos

\emptyset EXEMPLO-Conjunto vazio, p. 1

Lista de Abreviaturas

B3	Brasil, Bolsa, Balcão, p.vi
iBovespa	Índice Bovespa, p.2
HME	Hipótese do Mercado Eficiente, p.4
AT	Análise Técnica, p.4
AF	Análise Fundamentalista, p.4
MLP	<i>Multilayer Perceptron</i> , p.11
CNN	<i>Convolutional Neural Network</i> , p.11
ReLU	<i>Rectified Linear Unit</i> , p.12
PNL	Processamento de Linguagem Natural, p.TODO
BOW	<i>Bag-of-Words</i> , p.TODO
NILC	Núcleo Interinstitucional de Linguística Computacional, p.TODO
USP	Universidade de São Paulo Computacional, p.TODO
CSV	<i>Comma-separated values</i> , p.TODO

Capítulo 1

Introdução

1.1 Tema

O tema deste trabalho se resume no estudo da criação de modelos preditivos de modo que estes possam prever a valorização ou desvalorização de ações da bolsa de valores por meio do processamento de notícias do mercado brasileiro.

Deste modo, o problema a ser abordado é a identificação de quando uma notícia pode impactar positivamente ou negativamente a variação de preço de ações de forma automatizada.

1.2 Delimitação

Este trabalho se restringe ao processamento de texto em português brasileiro, tendo como foco a predição da variação de preço das ações que fazem parte da bolsa de valores do Brasil, a B3. Pela indisponibilidade de dados sobre notícias brasileiras contendo a informação do horário de lançamento da notícia, o projeto mira em predições dentro de uma janela de tempo maior que um dia, de forma a auxiliar decisões de Swing Trade, isto é, operações de compra e venda de ações numa janela de tempo maior que um dia.

Além disso, o estudo se baseia na ferramenta PyText, um framework recentemente desenvolvido pelo Facebook que providencia modelos de processamento de linguagem natural de última geração através de uma interface simples e extensível[10].

1.3 Justificativa

Diante do crescente número de investidores na bolsa de valores no Brasil, nota-se uma maior preocupação da população brasileira acerca da busca por independência financeira e fontes alternativas de renda com o intuito de contribuir à economia familiar, previdência, ou mesmo utilizar este método como fonte principal de renda[11].

Ao mesmo tempo, estudos associados à inteligência artificial, aprendizado de máquina e processamento de linguagem natural continuam emergindo no meio acadêmico e auxiliando o meio profissional como nunca antes, incluindo o mercado financeiro[12].

Através destes dois fatores, o presente trabalho busca contribuir para a difusão do estudo e uso de algumas destas tecnologias sobre um assunto que gradualmente se encontra dentro do interesse da população brasileira e que colabora para uma possível instauração de uma cultura de economia e independência financeira no Brasil.

1.4 Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho é de analisar modelos preditivos associados ao mercado financeiro que possam ser construídos a partir do framework PyText, tendo como objetivos específicos, apresentar: (1) A busca por dados de notícias e do histórico da bolsa de valores; (2) A lógica utilizada para a união destes dados de forma a construir os conjuntos de dados utilizados no treinamento dos modelos; (3) O pré-processamento dos conjuntos de dados; (4) As possíveis configurações do framework utilizado de forma a obter a melhor performance; (5) O detalhamento e a análise dos modelos finais encontrados.

1.5 Metodologia

O trabalho teve início a partir da procura por bases de dados de notícias associadas ao mercado brasileiro e escritas em português do Brasil, seguida pela obtenção do histórico das variações de preço dos ativos que compõem o iBovespa. Após isto, o histórico foi filtrado de forma a manter as informações dos 5 ativos mais significativos e das variações destes ativos que ocorreram dentro da mesma janela de tempo das notícias obtidas. Em seguida, estes dados foram unidos de forma a obter 5 conjuntos de dados para cada ativo, cada um levando em consideração uma diferente janela de tempo para indicar a valorização: de 1 a 5 dias.

Logo após, houve a etapa de pré-processamento do corpo das notícias de forma a remover possíveis ruídos e facilitar a etapa de treinamento, sem perda de contexto do conteúdo. Com os conjuntos de dados prontos, foram feitos testes no PyText com o objetivo de definir a melhor configuração possível para a natureza dos dados, e assim obter a melhor performance.

Por fim, os testes finais de cada modelo gerado foi detalhado e analisado para permitir uma conclusão e avaliação do processo como um todo.

1.6 Descrição

O capítulo 2 apresenta toda a fundamentação teórica utilizada como base para o projeto a partir de uma breve descrição de como a bolsa de valores funciona seguida de explicações sobre Aprendizado de Máquina, Processamento de Linguagem Natural, Redes Neurais e o framework Pytext.

No capítulo 3 é detalhado todo o processo executado para obtenção do conjunto de notícias e do histórico da B3, seguido do pré-processamento realizado nestes dois conjuntos e a criação dos conjuntos de dados finais utilizados para o treino, cada um associado a um ativo e uma janela de tempo específica.

Os detalhes das configurações utilizadas no PyText e o treinamento em si é especificado no capítulo 4, onde há uma discussão acerca dos parâmetros encontrados para a geração de modelos mais performáticos, além das métricas finais encontradas para cada modelo gerado.

Por fim, o capítulo 5 apresenta uma conclusão acerca dos modelos encontrados seguido por sugestões que futuramente podem ser aplicadas para a evolução do tema e uma possível melhora de desempenho dos modelos preditivos.

O código desenvolvido para o pré-processamento e geração dos conjuntos de dados e arquivos de configurações do PyText utilizados para a geração dos modelos podem ser encontrados no repositório do github referenciado em [13].

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

2.1 Bolsa de Valores e Ações

A Bolsa de Valores é um lugar centralizado onde, além de abranger outros tipos de investimento, se negociam ações (também chamados de ativos ou papéis), isto é, parcelas do capital social de empresas de capital aberto. Atualmente a B3 (Brasil, Bolsa, Balcão) é a Bolsa de Valores oficial do Brasil que em 2017 atingiu a 5^a posição das maiores bolsas de mercados de capitais do mundo em valor de mercado, com um patrimônio de US\$ 13 bilhões[14].

As ações são negociadas diariamente a partir das ordens de compra e venda emitidas pelas corretoras durante o pregão eletrônico, que na B3, funciona em dias úteis das 10:00 às 17:00.

2.1.1 Preços de Ações

O preço de um ativo na Bolsa de Valores pode ser determinado por diversas razões que podem se relacionar entre si, entre essas, pode-se destacar a lei da oferta e demanda, perspectivas de crescimento da empresa associada ao papel e especulação. A previsibilidade acerca de movimentações no mercado de ações normalmente pode ser baseada em Análise Técnica (AT - estudo dos movimentos do mercado baseado em métricas como preço, volume e taxa de juros[15]), Análise Fundamentalista (AF - estudo feito a partir de resultados financeiros e operacionais, indicando a saúde da empresa[16]) ou numa junção destes dois conceitos.

A validade da previsibilidade destas movimentações são questionadas por críticas com base na Hipótese do Mercado Eficiente (HME) e seus três níveis definidos em [17]:

- HME fraca: Afirma que os preços refletem totalmente a informação contida na sequência histórica dos preços. Ou seja, a AT não consegue prever os movimentos futuros pois os preços passadas só podem descrever o presente.
- HME semi-forte: Afirma que os preços presentes não só refletem toda a sequência histórica de preços mas também toda informação pública sobre as organizações associadas ao ativo em questão. Neste nível de eficiência, a AF também não seria capaz de prever movimentos futuros, pois toda informação como demonstrativos de resultados ou análises orçamentárias refletiria apenas o preço presente.
- HME forte: Neste nível, é afirmado que *toda* informação conhecida sobre as organizações é totalmente refletida pelo preço presente, logo, nem mesmo aqueles com informações privilegiadas podem utilizar isto como ferramenta para prever preços futuros.



Figura 2.1: Os três níveis da HME, cada nível adiciona um tipo de informação cujo com o qual não seria possível prever um movimento de preço no mercado[3].

Não há uma resposta correta perante a validade da HME. Porém, muitos acadêmicos acreditam, pelo menos, na HME fraca[18], fazendo com que, em algumas ocasiões, seja preferível a utilização da AF, ou seja, a análise de resultados financeiros, relatórios anuais e notícias divulgadas acerca do mercado financeiro.

2.1.2 Índice de Bolsa de Valores

Com objetivo de parametrizar algumas informações intrínsecas às bolsas, estas disponibilizam diversos índices. O principal índice da B3 é o Ibovespa, que é formado pelos ativos com maior volume negociado na bolsa nos últimos meses e indica, de forma resumida, o desempenho das ações negociadas na B3. Por ser um indicador principal, muitos fundos de investimento baseados no mercado de ações estão atrelados ao Ibovespa, contribuindo para a atratividade destes ativos de maneira geral.

Tabela 2.1: Os 5 ativos com o maior volume e participação na B3, associados ao Ibovespa[9].

Código	Ação	Qtde. Teórica	Part.(%)
ITUB4	Itaú Unibanco	4.738.562.684	9,095
PETR4	Petrobras	4.520.185.835	7,038
BBDC4	Bradesco	3.873.597.664	7,028
VALE3	Vale S.A.	3.147.743.563	8,414
ABEV3	AMBEV	4.344.066.764	4,173

2.2 Aprendizado de Máquina

Pode-se definir Aprendizado de Máquina como o campo de estudo de algoritmos com o objetivo de fazer com que computadores possam agir sem serem explicitamente programados para fazer determinada tarefa. São algoritmos que analisam dados e aprendem com eles, gerando um modelo preditivo que pode fornecer uma predição de algo on mundo.

Outra definição dada por Tom M. Mitchell[19] fala que o campo de Aprendizado de Máquina busca responder a pergunta: “Como podemos construir sistemas de computadores que possam automaticamente melhorar através de experiência e quais são as leis fundamentais que governam todo este processo de aprendizado?”. Outra definição do mesmo autor[20] diz que “Um programa de computador é dito aprender com a experiência E em respeito a uma tarefa T e medida pelo desempenho P se o seu desempenho em T, medido por P, melhora com a experiência E”. Neste conceito, se fosse desejado um programa de computador que aprendesse a classificar e-mails como spam ou não, por exemplo, poderíamos fazer a seguinte associação:

- E = A experiência de ver o usuário classificar emails como spam ou não.
- T = A tarefa de classificar os emails.
- P = O número ou fração de emails corretamente classificados como spam/não spam

Geralmente, os algoritmos de Aprendizado de Máquina podem ser divididos em dois tipos: Aprendizado Supervisionado e Aprendizado Não Supervisionado.

2.2.1 Aprendizado Supervisionado

Neste tipo, o algoritmo é inicialmente servido por uma série de dados rotulados cujo resultado já é conhecido. A ideia é que o algoritmo aprenda a criar uma estratégia para chegar ao resultado baseando-se nesses dados de modelo inicial. O aprendizado supervisionado pode ser dividido em problemas de regressão ou classificação.

Problema de Regressão

Neste tipo de problema, os dados de entrada (parâmetros) são mapeados em uma função contínua. Por exemplo, um algoritmo cujo objetivo fosse prever o preço dos imóveis na cidade do Rio de Janeiro baseando-se em dados como área útil, bairro, número de vagas na garagem, etc é considerado como um problema de regressão, pois o resultado final será um número contínuo, neste caso, o preço dos imóveis.

Problema de Classificação

Neste caso, os parâmetros são mapeados de forma a classificar os dados em categorias distintas. Por exemplo, um algoritmo utilizado para prever se um tumor é benigno ou maligno a partir de dados como o tamanho, rugosidade do tumor e idade do paciente é considerado um problema de classificação, pois o resultado final será a categoria na qual o tumor pertence.

Os problemas de classificação muitas vezes apresentam desbalanceamento de classes no conjunto de dados utilizado para o treinamento do modelo, ou seja, o conjunto de dados pode apresentar poucas amostras de uma determinada classe em relação às outras envolvidas, o que pode ocasionar falhas na predição da classe minoritária.

De forma a corrigir tal problema, existem algumas técnicas que podem ser baseadas em dois conceitos: *Undersampling* e *Oversampling*. A primeira se resume na remoção de amostras das classes majoritárias, e a segunda, no acréscimo de amostras da classe minoritária a partir das amostras já existentes no conjunto, de forma a se obter um conjunto de dados balanceados.

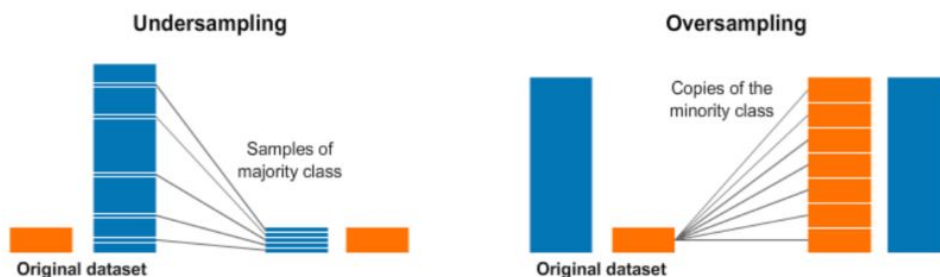


Figura 2.2: Exemplos das estratégias de *Undersampling* e *Oversampling* em um problema de classificação de 2 classes desbalanceadas[4].

Entretanto, estas técnicas podem gerar alguns efeitos negativos, como por exemplo, a demasiada diminuição do conjunto de dados como um todo no *Undersampling*, o que prejudica o aprendizado. No caso do *Oversampling*, pode-se gerar um maior efeito de sobre-ajuste no modelo preditivo, isto é, pela falta de generalização, o modelo consegue prever muito bem amostras do conjunto de dados de treino, mas se mostra ineficaz ao prever dados de teste.

2.2.2 Aprendizado Não Supervisionado

Neste tipo de aprendizado, não existe um conjunto inicial de dados e resultados, ou seja, nos permite abordar problemas onde temos pouca ou nenhuma ideia do que nossos resultados devem aparentar. Um exemplo, seria um algoritmo onde, utilizando uma coleção de 1000 artigos publicados por uma universidade, fizesse um agrupamento desses artigos, baseando-se em diferentes variáveis como frequência de palavras semelhantes, número de páginas, etc.

2.2.3 Avaliação de Desempenho

A avaliação de desempenho de um modelo preditivo pode ser realizada através de diversas métricas que são medidas diante de uma previsão do modelo sobre um conjunto de dados de teste, logo, existe uma necessidade em dividir o conjunto de dados inicial em dados de treino e dados de teste.

Não existe um modo ideal de dividir o conjunto de dados, o tamanho do conjunto de treino normalmente é maior que o de teste, de modo que este consiga abranger mais generalizações acerca dos parâmetros do modelo. Assim, algumas proporções são mais comumente usadas, como 60/40, 75/25 e 80/20, proporção baseada no Princípio de Pareto que afirma que, 80% das saídas/consequências vem de 20%

das entradas/causas[21]. Levando em consideração o escopo de Aprendizado de Máquina, podemos dizer que 20% pode mapear 80% do conjunto de dados.

Além disso, em modelos mais simples, também existe a possibilidade de utilizar a Validação Cruzada, uma técnica que separa o conjunto de dados em subconjuntos exclusivos e diferentes e alguns destes subconjuntos são utilizados para treino e outros para teste, de forma iterativa. Um dos métodos de validação cruzada mais famosos é o *k-fold*, onde o conjunto de dados é separado em k subconjuntos e o treino é realizado k vezes, cada vez utilizando um subconjunto diferente para teste e o resto para treino[22]. No final, as métricas de avaliação são definidas como a média diante dos k subconjuntos.

Métricas

As métricas utilizadas para avaliação dependem do tipo de problema. Por exemplo, em problemas de regressão é comum utilizar o erro quadrático médio[23]. Nos problemas de classificação, é comum utilizar as seguintes medidas: Acurácia, Precisão, Cobertura e a Medida F1:

- Acurácia: É a medida que define a assertividade do modelo em geral, se resume na porcentagem de acertos dentre todas as previsões feitas no conjunto de teste.

$$A = \frac{\text{Número total de acertos}}{\text{Número total de palpites}}$$

- Precisão: Medida de assertividade referente a uma classe específica. É a porcentagem de acertos dentre todos os palpites de uma classe.

$$P_X = \frac{\text{Número total de acertos da classe X}}{\text{Número total de palpites da classe X}}$$

- Cobertura: Porcentagem de palpites certos dentro do número de amostras de uma classe específica.

$$C_X = \frac{\text{Número total de acertos da classe X}}{\text{Número total de amostras da classe X}}$$

- Medida F1: Média harmônica entre Precisão e Cobertura.

$$F1_X = 2 \frac{P_X C_X}{P_X + C_X}$$

2.3 Redes Neurais

Redes neurais são estruturas matemáticas baseadas no funcionamento do cérebro humano. O campo que estuda a aplicação de redes neurais com várias camadas de processamento em métodos de Aprendizado de Máquina é chamado de Aprendizagem Profunda (do inglês, *Deep Learning*). Em sua forma mais simples, uma rede neural contém três camadas: entrada (*input layer*), camada oculta (*hidden layer*) e saída (*output layer*), onde a camada oculta pode ser única ou múltipla. Cada camada é composta por neurônios, também chamados de nós.

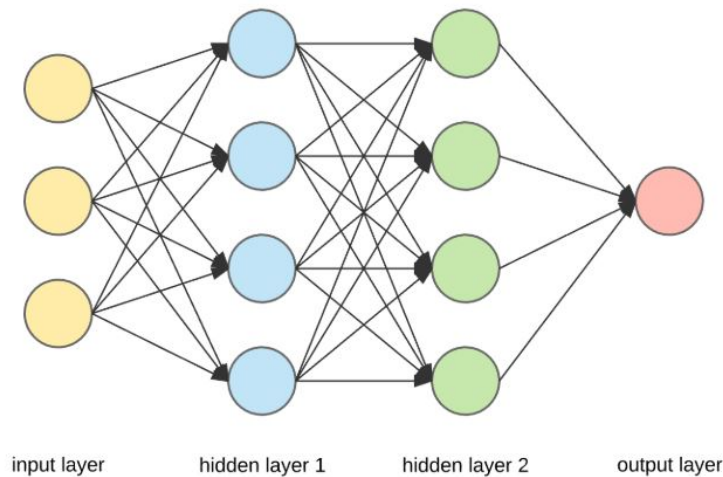


Figura 2.3: Exemplo de rede neural com duas camadas ocultas[5].

Cada nó de uma rede neural representa uma abstração matemática, esta é definida pela função de ativação (*Activation Function*) que recebe o somatório das entradas (*Inputs*) multiplicadas por seus respectivos pesos e mais um viés (*Bias*).

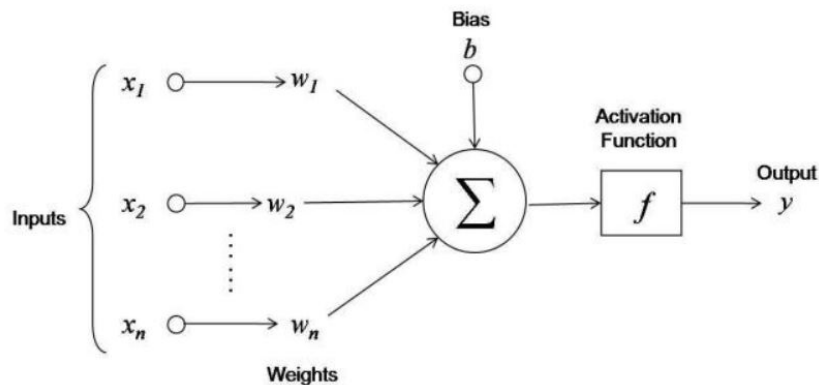


Figura 2.4: Neurônio de uma rede neural[6].

Durante a etapa de treinamento, estes pesos são ajustados de forma que se obtenha saídas iguais ou suficientemente próximas às saídas do conjunto de dados utilizado para treino, isso pode acontecer através de diversas técnicas, sendo a *backpropagation* umas das mais conhecidas, que utiliza descida de gradiente[24] para minimizar a função custo determinada pelas entradas, viés, função de ativação e saída dos neurônios.

Este modelo simples de rede neural com apenas uma camada oculta se chama *Perceptron* e os modelos com múltiplas camadas são chamados de *Multilayer Perceptron* (MLP). Apesar de terem significativo poder preditivo, estas redes podem apresentar falhas, principalmente quando o número de camadas ocultas atinge um valor muito grande ou quando os dados de entrada apresentam uma alta dimensão. Mesmo após algumas tentativas de solucionar estas falhas das redes MLP, outras arquiteturas de redes neurais foram propostas.

2.3.1 Redes Neurais Convolucionais

As Redes Neurais Convolucionais (*Convolutional Neural Network* - *CNN*) foram desenvolvidas com o intuito de facilitar a classificação de dados de alta dimensão, como imagens e textos. Em um problema de classificação de imagem com uma rede MLP, cada pixel está diretamente ligado a uma entrada, ocasionando um vetor de entrada de alta dimensão. Em uma rede CNN, normalmente, este vetor de entrada sofre diversas reduções de dimensionabilidade dentro de três camadas: camada de convolução, camada de função de ativação e camada de *pooling*.

Na primeira camada, ocorre a convolução do dado de entrada com um filtro (*kernel*), que também é treinado ao longo do treinamento de toda a rede.

1	1	1	0	0
0	1	1	1	0
0	0	1	1	1
0	0	1	1	0
0	1	1	0	0

Input

1	0	1
0	1	0
1	0	1

Filter / Kernel

Figura 2.5: Exemplo de um dado de entrada e um *kernel*[7].

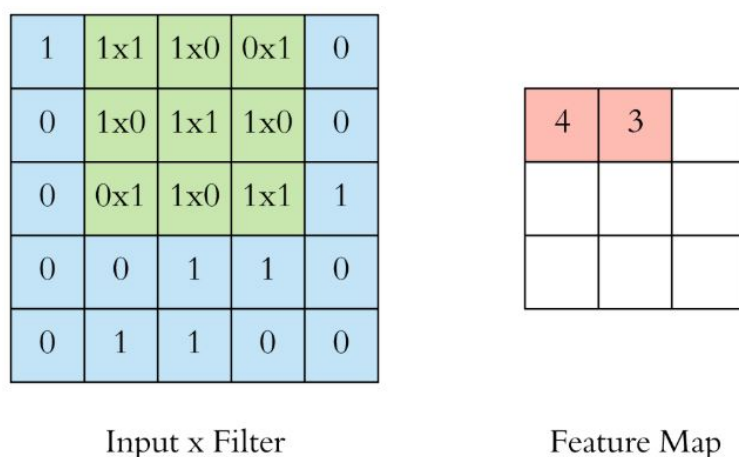


Figura 2.6: Exemplo de convolução da imagem anterior[7].

Após esta etapa, o resultado da camada convolução passa por funções de ativação. Nestas, normalmente são atribuídas funções ReLU (*Rectified Linear Unit*), análoga à função rampa, ou seja, valores menores que zero são zerados e o resto [e mantido. Por final, o resultado da camada de função de ativação passa pelo *pooling* onde a redução de dimensibilidade pode ser feita através de diversas técnicas, sendo a *max-pooling* a mais utilizada. Esta consiste em selecionar os maiores valores dentro de submatrizes de tamanho e espaçamento (passos) específicos, como indicado na figura abaixo.

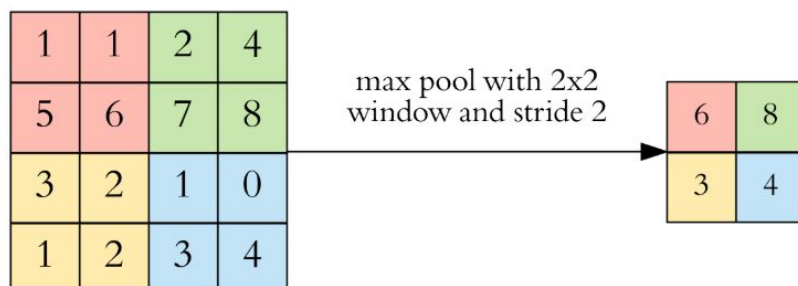


Figura 2.7: Exemplo de *max-pooling* utilizando uma submatriz de tamanho 2x2 e passo 2[7].

Após estas camadas, o resultado pode ser utilizado na camada de entrada de uma rede comum, normalmente, uma rede MLP.

2.3.2 Redes Neurais Recorrentes

As Redes Neurais Recorrentes (*Recurrent Neural Networks* - *RNN*) são redes que foram desenvolvidas principalmente para problemas associados à predição de

sequência de dados, como a predição de palavras em um texto de entrada. TODO

2.3.3 *Dropout*

TODO

2.4 Processamento de Linguagem Natural

Processamento de Linguagem Natural (PNL) se resume ao campo de estudo das tecnologias utilizadas para ajudar computadores a entenderem a linguagem natural dos humanos, é também considerado uma subárea da Inteligência Artificial. Pode ser usado em diversas aplicações[25], como por exemplo:

- Aplicativos de tradução de idioma, como o Google Translator
- Processamento de palavras, que empregam PNL para a correção gramática
- Resposta de Voz iterativa em call centers, de forma a responder adequadamente conforme a requisição de usuários
- Assistentes pessoais, como OK Google, Siri, Cortana e Alexa

Geralmente, o PNL abrange um pré-processamento de texto antes deste ser transformado em uma forma inteligível por computadores, de forma a remover ruídos ou facilitar o processamento, e isto pode ocorrer de diversas formas.

2.4.1 Pré-processamento de Sintaxe

A sintaxe se refere à forma de como as palavras se organizam em uma sentença para que se obtenha sentido gramatical. Estas são algumas técnicas de sintaxe que podem ser utilizadas no pré-processamento de texto:

- *Stemização*: É a transformação de palavras flexionadas para sua forma radical. Por exemplo, as palavras “estudos”, “estudar” e “estudando” se transformariam apenas em “stud”, mas a palavra “tiver” se transformaria em “tiv” e “tenho” se transformaria em “tenh”.
- *Lematização*: Semelhante à Stemização, porém, a palavra é resumida para seu lema, fazendo com que se alcance um nível maior de abstração. Neste caso, tanto a palavra “tiver” como “tenho” se transformaria no lema “ter”.
- *Remoção de stopwords*: A remoção de “palavras de parada”, ou seja, palavras como “a”, “de”, “o”, “da”, “que”, “e”, “do” é útil pois, na maioria das vezes, não são informações importantes para construção do modelo.

Além destas, outras técnicas mais simples são utilizadas, como a transformação de caracteres maiúsculos para minúsculos.

2.4.2 Representação Vetorial

Após o pré-processamento textual, diversas técnicas podem ser utilizadas para a transformação do texto em números. Uma das formas mais simples de se fazer isso é o *Bag-of-Words* (BOW), que consiste em simbolizar textos de um conjunto de dados através de uma matriz na qual cada coluna é associada a uma palavra existente no conjunto de dados. Cada linha da matriz representa um texto e as variáveis indicam o número de ocorrências de uma palavra específica.

	MARY	IS	HUNGRY	HAPPY	FOR	APPLES	NOT	JOHN	HE	
"Mary is hungry for apples." →	1	1	1	0	1	1	0	0	0	→ [1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0]
"John is happy he is not hungry for apples." →	0	2	1	1	1	1	1	1	1	→ [0, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]

Figura 2.8: Exemplo de aplicação do *Bag-of-Words*[8].

Apesar da praticidade e simplicidade, o BOW apresenta alguns problemas, entre eles, a perda da informação de ordem das palavras e a alta dimensão da representação vetorial, fazendo com que muitos busquem outra alternativa... TODO

Word2Vec

TODO

2.5 PyText

TODO

2.5.1 Configuração

TODO

2.5.2 Uso

TODO

Capítulo 3

Obtenção e Tratamento de Dados

Baseando-se na HME fraca e acreditando na possibilidade de realizar a análise fundamental de notícias sobre o mercado de forma autônoma, foi decidido o estudo acerca da criação de modelos preditivos de modo a prever a valorização, desvalorização ou preservação do preço de ativos da B3. Para isso, seria necessário a aquisição de um conjunto de dados de notícias e variações de preço de ativos grande o suficiente que relacionasse as datas/horários das notícias com as datas/horários das variações. Como um conjunto de dados que relacionasse diretamente notícias e variações de ativos não foi encontrado, ficou claro que seria necessário o cruzamento de dados a partir de dois conjuntos de dados diferentes.

3.1 Conjunto de Dados de Notícias

Inicialmente, foi preferido a escolha de realizar análises de forma a auxiliar decisões de *Day Trade*, isto é, compra e venda de ações no mesmo dia, o que tornaria a informação de horário imprescindível. Isto logo se tornou inviável devido a falta de conjuntos de dados de notícias em português brasileiro com a informação de horário. Dentre os encontrados, todos continham apenas a data de lançamento da notícia.

Conjuntos de notícias em outros idiomas com a informação de horário foram encontrados, mas não foram utilizados devido ao foco do projeto que buscava analisar notícias do mercado brasileiro para auxiliar operações na B3. Também foram avaliadas as possibilidades de construir um *Web Crawler* para obter notícias de sites como Folha de S. Paulo[26] ou InfoMoney[27] ou mesmo utilizar a API do Twitter[28] para obter *tweets* de contas associadas a veículos de notícias. A primeira possibilidade se mostrou complexa e demorada para o prazo estipulado para o projeto e a segunda foi impedida pelos limites que a versão gratuita da API propõe sobre os usuários. Sendo assim, foi decidido que a análise seria feita de forma a auxiliar decisões de *Swing Trade*.

Dentre os conjuntos encontrados, foi escolhido o *News of the brazilian newspaper*[29], disponibilizado por um usuário do Kaggle, uma comunidade on-line de cientistas de dados. O conjunto contém 167,053 notícias categorizadas da página do jornal Folha no período entre janeiro de 2015 e setembro de 2017. O conjunto oferece as informações de, título, corpo, data, categoria, subcategoria e link da notícia.

É importante notar que, além de notícias, o conjunto de dados também continha artigos escritos por colunistas do jornal.

Index	title	text	date	category	subcategory	link
166503	Bancos aumentam praz...	Com a alta dos juros e o men...	2015-04-01	mercado	nan	http://www1.folha.ue...
138160	Professores e alunos da USP...	Funcionários, alunos e prof...	2015-05-14	educacao	nan	http://www1.folha.ue...
112243	Criou-se a ideia de médi...	César Fernandes, 64...	2015-09-27	equilibrioesa...	nan	http://www1.folha.ue...
85392	Manter tumor sob controle ...	O tratamento tradicional d...	2016-02-24	equilibrioesa...	nan	http://www1.folha.ue...
28458	Os desafios do agronegócio	"Da porteira para dentro a...	2017-02-19	opiniao	nan	http://www1.folha.ue...
36009	Com choque entre Poderes...	Para evitar um agravamento n...	2016-12-15	poder	nan	http://www1.folha.ue...
93963	Leitores comentam prin...	A Folha dedicou a pri...	2016-04-01	paineldoleitor	nan	http://www1.folha.ue...
48741	Câmera e escuridão aju...	De avião ou de carro, a viag...	2016-09-22	turismo	nan	http://www1.folha.ue...
37322	Trump conversa com Al Gore e...	Donald Trump estava com fr...	2016-06-12	ambiente	nan	http://www1.folha.ue...
115589	Presidente da Colômbia afir...	Semanas após o governo venez...	2015-09-09	mundo	nan	http://www1.folha.ue...
10572	'Tenho condições de ...	Em entrevista à rádio Capit...	2017-07-18	poder	nan	http://www1.folha.ue...
99170	Dilma ainda não perdeu	A presidente Dilma Rouseff...	2015-03-12	colunas	viniciusmota	http://www1.folha.ue...
77952	'Pronto-socorro é o l...	Diante desse surto inesper...	2016-05-04	colunas	claudiacolluc...	http://www1.folha.ue...
107065	Mourinho é expulso, e Ch...	A má fase do Chelsea parec...	2015-10-24	esporte	nan	http://www1.folha.ue...

Figura 3.1: Alguns exemplos de notícias encontrados no conjunto de dados do jornal Folha de S. Paulo. A figura mostra todas as colunas disponíveis no conjunto: “*title*”, “*text*”, “*date*”, “*category*” e “*subcategory*”.

3.1.1 Pré-processamento de Texto

Como o conjunto de dados oferecia a informação de categoria da notícia, estes foram filtrados de forma a adquirir apenas as notícias associadas ao mercado, ou seja, onde os valores da coluna “*category*” fossem iguais a “mercado”, o que diminuiu o número total de notícias para 20.970. A coluna “*subcategory*” estava vazia em quase todos os registros, tendo apenas o nome do colunista na maioria dos casos diferentes deste. Os artigos não foram removidos, sendo considerados como notícias no conjunto de dados de forma a contribuir para o volume total.

Alguns testes de treino envolvendo apenas o título da notícia foram feitos, estes demonstraram uma baixa taxa de aprendizagem, fazendo com que se preferisse utilizar o processamento do corpo das notícias.

O Núcleo Interinstitucional de Linguística Computacional (NILC) da USP oferece um repositório[30] contendo uma série de *embeddings* pré-treinados em português brasileiro. Infelizmente, o repositório encontrava-se em manutenção devido a problemas no servido, o que levou a optar pelo treinamento de *embeddings* nativo do PyText a partir dos dados de treino. Para facilitar e agilizar o treinamentos do *embedding* o corpo das notícias foi pré-processado pelas seguintes etapas:

- Normalização para letras minúsculas, para evitar redundâncias.
- Remoção de *stopwords*, palavras como “a”, “o”, “que” e “de”.
- *Stemming*, transformação de palavras flexionadas para sua forma radical.
- Remoção e substituição de caracteres especiais.

Além disso, o formato da coluna de data foi alterada para que esta tivesse a mesma forma da informação de data no conjunto de dados da B3. Por final, as colunas “*title*”, “*category*” e “*subcategory*” foram removidas do conjunto.

Index	text	date
116861	terceir maior revendedor caminho pais volv apost tecnolog fre qued vendas mer...	2015-02-09 00:00:00
127905	mercedesbenz volkswagen dev ser primeir empres abc ader program proteca emprego...	2015-07-07 00:00:00
115507	setor priv reag form energ sinaliz ministr joaquim levy fazenda govern pod...	2015-10-09 00:00:00
80976	dol ating menor cotaca nominal sem correca inflacao quas set meses investi...	2016-03-18 00:00:00
126211	falt quorum govern sofr derrot sen tentat aceler aprov med regulariz dinhe...	2015-07-16 00:00:00
109122	propost ab inbev sabmill promet ser alvo investig minuc govern afric sul pass co...	2015-10-14 00:00:00
38647	tesour diret pass segund rod mudanc tentat atra investidor plataform vend t...	2016-11-28 00:00:00
109361	lojist acredit ano marc fim definit black fraude term cunh internaut frustr...	2015-10-13 00:00:00
86106	apos termin mestr engenh ambiental espanha gustav papini 31 sab dificil ac...	2016-02-22 00:00:00
117832	credor galva engenh aprov plan recuper judicial companh assembl realiz nest se...	2015-08-28 00:00:00
147638	contribuint pens burl sistem defes receit dev fic atento pois chanc exit r...	2015-03-26 00:00:00

Figura 3.2: Exemplos de notícias no conjunto de dados após o pré-processamento.

3.2 Conjunto de Dados da B3

Os dados das séries históricas dos ativos pertencentes à B3 pode ser obtido no próprio site da bolsa[31]. Por conveniência, novamente foi decidido usar um conjunto de dados do Kaggle[32], pois este já agrega os dados oriundos de [31] entre janeiro de 2000 e maio de 2018, no formato CSV.

Index	TypeReg	Date	BDFCode	Codneg	MarketType	Company	Spec	Prazot	Currency	Open	Max	Min	Med	Close	Preofc	Preofv	Totneg	Quatot
772492	1	20050330	96	CTNMF	20	COTEMINAS	PN *		R\$	210.06	210.06	210.06	21006	210.06	213	260	1	2000
3116286	1	20130905	78	BBASK25	70	BBAS	ON NM	000	R\$	0.88	0.93	0.88	90	0.93	0.16	0	2	2700
2554095	1	20120206	78	OGXP19	70	OGXP	ON NM	000	R\$	0.25	0.32	0.25	28	0.3	0.29	0.3	422	2936000
1873496	1	20091013	2	ELET3	10	ELETRORAS	ON N1		R\$	28.1	28.23	27.76	2803	28.23	28.02	28.23	1637	639900
2926036	1	20130314	74	IBOV67	70	IBOV	IBO	000	R\$	114	122	85	11113	95	0	0	8	220
2322434	1	20110503	2	GGBR3	10	GERDAU	ON N1		R\$	15.13	15.14	14.8	1493	14.94	14.94	14.98	977	937000
4987374	1	20171221	12	JSRE11	10	FII JS REAL	CI		R\$	99.69	100	99.3	9979	100	99.64	100	147	12344
3164345	1	20131021	82	CIELX17	80	CIELE	ON NM	000	R\$	1.42	1.42	1.42	142	1.42	0	0	1	150000
3023508	1	20130613	78	PETR617	70	PETR	PN	000	R\$	2.03	2.83	1.99	240	2.46	2.45	2.8	379	698100
4764710	1	20170717	96	BMYB34F	20	BRISTOLMYERS	DRN		R\$	174.31	174.31	174.31	17431	174.31	0	0	1	68
3906982	1	20150911	2	CMIG3	10	CEMIG	ON N1		R\$	7.42	7.45	7.24	729	7.3	7.3	7.31	238	87700
1357874	1	20071123	96	BRKMSF	20	BRASKEM	PMA N1		R\$	14.75	14.75	14.43	1458	14.6	14.48	14.6	24	570
1919458	1	20091207	78	ITUBA42	70	ITUB /ED	PN N1	000	R\$	0.86	0.86	0.86	86	0.86	0	0	2	150000
3632307	1	20150108	78	CIELA38	70	CIEL FM	ON NM	000	R\$	1.54	1.54	1.54	154	1.54	0	0	3	4900
3202195	1	20131127	8	CCHI3	10	CHIARELLI	ON		R\$	0.11	0.14	0.11	12	0.13	0.12	0.13	22	350000

Figura 3.3: Conjunto de dados da B3 antes do tratamento.

O primeiro passo dado para tratar os dados foi a remoção de registros que estão fora da mesma janela de tempo que o conjunto de dados das notícias, seguido da seleção dos 5 maiores ativos presentes no iBovespa, como informado na tabela 2.1. Além disso, os nomes das colunas foram normalizadas para letras minúsculas e foram preservadas apenas as colunas de código do ativo (*codneg*), preço de fechamento (*close*) e data (*date*).

Index	date	codneg	close
4913538	2017-10-31 00:00:00	PETR4	16.77
4900232	2017-10-23 00:00:00	ABEV3	21.3
4435017	2016-11-07 00:00:00	ITUB4	38.07
4918445	2017-11-06 00:00:00	ABEV3	20.54
3880182	2015-08-19 00:00:00	ITUB4	26.28
4318338	2016-08-04 00:00:00	VALE3	18.76
4974905	2017-12-14 00:00:00	ABEV3	20.97
3636853	2015-01-13 00:00:00	BBDC4	34.95
4056369	2016-01-15 00:00:00	BBDC4	17.25
4725435	2017-06-16 00:00:00	ABEV3	17.78
4118516	2016-03-07 00:00:00	BBDC4	26.16

Figura 3.4: Conjunto de dados da B3 após tratamento.

3.3 Cruzamento e Conjuntos Finais

TODO

Capítulo 4

Treinamento e Teste

TODO

4.1 Configuração

TODO

4.2 Rotina de Treinamento

TODO

4.3 Análise

TODO

Tabela 4.1: Acurácia para o caso de 3 classes.

<div>Ativo Dias</div>	ABEV3	BBDC4	ITUB4	PETR4	VALE3
1	57,34	57,78	58,15	57,32	58,34
2	57,63	57,82	X	56,67	55,43
3	57,96	57,25	X	58,27	57,97
4	58,77	60,21	57,84	58,32	59,55
5	57,57	59,93	58,41	59,42	59,20

Tabela 4.2: Precisão média para o caso de 3 classes.

<div>Ativo Dias</div>	ABEV3	BBDC4	ITUB4	PETR4	VALE3
1	38,39	38,54	38,85	54,86	38,91
2	55,02	38,61	X	60,12	53,78
3	49,65	38,28	X	38,82	38,72
4	55,64	40,01	38,56	72,04	39,70
5	53,45	39,92	39,04	39,66	39,41

Tabela 4.3: Cobertura média para o caso de 3 classes.

Ativo Dias	ABEV3	BBDC4	ITUB4	PETR4	VALE3
1	39,04	38,69	38,81	40,04	38,72
2	39,66	38,73	X	40,86	39,25
3	40,27	38,26	X	39,08	38,78
4	41,15	39,80	38,66	40,62	39,78
5	41,29	39,82	39,11	39,70	39,60

Tabela 4.4: Medida F1 média para o caso de 3 classes.

Ativo Dias	ABEV3	BBDC4	ITUB4	PETR4	VALE3
1	38,55	38,59	38,63	41,07	38,43
2	40,28	38,64	X	42,73	40,62
3	41,39	38,13	X	38,94	38,64
4	42,58	39,67	38,61	42,18	39,74
5	42,71	39,53	38,97	39,63	39,50

Tabela 4.5: Acurácia para o caso de 2 classes.

Ativo Dias	ABEV3	BBDC4	ITUB4	PETR4	VALE3
1	58,74	56,71	57,72	56,12	57,16
2	56,16	57,61	57,83	56,71	57,54
3	59,46	59,25	58,25	57,48	57,07
4	57,71	58,32	60,08	58,26	58,17
5	58,97	60,52	59,61	59,33	59,37

Tabela 4.6: Precisão média para o caso de 2 classes.

Ativo Dias	ABEV3	BBDC4	ITUB4	PETR4	VALE3
1	58,97	56,93	57,73	56,10	57,04
2	56,16	57,62	57,91	56,79	57,58
3	59,38	59,24	58,30	57,49	57,08
4	57,73	58,04	60,35	58,28	58,16
5	58,43	60,62	59,61	59,25	59,31

Tabela 4.7: Cobertura média para o caso de 2 classes.

Ativo Dias	ABEV3	BBDC4	ITUB4	PETR4	VALE3
1	58,97	56,80	57,67	55,99	56,82
2	56,18	57,62	57,89	56,76	57,57
3	58,97	59,21	58,25	57,50	57,07
4	57,76	59,28	59,78	58,30	58,16
5	58,32	60,64	59,51	59,24	59,12

Tabela 4.8: Medida F1 média para o caso de 2 classes.

Ativo Dias	ABEV3	BBDC4	ITUB4	PETR4	VALE3
1	58,74	56,54	57,61	55,84	56,63
2	56,12	57,61	57,82	56,68	57,53
3	58,76	59,19	58,18	57,47	57,05
4	57,67	57,83	59,39	58,23	58,15
5	58,33	60,52	59,45	59,25	59,03

Capítulo 5

Considerações Finais

TODO

5.1 Conclusão

TODO

5.2 Trabalhos Futuros

TODO

Referências Bibliográficas

- [1] LIU, Z., ZHU, H., CHONG, T. Y. “An NLP-PCA Based Trading Strategy On Chinese Stock Market”, *Advances in Social Science and Education and Humanities Research*, v. 334, n. 2, pp. 80–89, jul. 2019.
- [2] SEDLAK, M. “How Natural Language Processing is transforming the financial industry”. <https://www.ibm.com/blogs/watson/2016/06/natural-language-processing-transforming-financial-industry-2/>, 2016. Acessado em Dezembro/2019.
- [3] SMITH, D. J. “Efficient-Market Hypothesis (EMH) and Random-Walk Theory”. <https://stockmarketsupertrader.com/theory/efficient-market-hypothesis-emh-and-random-walk-theory/>, 2018. Acessado em Dezembro/2019.
- [4] VAZ, A. L. “Como lidar com dados desbalanceados em problemas de classificação”. <https://medium.com/data-hackers/como-lidar-com-dados-desbalanceados-em-problemas-de-classifica%C3%A7%C3%A3o-17c4d4357ef9>, 2019. Acessado em Dezembro/2019.
- [5] OGNJANOVSKI, G. “Everything you need to know about Neural Networks and Backpropagation — Machine Learning Easy and Fun”. <https://towardsdatascience.com/everything-you-need-to-know-about-neural-networks-and-backpropagation-machine-learning-easy-and-fun-17c4d4357ef9>, 2019. Acessado em Dezembro/2019.
- [6] PRATEEK, N. “Statistics is Freaking Hard: WTF is Activation function”. <https://towardsdatascience.com/statistics-is-freaking-hard-wtf-is-activation-function-df8342cdf292>, 2017. Acessado em Dezembro/2019.
- [7] DERTAT, A. “Applied Deep Learning - Part 4: Convolutional Neural Networks”. <https://towardsdatascience.com/applied-deep-learning-part-4-convolutional-neural-networks-584bc134c1e2>, 2017. Acessado em Dezembro/2019.

- [8] AMEISEN, E. “How to solve 90 of NLP problems: a step-by-step guide”. <https://blog.insightdatascience.com/how-to-solve-90-of-nlp-problems-a-step-by-step-guide-fda605278e4e>, 2018. Acessado em Dezembro/2019.
- [9] “Índice Bovespa (Ibovespa)”. http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/produtos/indices/indices-amplos/indice-ibovespa-ibovespa-composicao-da-carteira.htm. Acessado em Dezembro/2019.
- [10] ALY, A., LAKHOTIA, K., ZHAO, S., et al. “PYTEXT: A SEAMLESS PATH FROM NLP RESEARCH TO PRODUCTION”, dez. 2018.
- [11] DO PAVINI, A. “Cresce número de pessoas físicas como profissionais na Bolsa”. <https://exame.abril.com.br/seu-dinheiro/cresce-numero-de-pessoas-fisicas-como-profissionais-na-bolsa/>, 2019. Acessado em Dezembro/2019.
- [12] BACHINSKIY, A. “The Growing Impact of AI in Financial Services: Six Examples”. <https://towardsdatascience.com/the-growing-impact-of-ai-in-financial-services-six-examples-da386c0301b2>, 2019. Acessado em Dezembro/2019.
- [13] CANTO, L. G. “Stock Market Predictor”. <https://github.com/lgcanto/stock-market-predictor/>, 2019. Acessado em Dezembro/2019.
- [14] MOREIRA, M. “Fusão entre BM&FBovespa e Cetip cria a B3, 5ª maior bolsa de valores do mundo”. <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-03/fusao-entre-bmfbovespa-e-cetip-cria-b3-5a-maior-bolsa-de-valores-do-mundo>, 2017. Acessado em Dezembro/2019.
- [15] WAWRZENIAK, D. “O Que É Análise Técnica?” <https://www.bussoladoinvestidor.com.br/o-que-e-analise-tecnica/>, 2018. Acessado em Dezembro/2019.
- [16] WAWRZENIAK, D. “O Que É Análise Fundamentalista?” <https://www.bussoladoinvestidor.com.br/o-que-e-analise-fundamentalista/>, 2018. Acessado em Dezembro/2019.
- [17] MALKIEL, B. G. “Efficient Market Hypothesis”, *Finance*, pp. 127–134, 1989.

- [18] “Análise Técnica x Análise Fundamentalista”. <https://www.tororadar.com.br/investimento/analise-tecnica/analise-tecnica-x-fundamentalista>. Acessado em Dezembro/2019.
- [19] JORDAN, M. I., MITCHELL, T. M. “Machine learning: Trends, perspectives, and prospects”, *Science*, v. 349, pp. 80–89, jul. 2015.
- [20] MITCHELL, T. M. *Machine Learning*. McGraw Hill, 1997.
- [21] GULIPALLI, P. “The Pareto Principle for Data Scientists”. <https://www.kdnuggets.com/2019/03/pareto-principle-data-scientists.html>, 2019. Acessado em Dezembro/2019.
- [22] KOHAVI, R. “A Study of CrossValidation and Bootstrap for Accuracy Estimation and Model Selection”, *AI International joint Conference on artificial intelligence*, v. 14, pp. 1137—1145, 1995.
- [23] GROVER, P. “5 Regression Loss Functions All Machine Learners Should Know”. <https://heartbeat.fritz.ai/5-regression-loss-functions-all-machine-learners-should-know-4fb140e9d4b0>, 2018. Acessado em Dezembro/2019.
- [24] ROJAS, R. *Neural Networks - A Systematic Introduction*. Springer, 1996.
- [25] GARBADE, M. J. “A Simple Introduction to Natural Language Processing”. <https://becominghuman.ai/a-simple-introduction-to-natural-language-processing-ea66a1747b32>, 2018. Acessado em Dezembro/2019.
- [26] “Folha de S. Paulo”. <https://www.folha.uol.com.br/>. Acessado em Dezembro/2019.
- [27] “InfoMoney”. <https://www.infomoney.com.br/>. Acessado em Dezembro/2019.
- [28] “Twitter API Reference - Search Tweets”. <https://developer.twitter.com/en/docs/tweets/search/api-reference/get-search-tweets>. Acessado em Dezembro/2019.
- [29] MARLESSON. “Kaggle - News of the Brazilian Newspaper”. <https://www.kaggle.com/marlesson/news-of-the-site-folhauol>, 2019. Acessado em Dezembro/2019.

- [30] “Repositório de Word Embeddings do NILC”. <http://nilc.icmc.usp.br/nilc/index.php/repositorio-de-word-embeddings-do-nilc>, 2017. Acessado em Dezembro/2019.
- [31] “B3 - Séries históricas”. http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/market-data/historico/mercado-a-vista/series-historicas/. Acessado em Dezembro/2019.
- [32] CAMPEAO, D. “Kaggle - Bovespa”. <https://www.kaggle.com/dcampeao/bovespa>, 2018. Acessado em Dezembro/2019.

Apêndice A

Rotinas e Arquivos de Configuração

A.1 Rotina de Pré-processamento e Criação de Conjuntos de Dados

```
1 import re
2 import numpy as np
3 import pandas as pd
4 import csv
5 import os
6 from datetime import timedelta
7 from unicodedata import normalize
8 import nltk
9 nltk.download('stopwords')
10 from nltk.corpus import stopwords
11 from nltk.stem.snowball import SnowballStemmer
12
13 OUT_DIR = './dataset_out'
14 MAX_DAYS = 5
15 TRAIN_PERCENTAGE_SIZE = 80/100
16 TEST_PERCENTAGE_SIZE = 20/100
17 REGEXP_REMOVE_SPECIAL = re.compile('[^a-zA-Z0-9 ]+')
18 ONLY_ONE_CODE = False
19 ONLY_ONE_CODE_NAME = 'VALE3'
20 STOPWORDS = stopwords.words('portuguese')
21 STEMMER = SnowballStemmer('portuguese')
22 ARTIGOS_TEXT_COLUMN = 'text'
23 ARTIGOS_UNUSED_COLUMNS = ['title', 'category', 'subcategory', 'link']
24 BOVESPA_UNUSED_COLUMNS = ['open', 'company', 'typereg', 'bdicode',
    ↪ 'markettype', 'spec', 'prazot', 'currency', 'max', 'min', 'med',
    ↪ 'preofc', 'preofv', 'totneg', 'quatot']
```



```

25
26 df_companies = pd.read_csv('../datasets/company-codes.csv')
27 df_bovespa = pd.read_csv('../datasets/kaggle/bovespa.csv')
28 df_articles = pd.read_csv('../datasets/kaggle/articles.csv')
29
30 def getAppreciation(before, after):
31     if after > before:
32         return 1
33     if before > after:
34         return -1
35     else:
36         return 0
37
38 def getEffectDate(date):
39     effectDate = date
40     while (df_bovespa[df_bovespa.date == effectDate].size < 1):
41         effectDate = effectDate + timedelta(days=1)
42     return effectDate
43
44 def exportToTSV(dataframe, filename):
45     if not os.path.exists(OUT_DIR):
46         os.mkdir(OUT_DIR)
47     fullpath = '%s/%s' % (OUT_DIR, filename)
48     dataframe.to_csv(fullpath, sep='\t', quoting=csv.QUOTE_NONE,
49         ↪ index=False, header=False)
50
51 def getCleanText(text):
52     finalTextArray = []
53     lowerText = text.lower()
54     for word in lowerText.split():
55         if word not in STOPWORDS:
56             finalTextArray.append(STEMMER.stem(word))
57     finalText = ' '.join(finalTextArray)
58     finalText = normalize('NFKD', finalText).encode('ASCII',
59         ↪ 'ignore').decode('ASCII')
60     finalText = REGEXP_REMOVE_SPECIAL.sub('', finalText)
61     finalText = re.sub(' +', ' ', finalText)
62     return finalText
63
64 df_articles = df_articles[df_articles.category == 'mercado']
65 df_articles.drop(ARTIGOS_UNUSED_COLUMNS, inplace=True, axis=1)

```

```

64 df_articles['date'] = df_articles.apply(lambda row:
    ↪ np.int64(row['date'].replace('-', '')), axis=1)
65 df_articles['date'] = pd.to_datetime(df_articles['date'].astype(str),
    ↪ format='%Y%m%d')
66
67 df_bovespa.columns = map(str.lower, df_bovespa.columns)
68 df_bovespa =
    ↪ df_bovespa[df_bovespa.codneg.str.strip().isin(df_companies.code)]
69 df_bovespa['date'] = pd.to_datetime(df_bovespa['date'].astype(str),
    ↪ format='%Y%m%d')
70 df_bovespa = df_bovespa[df_bovespa.date >= df_articles.date.min()]
71 df_bovespa.drop(BOVESPA_UNUSED_COLUMNS, inplace=True, axis=1)
72 df_bovespa = df_bovespa.sort_values('date')
73
74 df_articles['date'] = df_articles.apply(lambda row:
    ↪ getEffectDate(row.date), axis=1)
75 df_articles[ARTIGOS_TEXT_COLUMN] = df_articles.apply(lambda row:
    ↪ getCleanText(row[ARTIGOS_TEXT_COLUMN]), axis=1)
76 df_articles = df_articles.sort_values('date')
77
78 df_analysis = pd.DataFrame(columns=['dataset', '1s', '0s', '-1s'])
79
80 for index, row in df_companies.iterrows():
81     if not ONLY_ONE_CODE or (ONLY_ONE_CODE and row['code'] ==
    ↪ ONLY_ONE_CODE_NAME):
82         print('Generating for ' + row['code'])
83         df_full = df_bovespa[df_bovespa.codneg.str.strip() == row['code']]
84         df_full =
            ↪ df_full.assign(close_before=df_full['close'].transform(lambda
            ↪ group: group.shift(1)))
85         df_full = df_full[~np.isnan(df_full.close_before)]
86         for d in range(MAX_DAYS):
87             interval = d + 1
88             df_interval =
                ↪ df_full.assign(close_after=df_full['close'].transform(lambda
                ↪ group: group.shift(-interval)))
89             df_interval = df_interval[~np.isnan(df_interval.close_after)]
90             df_interval.drop('close', inplace=True, axis=1)
91             df_company = pd.merge(df_articles, df_interval, on='date',
                ↪ how='inner')
92             if df_company.size > 0:

```

```

93 df_company.drop(['date', 'codneg'], inplace=True, axis=1)
94 df_company['label'] = df_company.apply(lambda row:
    ↪ getAppreciation(row['close_before'], row['close_after']),
    ↪ axis=1)
95 df_company.drop(['close_before', 'close_after'], inplace=True,
    ↪ axis=1)
96 df_company = df_company[['label', ARTIGOS_TEXT_COLUMN]]
97
98 df_company_positive = df_company[df_company.label ==
    ↪ 1].sample(frac=1)
99 df_company_neutral = df_company[df_company.label ==
    ↪ 0].sample(frac=1)
100 df_company_negative = df_company[df_company.label ==
    ↪ -1].sample(frac=1)
101
102 analysis = pd.Series({"dataset": row['code'] + '_' + str(interval)
    ↪ + 'd.tsv', "1s": len(df_company_positive), "0s":
    ↪ len(df_company_neutral), "-1s": len(df_company_negative)})
103 df_analysis = df_analysis.append(analysis, ignore_index=True)
104
105 trainPositiveSize =
    ↪ round(len(df_company_positive)*(TRAIN_PERCENTAGE_SIZE))
106 testPositiveSize =
    ↪ round(len(df_company_positive)*(TEST_PERCENTAGE_SIZE))
107
108 trainNeutralSize =
    ↪ round(len(df_company_neutral)*(TRAIN_PERCENTAGE_SIZE))
109 testNeutralSize =
    ↪ round(len(df_company_neutral)*(TEST_PERCENTAGE_SIZE))
110
111 trainNegativeSize =
    ↪ round(len(df_company_negative)*(TRAIN_PERCENTAGE_SIZE))
112 testNegativeSize =
    ↪ round(len(df_company_negative)*(TEST_PERCENTAGE_SIZE))
113
114 df_company_train = df_company_positive.head(trainPositiveSize)
115 df_company_positive = df_company_positive.iloc[trainPositiveSize:]
116 df_company_train =
    ↪ df_company_train.append(df_company_negative.head(trainNegativeSize))
117 df_company_negative = df_company_negative.iloc[trainNegativeSize:]
118

```

```

119     df_company_test = df_company_positive.head(testPositiveSize)
120     df_company_positive = df_company_positive.iloc[testPositiveSize:]
121     df_company_test =
        ↪ df_company_test.append(df_company_negative.head(testNegativeSize))
122     df_company_negative = df_company_negative.iloc[testNegativeSize:]
123
124     exportToTSV(df_company_train, row['code'] + '_2c_' + str(interval)
        ↪ + 'd_train.tsv')
125     exportToTSV(df_company_test, row['code'] + '_2c_' + str(interval)
        ↪ + 'd_test.tsv')
126
127     df_company_train =
        ↪ df_company_train.append(df_company_neutral.head(trainNeutralSize))
128     df_company_neutral = df_company_neutral.iloc[trainNeutralSize:]
129     df_company_test =
        ↪ df_company_test.append(df_company_neutral.head(testNeutralSize))
130     df_company_neutral = df_company_neutral.iloc[testNeutralSize:]
131
132     exportToTSV(df_company_train, row['code'] + '_3c_' + str(interval)
        ↪ + 'd_train.tsv')
133     exportToTSV(df_company_test, row['code'] + '_3c_' + str(interval)
        ↪ + 'd_test.tsv')

```

A.2 Rotina de Criação de Arquivos de Configuração e Execução de Treinamentos

```

1  import os
2  import pandas as pd
3  import subprocess
4  import glob
5
6  MAX_DAYS = 5
7  df_companies = pd.read_csv("../datasets/company-codes.csv")
8
9  for index, row in df_companies.iterrows():
10     asset = row['code']
11     for d in range(MAX_DAYS):
12         interval = d + 1
13         # configName = asset + "_2c_" + str(interval) + "d"
14         configName = asset + "_3c_" + str(interval) + "d"
15         fileName = "configs/" + configName + ".json"

```

```

16 with open("templateconfig_XXXXX_Yc_Zd.json") as inputFile,
    ↪ open(fileName, "w") as outputFile:
17     for line in inputFile:
18         outputFile.write(line.replace("XXXXX_Yc_Zd", configName))
19
20 print("Executing for " + configName)
21
22 bashCommand = "pytext train < " + fileName
23 result = subprocess.run(bashCommand, shell=True,
    ↪ stdout=subprocess.PIPE)
24 result.stdout.decode('utf-8')
25
26 print("Renaming run folder")
27
28 runFoldersList = glob.glob("runs/*")
29 latestRunFolder = max(runFoldersList, key=os.path.getctime)
30 os.rename(latestRunFolder, "runs/" + configName)
31
32 print("Execution done for " + configName)

```

A.3 Modelo de Arquivo de Configuração

```

1 {
2     "version": 18,
3     "task": {
4         "DocumentClassificationTask": {
5             "data": {
6                 "source": {
7                     "TSVDataSource": {
8                         "field_names": ["label", "text"],
9                         "train_filename":
10                            ↪ "../preprocessor/dataset_out/XXXXX_Yc_Zd_train.tsv",
11                         "test_filename":
12                            ↪ "../preprocessor/dataset_out/XXXXX_Yc_Zd_test.tsv",
13                         "eval_filename":
14                            ↪ "../preprocessor/dataset_out/XXXXX_Yc_Zd_test.tsv"
15                     }
16                 }
17             }
18         },
19         "model": {
20             "DocModel": {

```

```

17         "representation": {
18             "DocNNRepresentation": {}
19         }
20     },
21     "trainer": {
22         "epochs": 15
23     },
24     "metric_reporter": {
25         "output_path": "metric_reports/XXXXX_Yc_Zd.txt",
26         "model_select_metric": "accuracy",
27         "target_label": null,
28         "text_column_names": [
29             "text"
30         ]
31     }
32 },
33 "export_torchscript_path": "torchscripts/XXXXX_Yc_Zd.pt1",
34 "export_caffe2_path": "caffe2_exports/XXXXX_Yc_Zd.caffe2.predictor"
35 }

```

A.4 Arquivo com Lista de Ativos a Serem Processados

```

1 code,names
2 ABEV3,AMBEV
3 BBDC4,BRADESCO
4 ITUB4,ITAU
5 PETR4,PETROBRAS
6 VALE3,Vale

```