Instituto Federal do Espírito Santo
Bacharelado em Sistemas de Informação

Sistema *web* de arquitetura modular para processamento de corpora

Ádler Oliveira Silva Neves

Orientador: Me. Ernani Leite Ribeiro Filho

Sumário

O título do trabalho

- Sistema ("elementos que interagem para realizar objetivos"[1])
  - *web* (navegadores, cliente-servidor, HTML, HTTP)
- de arquitetura
  - modular
- para processamento de
  - corpora

[1] STAIR, R. M.; REYNOLDS, G. W. **Princípios de Sistemas de Informação**. 9ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. ISBN: 978-85-221-0797-1. p. 7.

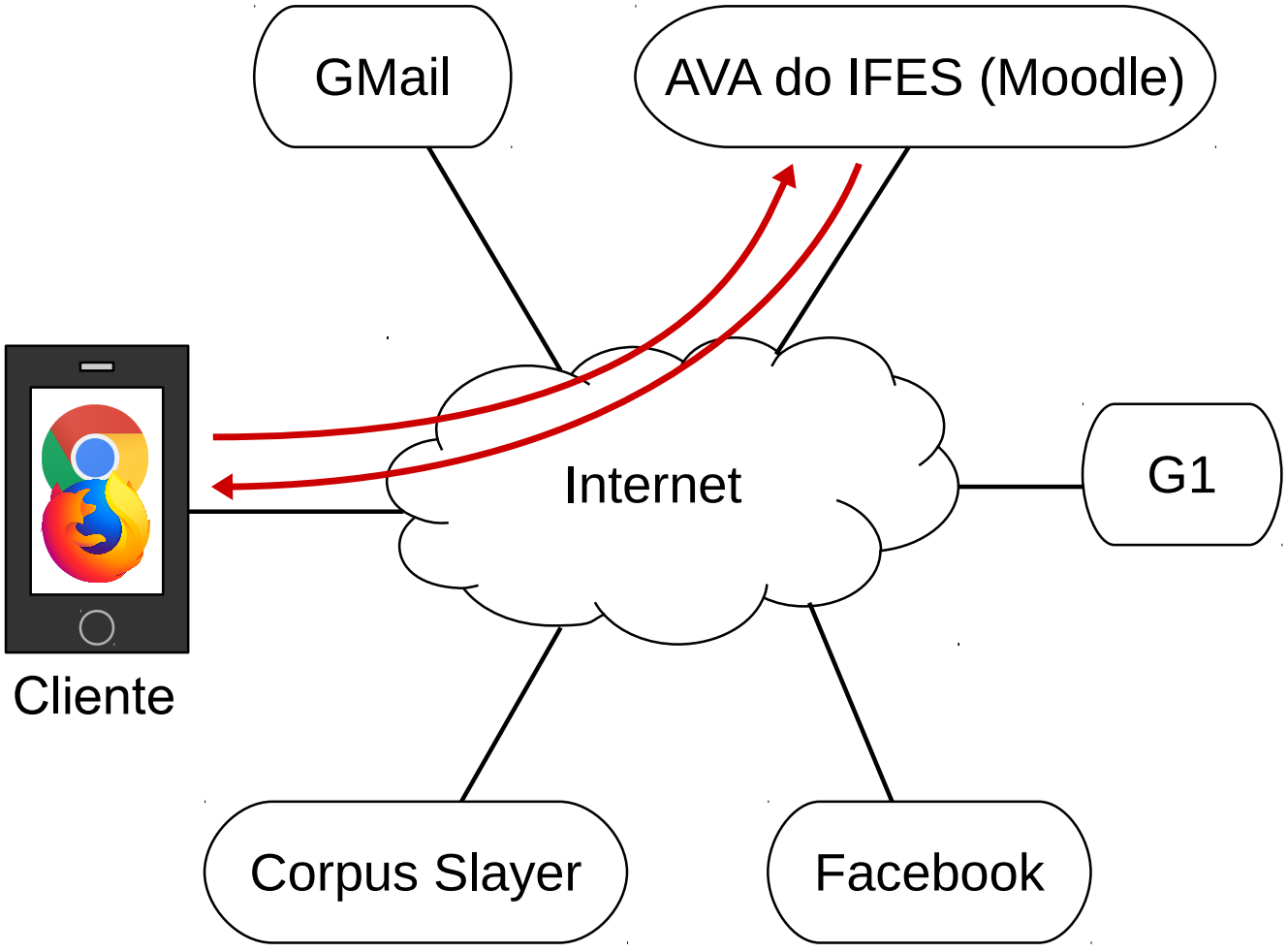


Figura 1: A web, enquanto atores se comunicando

Fonte: O autor

O título do trabalho

- Sistema
  - *web*
- de arquitetura (como os elementos estão organizados)
  - modular (baixo acoplamento, *plug-ins*)
- para processamento de
  - corpora

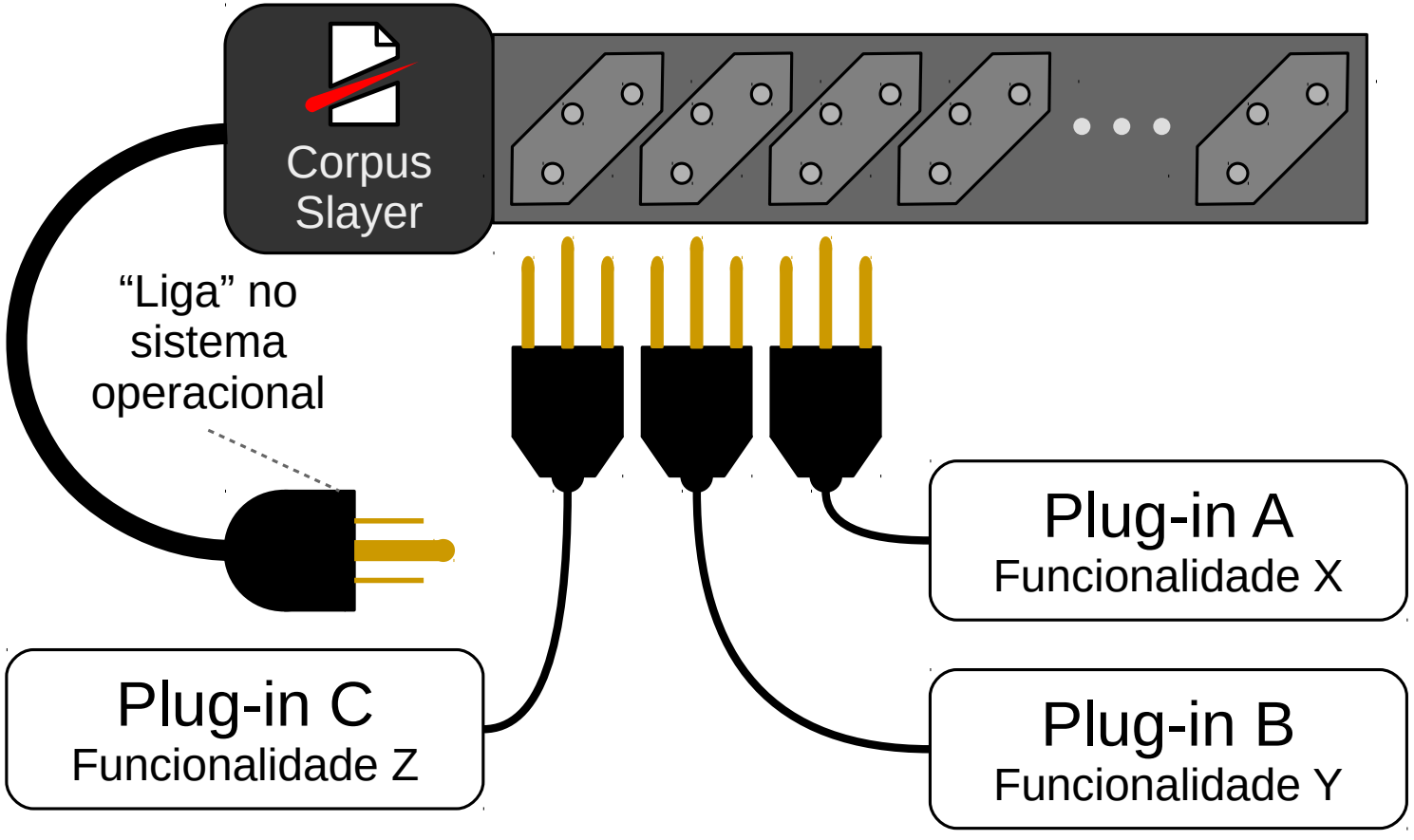


Figura 2: Uma analogia para o conceito de *plug-ins*

Fonte: O autor

O título do trabalho

- Sistema
  - *web*
- de arquitetura
  - modular
- para processamento de (o objetivo é processar *algo*)
  - corpora (entrada do sistema)

Corpus

plural: corpora

- O que é?
  Um conjunto de textos relevante para estudar um determinado grupo de pessoas ou um ramo do conhecimento[2].
- Uma aplicação?
  - Compilação das palavras mais frequentes da língua inglesa em 1921;
  - Revolução no ensino de inglês enquanto língua estrangeira.
- De qual área do conhecimento estamos falando?
  - Processamento automático da linguagem natural;
  - Linguística de corpus.

[2] TAGNIN, S. E. **Glossário de linguística de corpus**. São Paulo: HUB Editorial, 2010. p. 358.

Processamento automático da linguagem natural

Tratamento computacional das estruturas da língua que se repetem.

Linguística de corpus

O estudo da língua a partir de seus usos em conjuntos de documentos que representam a área estudada.

A evolução da linguística de corpus

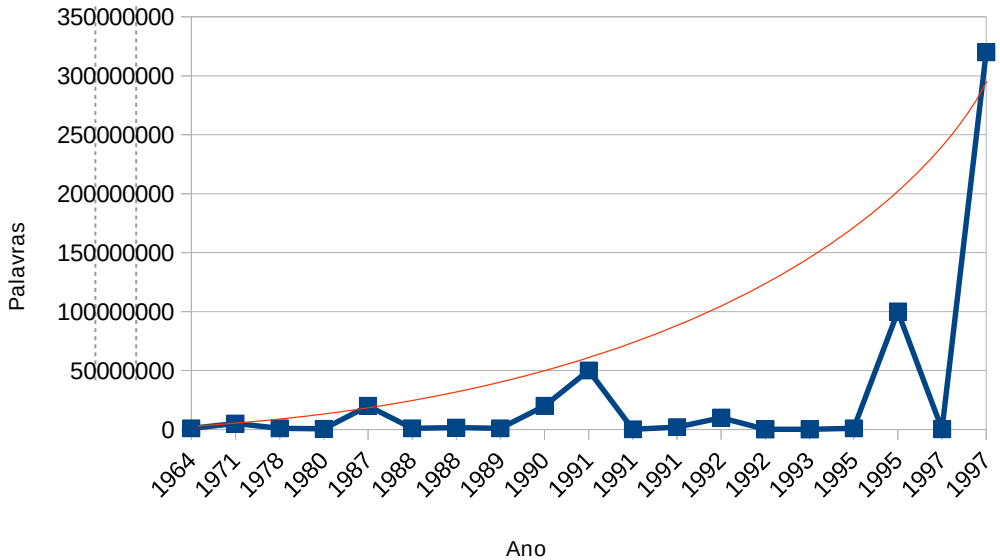


Figura 3: Evolução do tamanho dos corpus no tempo

Fonte: O autor a partir de Sardinha[3]

[3]SARDINHA, Tony Berber. Lingüística de Corpus: histórico e problemática. DELTA, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 323-367, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-44502000000200005>. Acessado em: 28 jun 2018. p. 330.

O linguista antes do computador

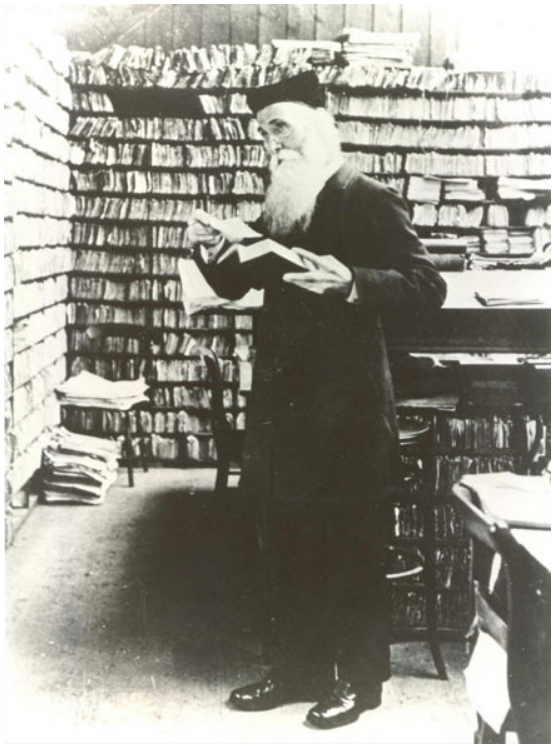


Figura 4: James Murray e o trabalho que ocupou grande parte de sua vida: *Oxford English Dictionary*

Fonte: Wikipédia[4]

[4] https://en.wikipedia.org/wiki/File:James-Murray.jpg

Uma aplicação (que não seja fazer dicionários)

- Compilação das palavras mais frequentes da língua inglesa em 1921;
- Revolução no ensino de inglês enquanto língua estrangeira.

- Até década de 1960: processamento manual lento, caro e passível de erros;
- Computadores se popularizaram;
- 51% do total de domicílios brasileiros de estudantes possuem acesso à internet[5];
- E que ferramentas computacionais para processar corpora temos hoje?

[5] CETIC.BR. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras - tic educação 2015**. 2016.

Ferramentas computacionais para linguística de corpus

que fazem o processamento automático da linguagem natural

- É o que o WordSmith faz; (pago)
- É o que o CorpusEye faz; (limitado)
- É o que o SketchEngine faz; (pago)
- É o que o Unitex/Gramlab faz; (limitado)
- É o que o COCA Online Corpus faz; (limitado)
- É o que o sistema proposto pelo título fará:
  - O que ele faz que os outros não fazem?

Público alvo: pesquisadores linguistas, professores de letras, alunos de línguas ou tradutores que não programam.

O que falta nos atuais?

Software	Interface	Gratuito	Corpus fornecido pelo usuário	Tokenizador	Etiquetador	Concordanciador
WordSmith 5	Desktop	Não	Sim	Sim	Não	Sim
Unitex/GramLab	Desktop	Sim	Sim	Sim	Francês	Sim
CorpusEye	Web	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
COCA Online Corpus	Web	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
NoSketch Engine	Web	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Sketch Engine	Web	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Corpus Slayer	Web	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Tabela 1: Tabela comparativa resumida de softwares de Processamento de Linguagem Natural

Fonte: O autor

Objetivo geral

Desenvolver uma aplicação *web* de código aberto para marcação e busca de partes do discurso em corpora, visando ampliar as funcionalidades em relação a *softwares* similares existentes e com interface amigável ao usuário.

Objetivos específicos

- Analisar comparativamente os recursos das ferramentas WordSmith, CorpusEye, COCA Online Corpus, Unitex/GramLab e Sketch Engine;
- Desenvolver ou adaptar um módulo extrator de sentenças;
- Desenvolver ou adaptar um módulo extrator de lista de palavras;
- Desenvolver ou adaptar um módulo etiquetador de partes do discurso que atue sobre sentenças;
- Desenvolver ou adaptar um módulo concordanciador que suporte busca por etiquetas;
- Integrar os módulos desenvolvidos ou adptados numa aplicação web;
- Disponibilizar uma ferramenta livre para uso educacional.

Análise comparativa

- Tabela 4, seção 3.1; (p. 29)
- Várias funcionalidades desejáveis:
  - Não há tempo hábil para implementar todas;
- A tabela 1 era uma versão resumida desta;
- Deu origem aos objetivos subsequentes.

Separador de sentenças

Separador de frases

O que faz: Separa um texto em frases;

Desafios: Siglas, abreviações e abreviaturas; (Sr., Sra., V.Exa.)

Implementação: Adaptada do Unitex/Gramlab;

1. Frente dos rebeldes sírios em Aleppo desmorona e leva pânico a refugiados
2. Ofensiva lançada pelas tropas de Bashar al Assad com apoio russo encurrala refugiados
3. Recomanar no Facebook
4. Um guia para entender quem é quem no complexo conflito da Síria
5. As linhas rebeldes no norte da Síria desmoronam rapidamente nos últimos dias, por causa da intensificação da ofensiva contra Aleppo realizada por forças leais ao presidente Bashar al Assad , apoiadas por combatentes xiitas e pela aviação russa.
6. Na última segunda-feira, as fileiras do regime se situavam nos arredores de Tal Rifat, a apenas 20 quilômetros da passagem fronteiriça de Öncüpinar/Bab al Salam, entre a Turquia e a Síria.

Figura 5: Lista de sentenças duma notícia sobre a guerra na Síria[6]

Fonte: O autor

[6] https://brasil.elpais.com/brasil/2016/02/08/internacional/1454962492_021877.html

Extrator de lista de palavras

O que faz: Identifica as palavras do texto e as classifica como simples ou composta, seu lema, e suas possíveis flexões;

Implementação: Adaptada do Unitex/Gramlab;

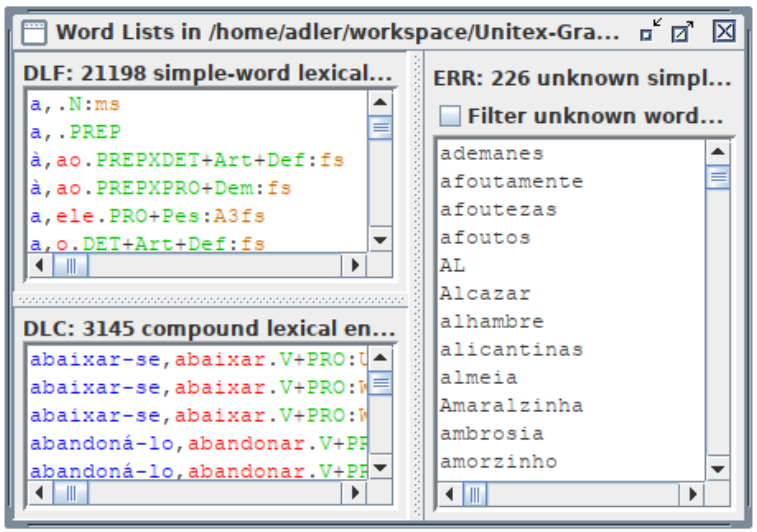


Figura 6: Lista de palavras do Unitex/GramLab sobre o livro Senhora de José de Alencar

Fonte: O autor

Concordanciador

O que faz: "extrai todas as ocorrências de uma palavra de busca num corpus juntamente com seu cotexto [...]"[7];

Implementação: Própria.

[7] TAGNIN, S. E. **Glossário de linguística de corpus**. São Paulo: HUB Editorial, 2010. p. 358.

arço a a demissão de Bernard_Nussbaum , **amigo** de a primeira-dama , de o cargo de assessor jur
¤ Apesar_de ninguém lá ser mais **amigo** de o rei , a turma continua em a ativa .
¤ Um **amigo** de a família ligou para informar sobre o estado
disse que " Zé_Milionário " é um velho **amigo** seu .
, 24 , que assistiu o jogo ao_lado_de o **amigo** Brian_Fagerburg , 24 .
laboradores em a campanha_eleitoral : o **amigo** , empresário e secretário-geral de o PSDB Sérgi
¤ Ronaldo , irmão de Romário , e seu **amigo** Paulo_Ciro , policial civil , saíram de o condo
Cemitério Parque de Animais Jardim de o **Amigo** , em Itapevi (Grande São_Paulo) , tem 20 mil
is já foram enterrados em o Jardim de o **Amigo** , todos cães e gatos .
nas " oferece " o livro a um " distinto **amigo** e colega ´ , até longas mensagens como as de Ra
no ao_menos um CD em a brincadeira de " **amigo** secreto " de a empresa em que trabalha .

Figura 7: Concordâncias para a palavra “amigo” gerada pelo CorpusEye

Fonte: O autor

Etiquetador de partes do discurso

O que faz: Atribui etiquetas de partes do discurso a cada palavra da sentença;

Desafios: Ambiguidades; ("casa" é verbo ou substativo?)

Implementação: Se o treinamento do Unitex/Gramlab obtiver precisão[8] maior que 75%, será utilizado o etiquetador deste; caso contrário, serão utilizados os etiquetadores treinados por Aires[9], priorizados por precisão.

---

[8] "denota a proporção de casos preditos como positivos que são considerados positivos reais" POWERS, D. Evaluation: From Precision, Recall and F-Measure To Roc, Informedness, Markedness Correlation. **Journal of Machine Learning Technologies**, v. 2, n. 1, p. 37–63, 2011. ISSN 2229-3981. p. 38.

[9] AIRES, R. V. X. **Implementaçao, adaptaçao, combinação e avaliação de etiquetadores para o português do Brasil**. 154 p. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

Etiquetador de partes do discurso

Form	POS sequence #1
Ce	{Ce,ce.DET:ms}
gentleman	{gentleman,.N:ms}
ne	{ne,.XI}
figurait	{figurait,figurer.V:I3s}
dans	{dans,.PREP}
aucun	{aucun,.DET:ms}
comité	{comité,.A:ms}
d'	{de,.PREP}
administration	{administration,.N:fs}
.	{.,.PONCT}

Figura 8: Etiquetador do Unitex/GramLab sobre a 9ª sentença do livro A Volta ao Mundo em 80 Dias de Júlio Verne

Fonte: O autor

Etiquetador de partes do discurso

Form	POS sequence #1
Ce	{Ce,ce.DET:ms}
gentleman	{gentleman,.N:ms}
ne	{ne,.XI}
figurait	{figurait,figurer.V:I3s}
dans	{dans,.PREP}
aucun	{aucun,.DET:ms}
comité	{comité,.A:ms}
d'	{de,.PREP}
administration	{administration,.N:fs}
.	{.,.PONCT}

Figura 9: Etiquetador do Unitex/GramLab sobre a 9ª sentença do livro A Volta ao Mundo em 80 Dias de Júlio Verne

Fonte: O autor

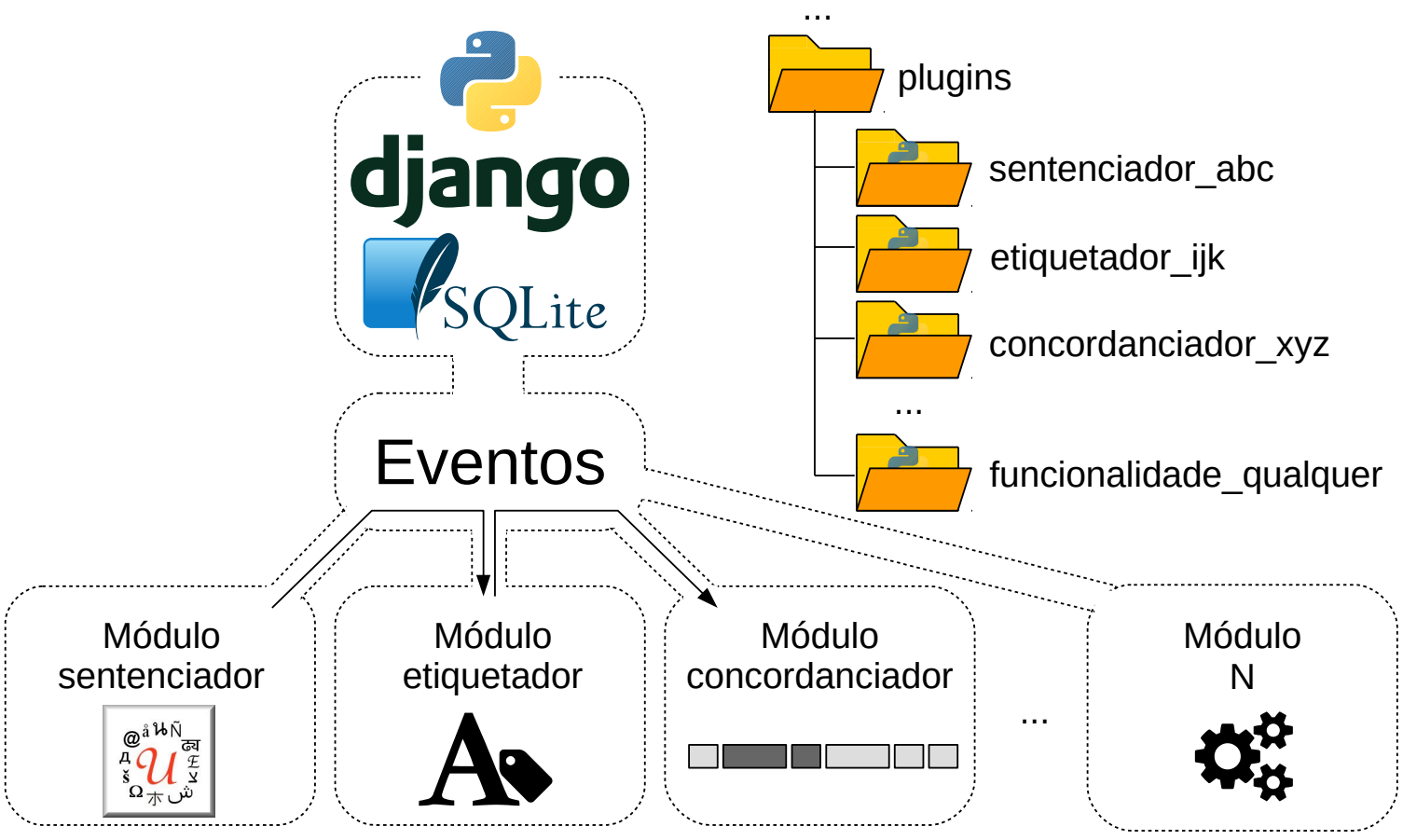


Figura 10: A arquitetura modular utilizada no sistema

Fonte: O autor

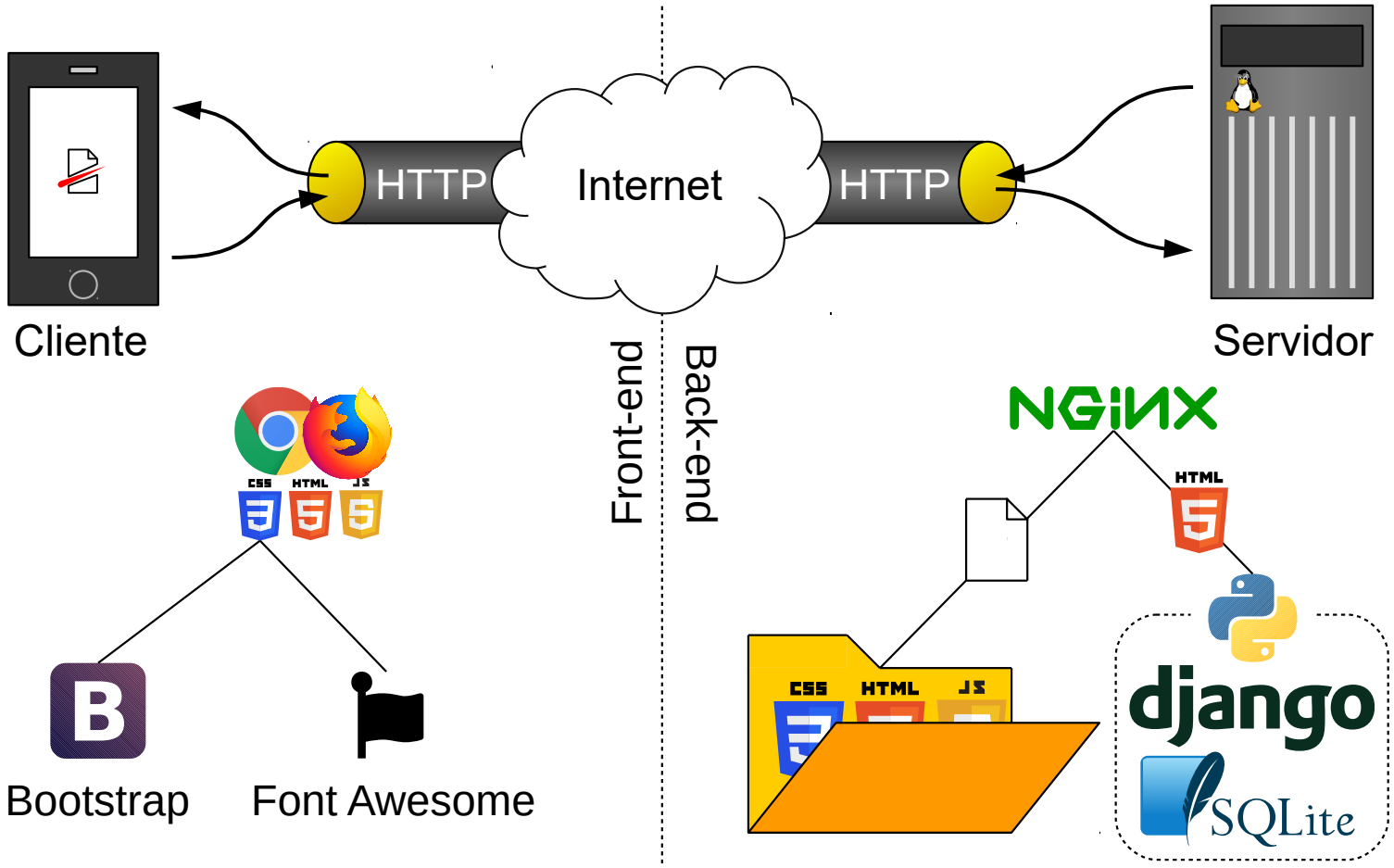


Figura 11: As tecnologias utilizadas nos diferentes espaços do sistema

Fonte: O autor

Concordanciador

- Problemas a serem resolvidos:

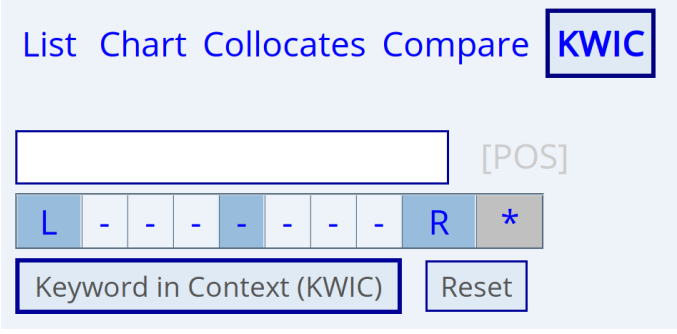


Figura 12: Tela de busca do concordanciador do COCA Online Corpus

Fonte: O autor

  - Qual a sintaxe disso?
  - Como busco por etiquetas?
  - Como o servidor vai entender o que digitei?
  - O que eu queria buscar é o que o servidor me retornou?

Concordanciador

- Ações possíveis:
  - Busca por etiqueta;
  - Busca por palavra exata ou partes desta;
  - Intervalo de fixo ou variável de palavras a ignoradas;
  - Combinação das anteriores.

Treino do etiquetador

1 de 3

Corpus: Floresta Sintática[10] (ordem de milhão de amostras)

Etiquetador: *Unitex/GramLab*

Problema: Qual o significado das etiquetas de saída?

- Documentação incompleta;
- Dos 5 artigos citados, apenas um era de acesso público e não trazia dados sobre o significado das etiquetas.

Problema: O resultado obtido se compara a quê? O que seria um resultado ruim?

[10] LINGUATECA. Projecto Floresta Sinta(c)tica. 2010.

Treino do etiquetador

2 de 3

Desenvolvido outro etiquetador, para ser o parâmetro de ruim:

Corpus: Floresta Sintática[11] (ordem de milhão de amostras)

Etiquetador: *YAS-Tagger*

Funcionamento: 5 tabelas associativas de trigramas, bigramas e unigramas para etiqueta;

Resultados inesperados levaram à dúvida: "qual seria o impacto se o corpus fosse uma ordem de grandeza menor?"

[11] LINGUATECA. Projecto Floresta Sinta(c)tica. 2010.

Treino do etiquetador

3 de 3

Corpus: Aires[12] (ordem de centena de milhar de amostras)

Etiquetador: *YAS-Tagger*

[12] AIRES, R. V. X. **Implementaçao, adaptaçao, combinação e avaliação de etiquetadores para o português do Brasil**. 154 p. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

Treinos dos etiquetadores

1. Floresta Sintática + Unitex/GramLab
2. Floresta Sintática + YAS-Tagger
3. Aires + YAS-Tagger

Floresta Sintática + Unitex/GramLab

- Precisão $\approx$ 60,76%;
- Precisão concentrada em 3 das 4 etiquetas mais frequentes:
  - PREP;
  - PRON;
  - V;
- A frequência das etiquetas da saída do etiquetador não apresenta uma clara correlação com a frequência no treino e teste.

Floresta Sintática + Unitex/GramLab

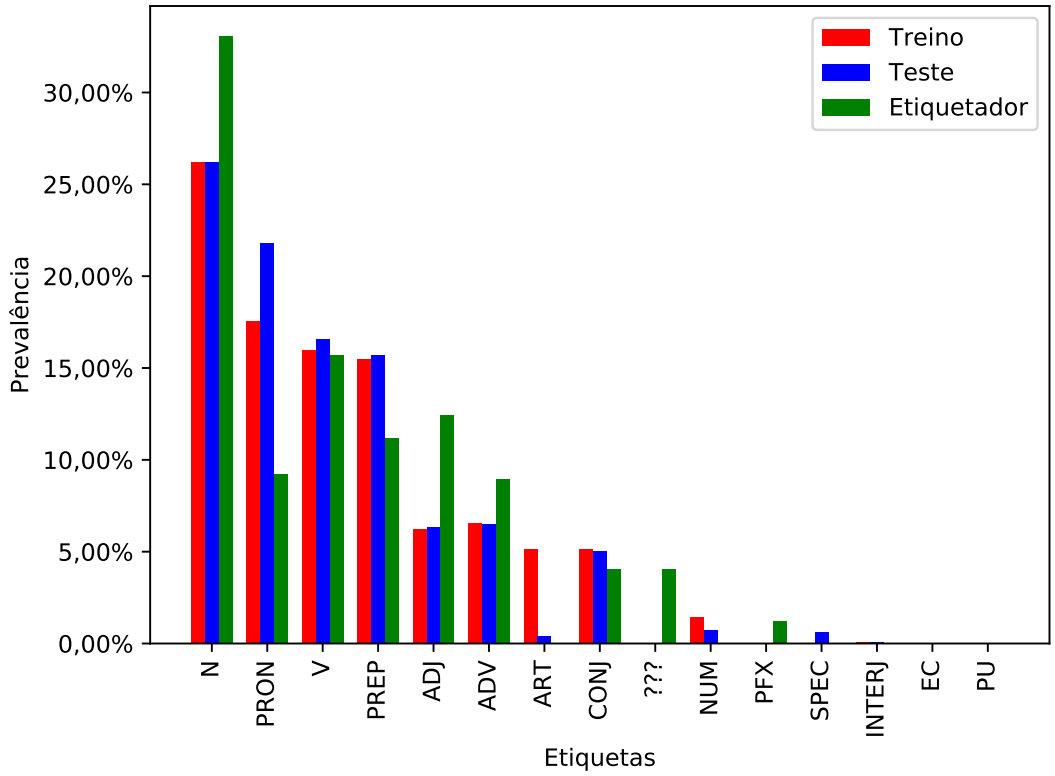


Figura 13: Prevalência das 15 etiquetas mais frequentes do conjunto de treino, teste e etiquetado pelo *Unitex/GramLab*

Fonte: O autor

Floresta Sintática + YAS-Tagger

- Precisão $\approx$ 76,93%;
- Precisão distribuída mais uniformemente por etiqueta;
- A frequencia no conjunto de saída do etiquetador é sempre menor que a frequência desta no treino e teste;

Floresta Sintática + YAS-Tagger

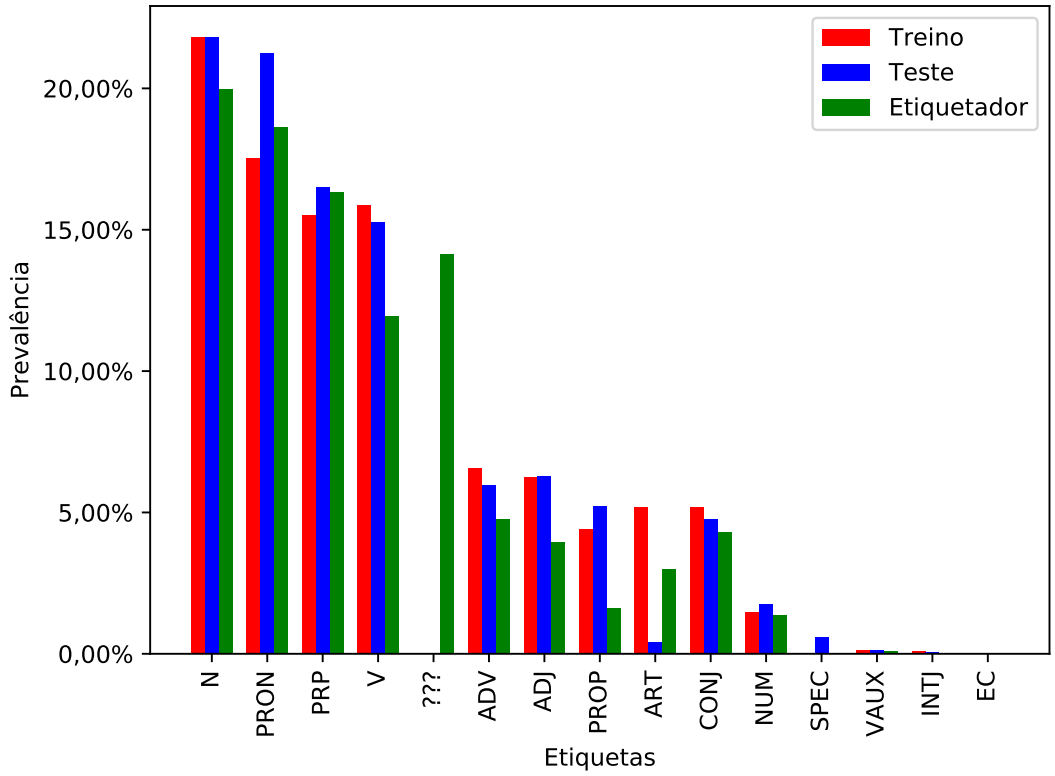


Figura 14: Prevalência das 15 etiquetas mais frequentes do conjunto de treino, teste e etiquetado pelo *YAS-Tagger*

Fonte: O autor

Aires + YAS-Tagger

- Precisão $\approx$ 53,40% (queda de 23,56%);
- A etiqueta "???" agora representa 33,74% da saída do etiquetador:
  - aumento de 138%

Aires + YAS-Tagger

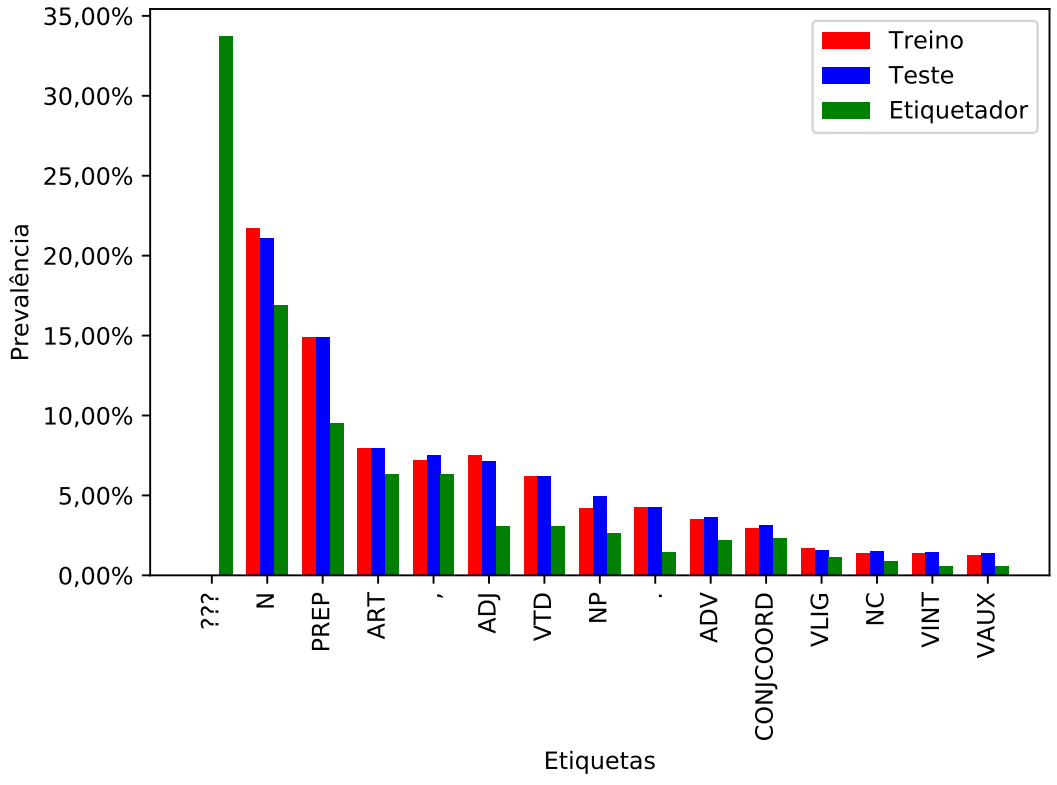


Figura 15: Prevalência das 15 etiquetas mais frequentes do conjunto de treino, teste e etiquetado pelo *YAS-Tagger* sobre o copus de Aires

Fonte: O autor

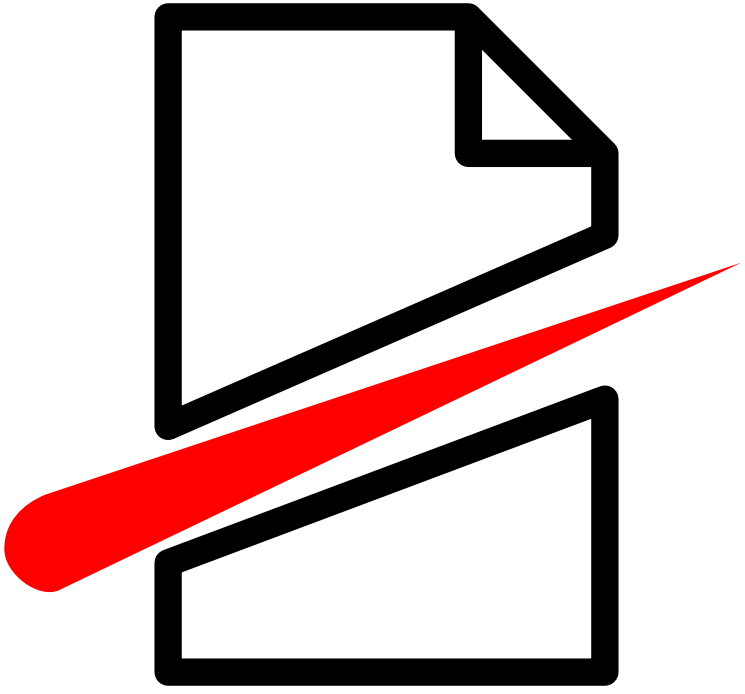
Etiquetador	Precisão
MXPOST	89,66%
Brill Tagger	88,76%
Tree Tagger	88,47%
YAS-Tagger	76,93%
Unitex/GramLab	60,76%

Tabela 2: Comparação da precisão entre os etiquetadores *MXPOST*, *Brill Tagger*, *Tree Tagger*, *YAS-Tagger* e *Unitex/GramLab*

Fonte: Aires[13] e o autor.

[13]AIRES, R. V. X. **Implementaçao, adaptaçao, combinação e avaliação de etiquetadores para o português do Brasil**. 154 p. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000. p. 82.

O sistema desenvolvido



https://corpusslayer.com

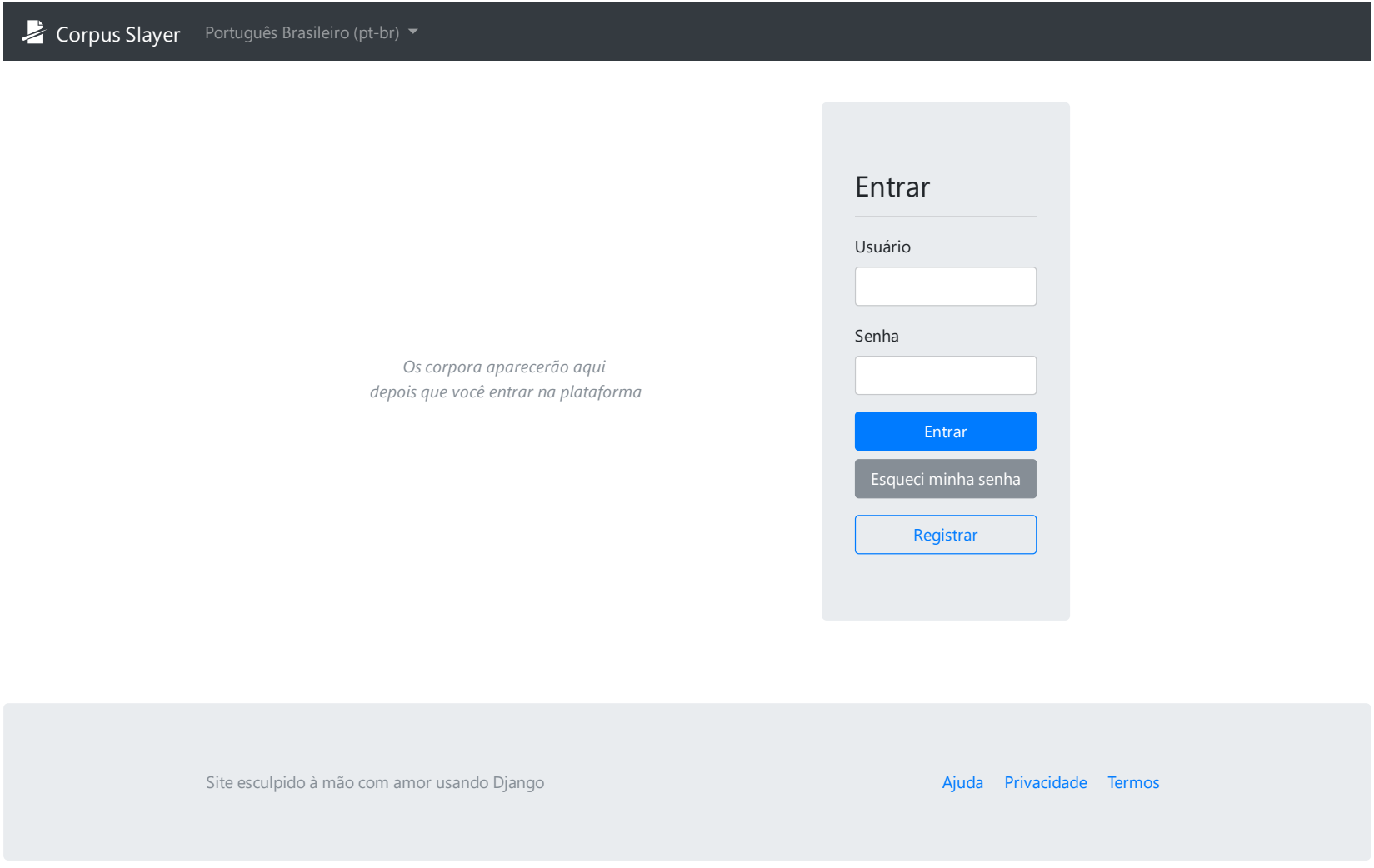


Figura 16: Página inicial do sistema desenvolvido

Fonte: O autor

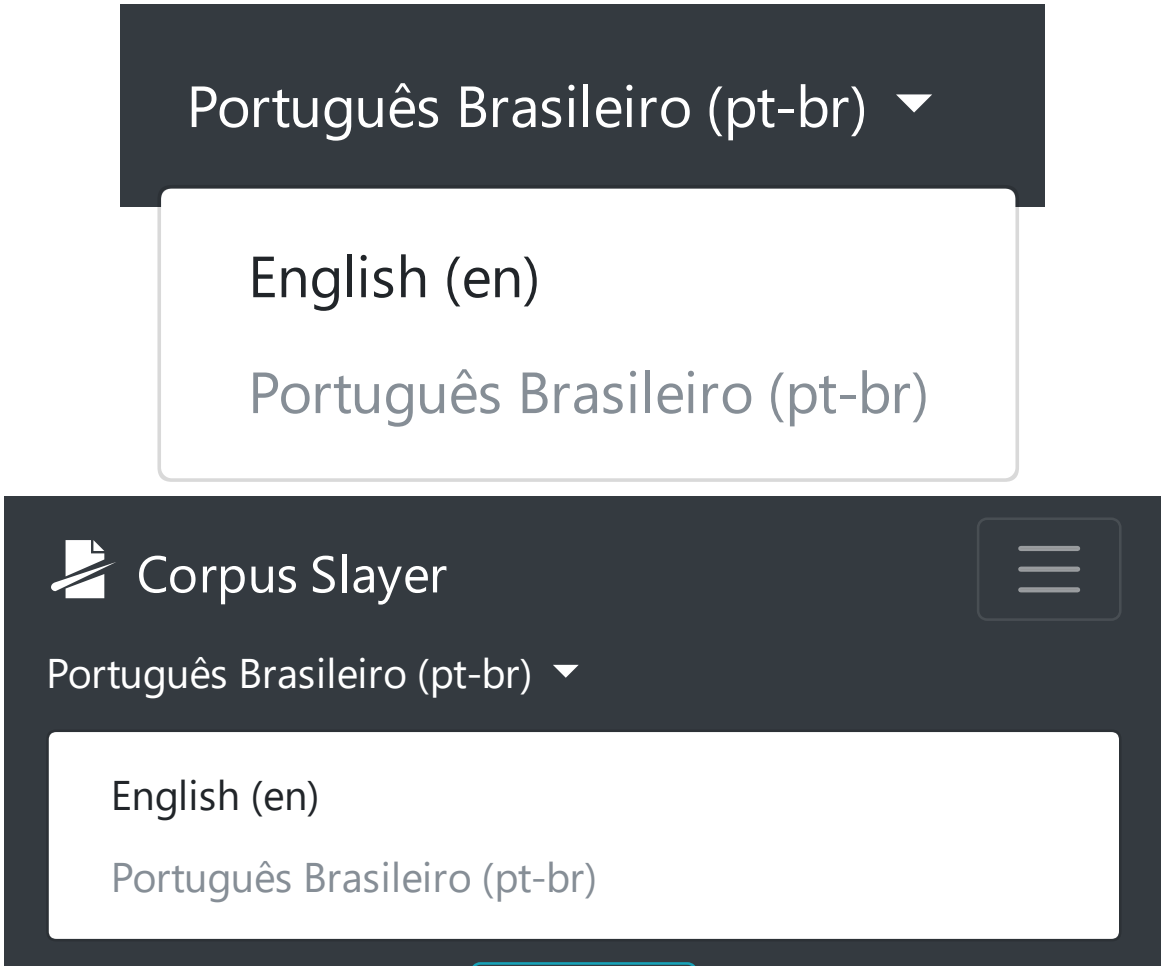


Figura 17: Detalhe do seletor de idiomas, *desktop* em cima e em dispositivos móveis em baixo

Fonte: O autor

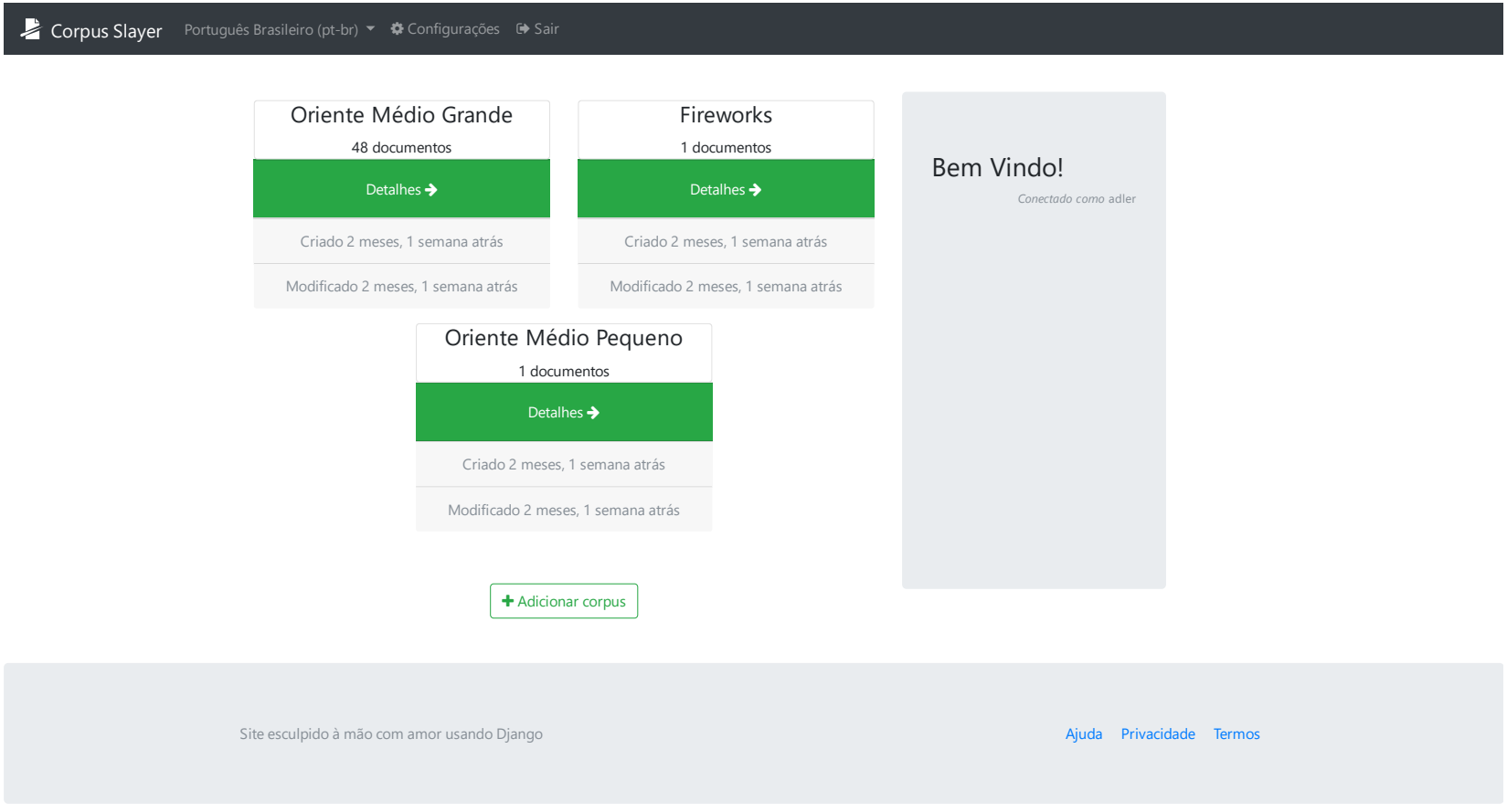


Figura 18: Página inicial do sistema desenvolvido, mostrando a listagem dos corpora dum usuário

Fonte: O autor

Oriente Médio Grande

48 documentos

Detalhes →

Criado 2 meses, 1 semana atrás

Modificado 2 meses, 1 semana atrás

Fireworks

1 documentos

Detalhes →

Criado 2 meses, 1 semana atrás

Modificado 2 meses, 1 semana atrás

Oriente Médio Pequeno

1 documentos

Detalhes →

Criado 2 meses, 1 semana atrás

Modificado 2 meses, 1 semana atrás

+ Adicionar corpus

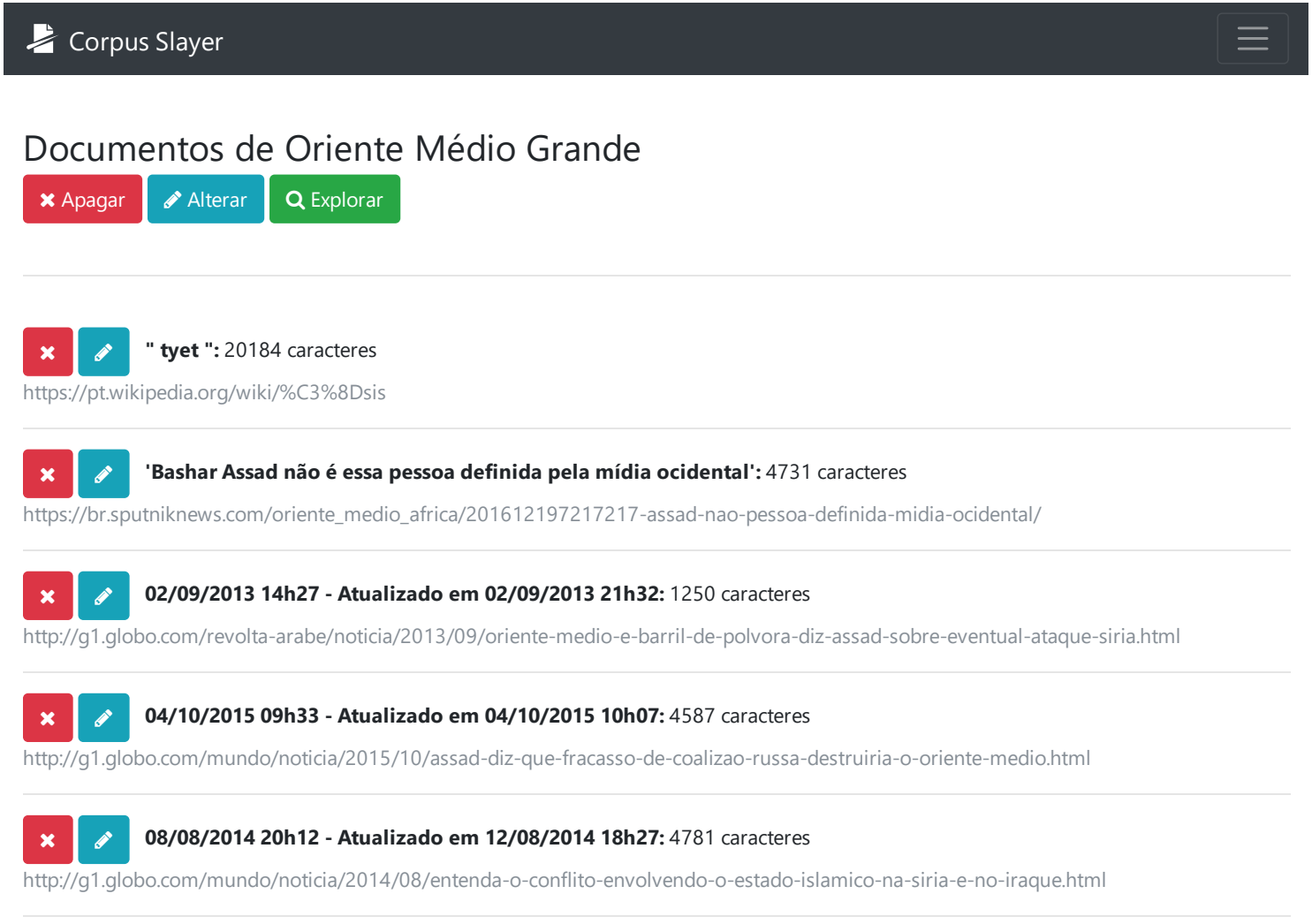


Figura 19: Lista de documentos dum corpus

Fonte: O autor

Documentos de Oriente Médio Grande

✖ Apagar | ✎ Alterar | 🔍 Explorar

✖ ✎ **" tyet ":** 20184 caracteres

https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dsis

✖ ✎ **'Bashar Assad não é essa pessoa definida pela mídia ocidental':** 4731 caracteres

https://br.sputniknews.com/oriente_medio_africa/201612197217217-assad-nao-pessoa-definida-n

Figura 20: Opções de análises para um corpus

Fonte: O autor

Análise - Oriente Médio Grande

✚ Enviar corpus construído com o BootCaT [bootcat_upload]

✖ Descartar dados processados [Unitex/GramLab]

✖ Descartar dados processados [MXTERMINATOR]

✖ Descartar dados processados [MXPOST]

✖ Descartar dados processados [TreeTagger]

➔ Processar Corpus [Unitex/GramLab]

➔ Processar Corpus [MXTERMINATOR]

➔ Processar Corpus [MXPOST]

➔ Processar Corpus [TreeTagger]

☰ Lista de Sentenças [Unitex/GramLab]

☰ Lista de Sentenças [MXTERMINATOR]

Lista de Sentenças [Unitex/GramLab]

Lista de Sentenças [MXTERMINATOR]

Frequência de Palavras [Unitex/GramLab]

Lista de Palavras [Unitex/GramLab]

Autômato de Sentença [Unitex/GramLab]

Autômato do Texto [Unitex/GramLab]

Texto Etiquetado [MXPOST]

Texto Etiquetado [TreeTagger]

Concordanciador [concord]

Lista de Sentenças - Oriente Médio Pequeno

1. Frente dos rebeldes sírios em Aleppo desmorona e leva pânico a refugiados
2. Ofensiva lançada pelas tropas de Bashar al Assad com apoio russo encurrala refugiados
3. Recomanar no Facebook
4. Um guia para entender quem é quem no complexo conflito da Síria
5. As linhas rebeldes no norte da Síria desmoronam rapidamente nos últimos dias, por causa da intensificação da ofensiva contra Aleppo realizada por forças leais ao presidente Bashar al Assad , apoiadas por combatentes xiitas e pela aviação russa.
6. Na última segunda-feira, as fileiras do regime se situavam nos arredores de Tal Rifat, a apenas 20 quilômetros da passagem fronteiriça de Öncüpinar/Bab al Salam, entre a Turquia e a Síria.

Figura 21: Lista de sentenças dum corpus

Fonte: O autor

Figura 22: Lista de palavras dum corpus

Fonte: O autor

Figura 23: Corpus processado pelo *Tree Tagger*

Fonte: O autor

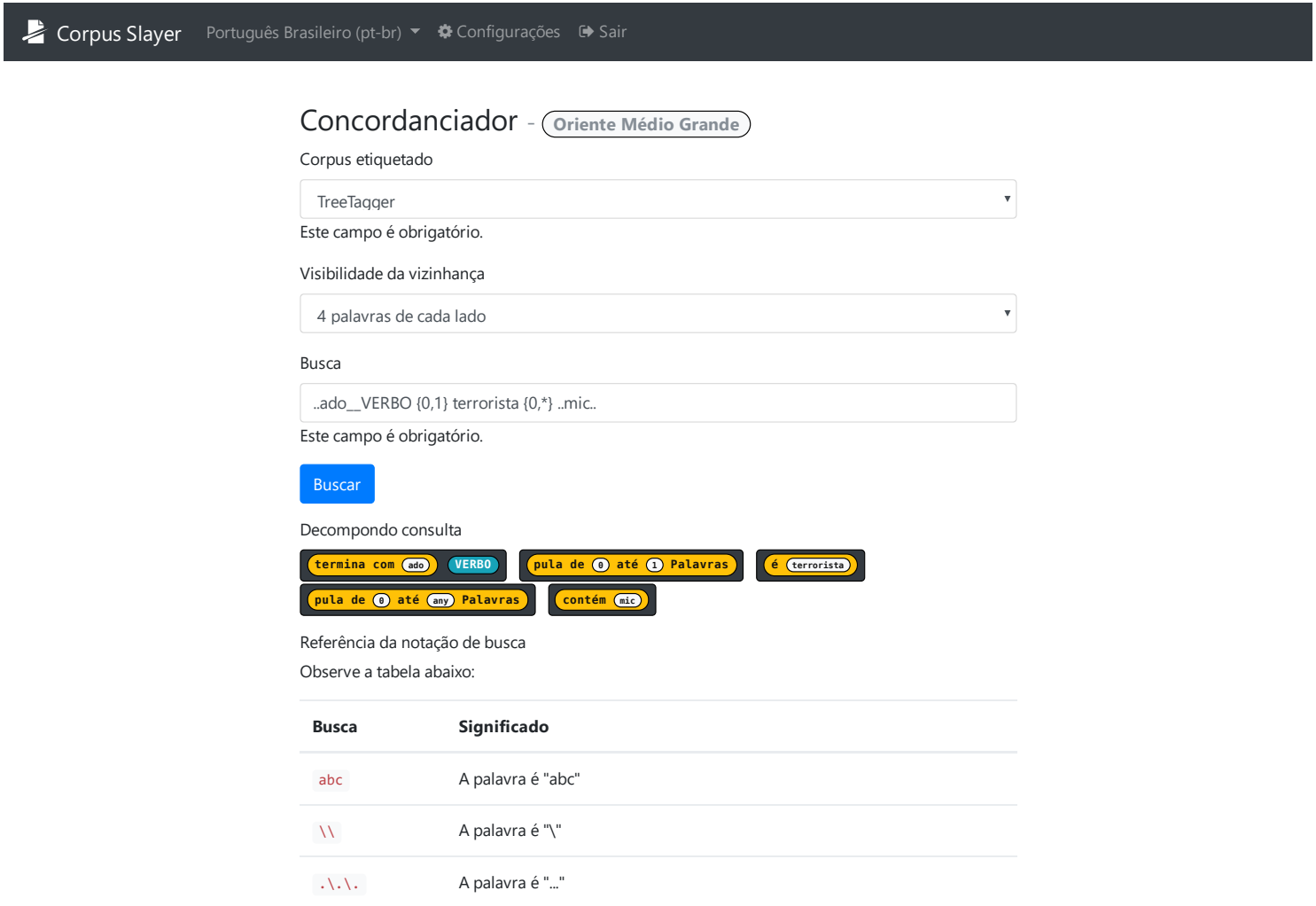


Figura 24: Tela de busca do concordanciador

Fonte: O autor

Concordanciador - Oriente Médio Grande

Corpus etiquetado

TreeTagger

Este campo é obrigatório.

Visibilidade da vizinhança

4 palavras de cada lado

Busca

..ado__VERBO {0,1} terrorista {0,*} ..mic..

Este campo é obrigatório.

Buscar

Decompondo consulta

Referência da notação de busca

Observe a tabela abaixo:

Busca	Significado
`abc`	A palavra é "abc"
`\\`	A palavra é "\"
`.\.\.`	A palavra é "..."

Figura 25: Tela de resultados do concordanciador

Fonte: O autor

Resultados do Concordanciador - Oriente Médio Grande

1. apenas PDEN | atua V | conforme PREP | o ART | planejado N | , , | na PREP
   propaganda N | terrorista ADJ | gravada PCP | com PREP | duas NUM | câmeras N

2. Estado N | Islâmico NPROP | é NPROP | já NPROP | considerado PCP | o ART
   grupo N | terrorista ADJ | mais KC | perigoso ADJ | de PREP | todos PROADJ

3. do ADV | executivo ADJ | turco N | e KC | considerado PCP | um ART
   grupo N | terrorista ADJ | por PREP | Ancara NPROP | , , | pelos N

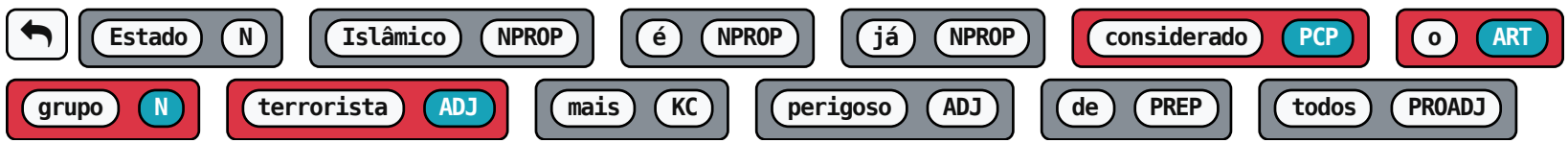
2. 
Estado N
Islâmico NPROP
é NPROP
já NPROP
considerado PCP
o ART
grupo N
terrorista ADJ
mais KC
perigoso ADJ
de PREP
todos PROADJ

Figura 26: Visualização de documento a partir dum clique na seta para trás

Fonte: O autor

Figura 27: Listagem de documentos a partir dum clique na seta para trás

Fonte: O autor

- É possível conseguir uma ferramenta comparável às pagas apenas integrando softwares gratuitos existentes;
- Este trabalho deixa uma fonte de inspiração para concordanciadores existentes e futuros uma para aumentar a usabilidade destes por usuários inexperientes;
- Unitex/GramLab tem uma documentação incompleta que cobre apenas o uso da interface.

Trabalhos futuros

- Garantir que o sistema desenvolvido seja acessível por cegos;
- Adicionar interoperabilidade do sistema desenvolvido com outros sistemas que usam este como execução remota de procedimento;
- Adicionar elementos de rede social, de foma a ser possível compartilhar resultados entre pesquisadores;
- Implementar todos os requisitos levantados, mas não concretizados neste trabalho;
- Implementar pontuador automático para auxiliar pessoas com dislexia.

Perguntas?