

Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Ciência da Computação (DCC/UFMG)

Disciplina: Processamento de Linguagem Natural Inteligente, Responsável e Sustentável

Código: DCCXXX

Carga horária: 60h (Teórica: 60h / Prática: 0h)

Créditos: 4

Natureza: Optativa

Pré-requisitos: Fundamentos de Aprendizado de Máquina, Estatística Básica e Programação em Python.

Ementa

Estudo teórico e avançado do Processamento de Linguagem Natural (PLN) e da Recuperação de Informação (RI) sob os princípios da **inteligência, responsabilidade e sustentabilidade**.

A disciplina cobre fundamentos linguísticos, estatísticos e computacionais do PLN, apresentando modelos clássicos e modernos baseados em aprendizado profundo.

Aborda criticamente a “Lei do Mais” e os impactos energéticos e éticos dos Grandes Modelos de Linguagem (GMLs), discutindo técnicas de otimização, compressão e adaptação voltadas à eficiência e sustentabilidade.

Enfatiza também as dimensões éticas, sociais e regulatórias da Inteligência Artificial, promovendo uma visão integrada entre desempenho técnico, responsabilidade social e sustentabilidade ambiental.

Objetivos

Geral:

Capacitar o aluno a compreender e analisar criticamente as técnicas modernas de PLN e RI sob uma perspectiva de eficiência técnica, ética e sustentabilidade ambiental, articulando os fundamentos científicos com as dimensões sociais da IA.

Específicos:

1. Compreender os fundamentos linguísticos, estatísticos e computacionais do PLN e da RI.
 2. Dominar o funcionamento de modelos baseados em aprendizado profundo e arquiteturas Transformer.
 3. Discutir técnicas de otimização, compressão e adaptação de modelos de linguagem.
 4. Avaliar, de forma quantitativa, o custo-benefício, a eficiência e o impacto ambiental de modelos de IA.
 5. Refletir criticamente sobre aspectos éticos, sociais e regulatórios associados ao uso de IA em linguagem natural.
 6. Integrar princípios de responsabilidade e sustentabilidade ao desenvolvimento e avaliação de soluções baseadas em PLN.
-

Conteúdo Programático

1. Fundamentos de PLN e Representação de Texto

- Introdução ao PLN e seus desafios linguísticos e computacionais.
- Representações clássicas e distribuídas: Bag-of-Words, TF-IDF, embeddings (Word2Vec, GloVe, FastText).
- Modelagem de linguagem e arquiteturas Transformer.
- Tarefas centrais: classificação, sumarização, análise de sentimentos e perguntas-e-respostas.

2. Métodos Quantitativos e Experimentação em Ciência da Computação

- Planejamento experimental e avaliação de desempenho.
- Métricas quantitativas: precisão, recall, F1, AUC, perplexidade.
- Testes estatísticos e análise de significância.
- Medição de custo computacional e impacto energético.

3. Fundamentos de Recuperação de Informação (RI)

- Modelos clássicos: Booleano, Vetorial e Probabilístico (BM25).
- Indexação, ranking e medidas de similaridade.
- Avaliação de sistemas de RI (MAP, NDCG, precisão, revocação).
- Integração RI–PLN: RAG (Retrieval-Augmented Generation) e reranking.

4. Modelos de Linguagem e Aprendizado Profundo

- Arquiteturas Transformer: BERT, RoBERTa, GPT, LLaMA, Mistral.
- Estratégias de aprendizado: supervisionado, zero-shot, few-shot e in-context.
- Transferência de conhecimento e multitask learning.
- Trade-offs entre desempenho, interpretabilidade e custo energético.

5. Técnicas de Otimização e Adaptação

- Aprendizado ativo (*Active Learning*) e *human-in-the-loop*.
- Poda de modelos (*Pruning*): redução de complexidade e parâmetros.
- Destilação de conhecimento (*Knowledge Distillation*): transferência entre modelos.
- Quantização: aceleração e redução de consumo.
- Métodos LoRA e QLoRA: ajuste-fino eficiente de LLMs.
- Comparativos teóricos de custo-benefício e sustentabilidade.

6. Engenharia de Dados e Seleção de Instâncias

- Curadoria e pré-processamento de dados textuais.
- Seleção de instâncias e redução de datasets (E2SC, biO-IS).
- Estratégias de balanceamento e eliminação de ruídos.

- Impacto teórico sobre custo, eficiência e representatividade.

7. Eficiência Computacional e Sustentabilidade em IA

- A “Lei do Mais” e seus limites.
- Modelagem de custo energético e emissões de CO₂.
- Estratégias conceituais para IA verde e acessível.
- Impactos sociais e ambientais em larga escala.

8. Ética, Responsabilidade e Governança da IA

- Fundamentos éticos e filosóficos da IA.
- Viés algorítmico, justiça e inclusão social.
- Privacidade, direitos autorais e uso responsável de dados.
- Explicabilidade, transparência e *accountability*.
- Governança e regulamentação: OCDE, UE AI Act e diretrizes brasileiras.
- Perspectivas para uma IA responsável e sustentável.

Metodologia

Aulas teóricas expositivas e dialogadas, com leituras dirigidas e discussões de artigos científicos.

A disciplina enfatiza a análise conceitual e crítica de métodos, arquiteturas e abordagens contemporâneas em PLN, ética e sustentabilidade computacional.

Avaliação

- **Prova teórica – 30%**
Avaliação escrita individual sobre os fundamentos técnicos e conceituais da disciplina.

- **Seminário crítico** – 20%
Apresentação e discussão de artigo científico sobre ética, eficiência ou sustentabilidade em IA.
 - **Projeto final** – 50%
Elaboração de ensaio ou proposta teórica de aplicação de PLN responsável e sustentável, incluindo análise quantitativa e reflexão ética.
-

Bibliografia Básica (ABNT)

Fundamentos de PLN e RI

JURAFSKY, D.; MARTIN, J. H. *Speech and Language Processing*. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2023.
MANNING, C.; RAGHAVAN, P.; SCHÜTZE, H. *Introduction to Information Retrieval*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

Eficiência e Sustentabilidade

STRUBELL, E.; GANESH, A.; MCCALLUM, A. Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP. *Proceedings of ACL*, 2019.
CUNHA, W.; GONÇALVES, M. A.; ROCHA, L. *Efficient and Sustainable Instance Selection for NLP Tasks*. In: *Anais do SBD*. 2025.
NARDINI, F. et al. Neural Model Compression: From Theory to Practice. *ACM Computing Surveys*, 2023.
SIINO, M. et al. Preprocessing Strategies for Sustainable AI. *Proceedings of ECIR*, 2024.

Ética e Responsabilidade em IA

BENDER, E.; GEBRU, T. et al. On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big? *Proceedings of FAccT*, 2021.
PASIN, A.; BASILE, V.; PATTI, V. Responsible AI and Sustainable NLP. *IJCAI Workshop on Ethics*, 2024.
FLORIDI, L. *Ethics of Artificial Intelligence*. Oxford: Oxford University Press, 2023.
JOBIN, A.; IENCA, M.; VAYENA, E. The Global Landscape of AI Ethics Guidelines. *Nature Machine Intelligence*, v. 1, p. 389–399, 2019.
ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). *OECD Principles on Artificial Intelligence*. Paris: OECD Publishing, 2021.