Big Data, Machine Learning e Text Mining em Economia: Estudos Recentes e Análise de Sentimento do BACEN

Hudson Chaves Costa [1] Sabino Porto Júnior [2] **Fernando Sabino da Silva** [3]

[1] Data Pier and IBMEC - MG

[2] Programa de Pós-Graduação em Economia - UFRGS

[3] Departamento de Estatística - UFRGS

Sumário

- Introdução/Motivação
- Metodologia
- Resultados
- Conclusões

Introdução/Motivação

- A Ciência Econômica tem evoluído ao longo de várias décadas em direção a uma maior ênfase em trabalhos empíricos. Hamermesh (2013) revisou publicações das principais revistas para o período de 1963 a 2011:
  - Até meados da década de 1980, a maioria dos artigos eram teóricos e após isso a participação de artigos empíricos subiu para mais de 70%.
  - Pequenas bases de dados ⇒ Dados montados ou obtidos pelos autores ou gerados através de experimentos controlados.
- Tecnologia ⇒ Maior disponibilidade de dados ⇒ Reavaliar a pesquisa econômica.
- *Big Data* torna acessível abordagens estatísticas (*Classification Trees*, *Regression Trees*, *Random Forest*) e computacionais (*Machine Learning* e *Text Mining*) já comumente utilizadas em outros campos de pesquisa.

Introdução/Motivação

- A Ciência Econômica tem evoluído ao longo de várias décadas em direção a uma maior ênfase em trabalhos empíricos. Hamermesh (2013) revisou publicações das principais revistas para o período de 1963 a 2011:
  - Até meados da década de 1980, a maioria dos artigos eram teóricos e após isso a participação de artigos empíricos subiu para mais de 70%.
  - Pequenas bases de dados $\Rightarrow$ Dados montados ou obtidos pelos autores ou gerados através de experimentos controlados.

- Tecnologia $\Rightarrow$ Maior disponibilidade de dados $\Rightarrow$ Reavaliar a pesquisa econômica.

- *Big Data* torna acessível abordagens estatísticas (*Classification Trees*, *Regression Trees*, *Random Forest*) e computacionais (*Machine Learning* e *Text Mining*) já comumente utilizadas em outros campos de pesquisa.

Introdução/Motivação

- Objetivos deste artigo:
  - Apresentar pesquisas que utilizaram *Big Data*, *Machine Learning* e *Text Mining* em macroeconomia;
  - Discutir principais técnicas e tecnologias;
  - Analisar o sentimento do Banco Central do Brasil (BCB) sobre a economia usando *Web Scraping* e *Text Mining*.
- Alguns resultados e conclusões:
  - Criamos um algoritmo que acessa as atas divulgadas em inglês pelo Copom no site do BCB e retira do PDF as palavras usadas na escrita das atas;
  - Dicionários de sentimentos Inquider (Harvard) e Loughran and McDonald (2011): construímos um índice de sentimento para a autoridade monetária.
  - Resultados indicam que tal abordagem pode contribuir para a avaliação econômica: a série temporal do índice está relacionada com importantes variáveis macroeconômicas.

Introdução/Motivação

- Objetivos deste artigo:
  - Apresentar pesquisas que utilizaram *Big Data*, *Machine Learning* e *Text Mining* em macroeconomia;
  - Discutir principais técnicas e tecnologias;
  - Analisar o sentimento do Banco Central do Brasil (BCB) sobre a economia usando *Web Scraping* e *Text Mining*.

- Alguns resultados e conclusões:
  - Criamos um algoritmo que acessa as atas divulgadas em inglês pelo Copom no site do BCB e retira do PDF as palavras usadas na escrita das atas;
  - Dicionários de sentimentos Inquider (Harvard) e Loughran and McDonald (2011): construímos um índice de sentimento para a autoridade monetária.
  - Resultados indicam que tal abordagem pode contribuir para a avaliação econômica: a série temporal do índice está relacionada com importantes variáveis macroeconômicas.

Metodologia - Web Scraping

- *Web Scraping*:
  - As informações disponíveis na internet (*Web*) raramente estão no formato adequado para uso;
  - *Web Scraping*: alternativa para coletar os dados de maneira automática;
  - Escrever algoritmos que executam automaticamente o que fazemos manualmente:
    - As páginas são construídas usando uma linguagem de estruturação (HTML);
    - Dentro do código têm *tags*, tais como <title> e <p>;
    - Estas *tags* tendem a permanecer constantes ao longo do tempo enquanto a informação dentro delas (preço de um produto ou a ata do Copom) são dinâmicas;
    - O algoritmo é ensinado a utilizar tais *tags* para localizar as informações e guardá-las em um banco de dados.

Metodologia - Web Scraping

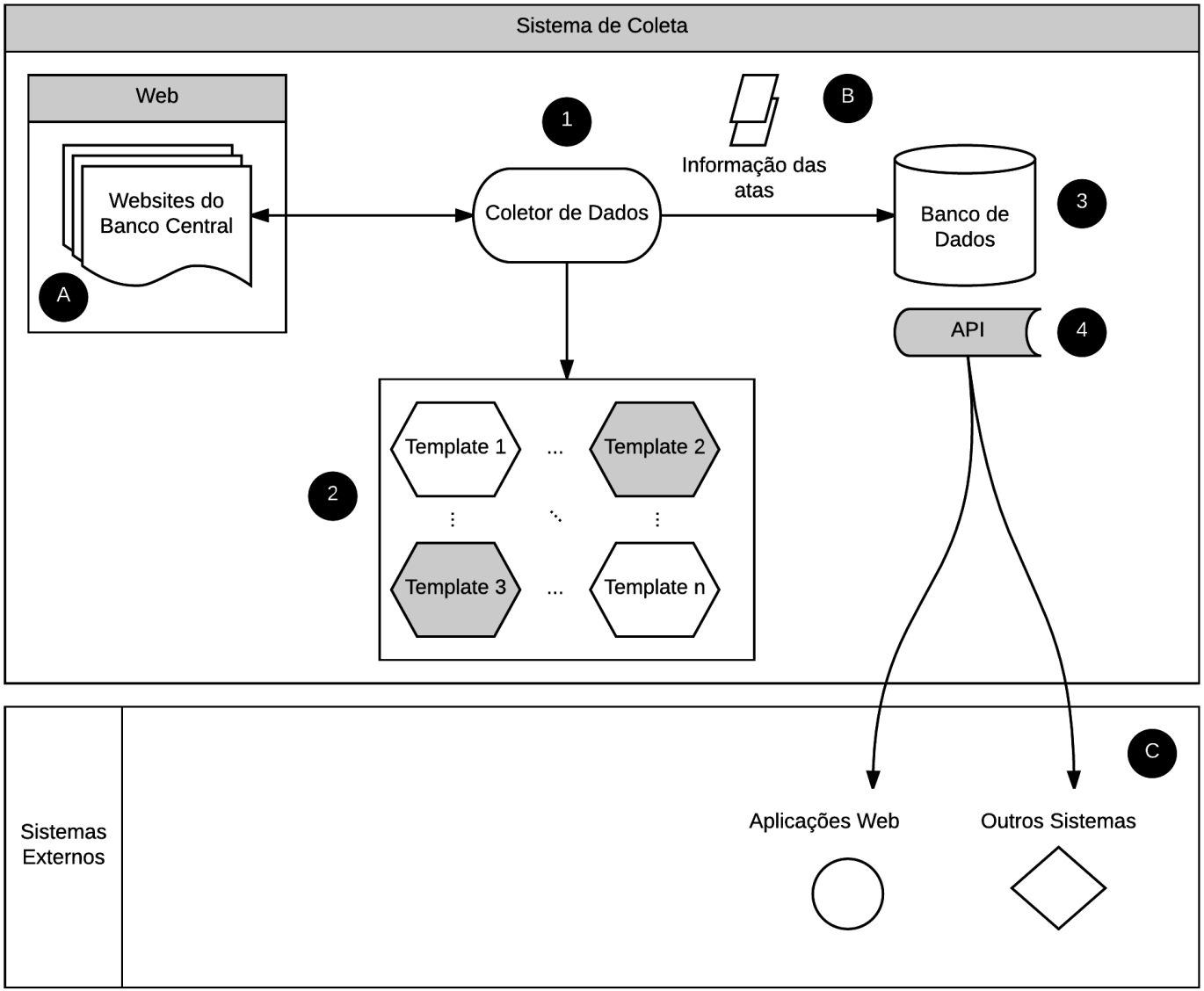
- Abra a página onde estão armazenadas as atas do COPOM aqui.
- O código para extrair as atas pode ser encontrado aqui.

Exemplo do algoritmo de coleta das atas

```
> main.page = read_html(x = "http://www.bcb.gov.br/?MINUTES")
> urls = main.page %>%
+   html_nodes("#cronoAno a") %>%
+   html_attr("href")
> ano = main.page %>%
+   html_nodes("#cronoAno a") %>%
+   html_text()
>
> # 2016 http://www.bcb.gov.br/?id=MINUTES&ano=2016
```

- Desenvolvemos um coletor capaz de arquitetar e executar de forma lógica e escalável todo esse processo.
- Ele interage com as páginas da *Web*, extrai a informação e armazena os dados.
- Exemplos de coletores: Google e Buscapé.

Metodologia - Web Scraping



Metodologia - Análise de Sentimento

- É o estudo computacional das opiniões, atitudes e emoções em relação a uma entidade (indivíduos, empresas, etc);
- O objetivo é encontrar opiniões ou identificar os sentimentos expressos em um texto;
- Existem muitas aplicações de algoritmos de análise de sentimento. Em resumo, podemos classificar em abordagens baseadas em *Machine Learning* e orientadas por Lexicon.
- Aplicamos neste estudo, a segunda abordagem que faz uso de dicionários semânticos;
  - Uma pequena quantidade de palavras de opinião são coletadas manualmente e a partir da manutenção de pesquisadores aumenta-se a coleção de palavras do dicionário.
  - Usamos o dicionário Inquirer disponibilizado pela Universidade de Harvard (Stone, Dumphy e Smith (1966)) que classifica 11.788 palavras em grupos semânticos (*positive*, *negative*, *strong*, *weak*, entre outros) e o dicionário financeiro de Loughran-McDonald (2011).

Metodologia - Análise de Sentimento

- É o estudo computacional das opiniões, atitudes e emoções em relação a uma entidade (indivíduos, empresas, etc);
- O objetivo é encontrar opiniões ou identificar os sentimentos expressos em um texto;
- Existem muitas aplicações de algoritmos de análise de sentimento. Em resumo, podemos classificar em abordagens baseadas em *Machine Learning* e orientadas por Lexicon.
- Aplicamos neste estudo, a segunda abordagem que faz uso de dicionários semânticos;
  - Uma pequena quantidade de palavras de opinião são coletadas manualmente e a partir da manutenção de pesquisadores aumenta-se a coleção de palavras do dicionário.
  - Usamos o dicionário Inquirer disponibilizado pela Universidade de Harvard (Stone, Dumphy e Smith (1966)) que classifica 11.788 palavras em grupos semânticos (*positive*, *negative*, *strong*, *weak*, entre outros) e o dicionário financeiro de Loughran-McDonald (2011).

Metodologia - Análise de Sentimento

- É o estudo computacional das opiniões, atitudes e emoções em relação a uma entidade (indivíduos, empresas, etc);
- O objetivo é encontrar opiniões ou identificar os sentimentos expressos em um texto;
- Existem muitas aplicações de algoritmos de análise de sentimento. Em resumo, podemos classificar em abordagens baseadas em *Machine Learning* e orientadas por Lexicon.
- Aplicamos neste estudo, a segunda abordagem que faz uso de dicionários semânticos;
  - Uma pequena quantidade de palavras de opinião são coletadas manualmente e a partir da manutenção de pesquisadores aumenta-se a coleção de palavras do dicionário.
  - Usamos o dicionário Inquirer disponibilizado pela Universidade de Harvard (Stone, Dumphy e Smith (1966)) que classifica 11.788 palavras em grupos semânticos (*positive*, *negative*, *strong*, *weak*, entre outros) e o dicionário financeiro de Loughran-McDonald (2011).

Metodologia - Análise de Sentimento

- Usando duas bases de dados (matriz de palavras das atas e dicionário semântico), buscamos quais palavras estão presentes nas duas bases para cada uma das atas;
- Assim, sabemos quantas palavras **negativas** e **positivas** estão presentes na escrita de cada ata.

Índice de Sentimento

$$I_t = \frac{NP_t - NN_t}{N}$$

onde I_t é o índice de sentimento para cada ata divulgada em t, NP_t e NN_t são a quantidade de palavras **positivas** e **negativas** presentes na ata divulgada em t, respectivamente, e N é a quantidade de palavras na ata. Quanto maior o valor I_t, mais **positiva** é a ata e, consequentemente, a expectativa para a economia pela autoridade monetária.

Metodologia - Dados

- Usamos as atas do Copom para avaliar o sentimento do BCB sobre a economia;
- Utilizamos a versão em inglês disponível na internet e em formato PDF desde a 42º Reunião;
- Total de atas disponíveis: 173 (até a reunião de junho de 2018);
- Eliminamos da amostra as atas das reuniões 42 e 43 em função de diferença no layout dos arquivos em comparação com as demais atas (**amostra com 173 atas**).
- Para efeito de comparação da série temporal do Índice de Sentimento:
  - IPCA anual e acumulado no mês;
  - Taxa de juros nominal (Selic);
  - Meta anual do IPCA.

Metodologia - Dados

- Usamos as atas do Copom para avaliar o sentimento do BCB sobre a economia;
- Utilizamos a versão em inglês disponível na internet e em formato PDF desde a 42º Reunião;
- Total de atas disponíveis: 173 (até a reunião de junho de 2018);
- Eliminamos da amostra as atas das reuniões 42 e 43 em função de diferença no layout dos arquivos em comparação com as demais atas (**amostra com 173 atas**).
- Para efeito de comparação da série temporal do Índice de Sentimento:
  - IPCA anual e acumulado no mês;
  - Taxa de juros nominal (Selic);
  - Meta anual do IPCA.

Resultados

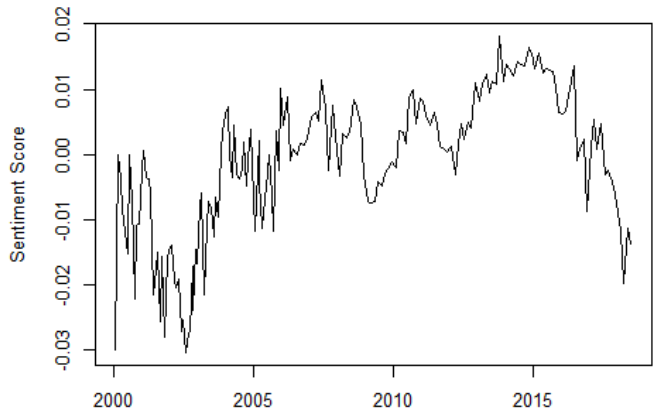
- Uma vez que todas as atas estão armazenadas, faz-se necessário transformá-las de forma que seja possível extrair cada uma das palavras do seu conteúdo.
- Em linhas gerais, temos o seguinte processo:
  1. Leitura e armazenamento dos arquivos PDF no formato de um **Corpus** que é uma coleção de documentos textuais;
  2. O **Corpus** contém 173 documentos textuais sendo que cada documento é uma representação textual da ata;
  3. Após isso, o texto de cada documento é reformatado para eliminar prováveis impurezas:
     - Remoção de números, caracteres de pontuação, palavras sem sentido (the, you, we, por exemplo), espaços em branco;
     - Aplicação do procedimento de *stemming* (reduzir palavras relacionadas) a uma forma mínima comum e transformação de todos os caracteres para minúsculo.
  4. Criar uma matriz onde temos em cada coluna as distintas palavras de todos os documentos do **Corpus** e nas linhas cada um dos documentos.

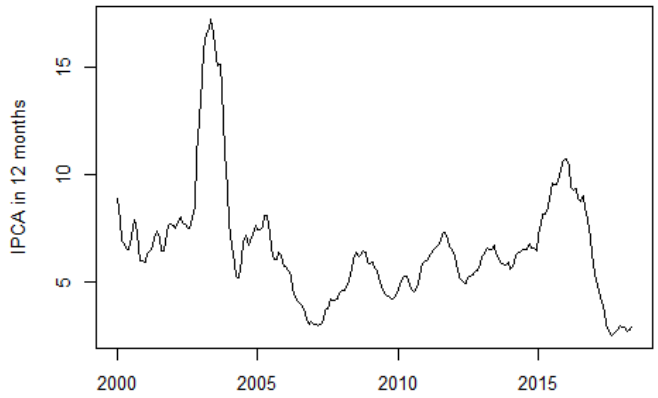
Resultados

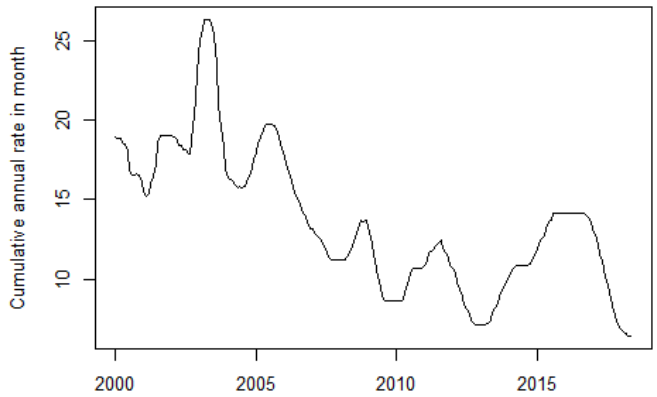
Tabela: Matriz de dados (Documentos x Palvras)

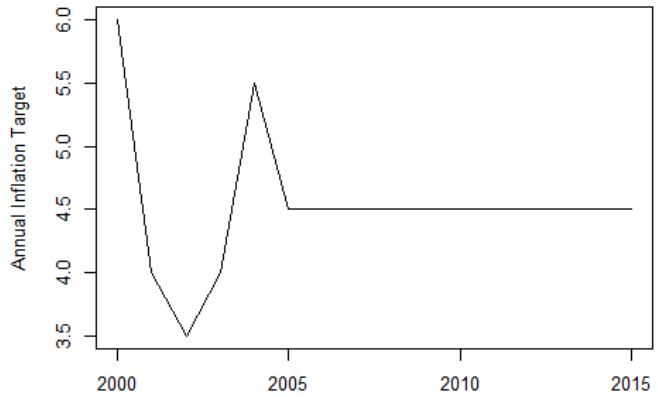
Ata	absorption	acceleration	accommodative	accordance	according	account
199th	2.00	1.00	1.00	1.00	20.00	1.00
198th	2.00	1.00	1.00	1.00	19.00	1.00
197th	2.00	1.00	1.00	1.00	18.00	1.00
196th	2.00	1.00	1.00	1.00	18.00	1.00
195th	2.00	2.00	1.00	1.00	18.00	1.00
194th	2.00	2.00	1.00	1.00	18.00	1.00
193rd	2.00	2.00	1.00	1.00	23.00	1.00
192nd	2.00	2.00	1.00	1.00	19.00	1.00
191st	2.00	1.00	1.00	0.00	20.00	1.00
190th	2.00	1.00	1.00	0.00	17.00	1.00

Resultados


Sentiment Score
0.02
0.01
0.00
-0.01
-0.02
-0.03
2000
2005
2010
2015


IPCA in 12 months
15
10
5
2000
2005
2010
2015


Cumulative annual rate in month
25
20
15
10
2000
2005
2010
2015


Annual Inflation Target
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0
3.5
2000
2005
2010
2015

Conclusões

- Expomos a aplicação de *Text Mining* nas atas das reuniões do Copom que são divulgadas no site do BCB;
- Utilizando técnicas de *Web Scraping* e *Text Mining* há indicação de que o índice de sentimento está relacionado com séries temporais importantes para a autoridade monetária (Selic, IPCA);
- Tal resultado fortalece a importância do uso das técnicas apresentadas em pesquisas econômicas aplicadas. É possível construir modelos simples e flexíveis que utilizem o fluxo de notícias.

Extensões

- No que tange aos resultados empíricos, testes comumente utilizados em séries temporais como Causalidade de Granger podem contribuir para a robustez dos resultados assim como o uso da série temporal do índice de sentimento em modelos VAR, SVAR, VEC ou SVEC;

- Além disso, trabalhos futuros podem usar a mesma base de dados em busca de predizer as decisões do BCB por meio de técnicas de *Machine Learning*;

- *Topic Modeling*: classificação de textos por tópico;
  - Quão acomodativa é a política monetária? *Hawkish/Dovish* (Agressiva/Acomodativa)?

- Por fim, a mesma metodologia de acesso aos dados pode ser empregada em outros documentos divulgados pela autoridade monetária (relatórios de inflação, discursos (forward looking), comunicados, carta aberta).