



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE ALAGOAS

Edital 01/2026-PPGI/CPG-PROPEP/UFAL
Abertura de processo seletivo para o curso de Mestrado em Informática –
segundo semestre de 2026

TEMAS DE PESQUISA - Resumos e referencial bibliográfico

Linha de Pesquisa: Engenharia de Sistemas Computacionais

1 - Co-Design de Controle Inteligente e Filtros de Segurança via Conjuntos Invariantes para Sistemas Multivariáveis com Garantia de Execução Segura (Prof. Dr. Ícaro Bezerra Queiroz de Araújo)

Resumo:

O controle de sistemas dinâmicos lineares sujeitos a restrições físicas de estado e entrada é um desafio central na engenharia, visto que a violação desses limites pode comprometer a segurança e a integridade de processos reais. Nas últimas décadas, a teoria de invariância de conjuntos consolidou-se como um método matemático rigoroso para garantir o cumprimento estrito dessas restrições, confinando as trajetórias do sistema em regiões poliédricas seguras. Em paralelo, a formulação de Poliedros Invariantes Controlados por Realimentação de Saída (OFCI) estendeu essa garantia para cenários práticos onde o vetor de estados completo não está disponível para medição direta.

Apesar da robustez intrínseca dos métodos set-teoréticos, abordagens puramente regulatórias lineares enfrentam limitações significativas de desempenho transitório quando aplicadas a processos multivariáveis complexos com dinâmicas fortemente não lineares e sujeitos a distúrbios operacionais. Por outro lado, técnicas de Controle Inteligente, tais como Aprendizado por Reforço (RL) e Redes Neurais Adaptativas, oferecem excelente capacidade de otimização e aprendizado de transientes complexos, porém carecem de garantias matemáticas formais de estabilidade e de satisfação de restrições em tempo real, operando frequentemente como estruturas de "caixa-preta".

Esta pesquisa de mestrado propõe o desenvolvimento de uma estratégia de co-design que une as vantagens complementares do Controle Inteligente e dos Métodos Set-Teoréticos por meio de uma arquitetura de Safety Shielding (Filtro de Segurança). Um agente inteligente será projetado para otimizar o rastreamento de referência e a eficiência do processo. Simultaneamente, um controlador dinâmico baseado em conjuntos OFCI atuará como um supervisor matemático de segurança em tempo real. Se a ação proposta pelo algoritmo inteligente violar as restrições de estado ou entrada, o filtro set-teorético interceptará a ação, aplicando a lei de controle corretiva mínima necessária para manter o sistema dentro do poliedro invariante. Adicionalmente, incorporar-se-á uma lei de adaptação online para atualizar as matrizes do modelo poliédrico frente a variações paramétricas e degradações estruturais da planta real.

Para viabilizar a aplicação prática da otimização online exigida por ambas as técnicas em sistemas embarcados de tempo real, a infraestrutura de software será desenvolvida utilizando uma linguagem de programação moderna com garantias nativas de segurança de memória e concorrência segura. Isso mitigará vulnerabilidades críticas de execução em hardware restrito, assegurando o determinismo temporal necessário para o controle de missão crítica.

A validação da metodologia proposta será realizada em um sistema multivariável (MIMO) de quatro tanques acoplados, permitindo avaliar a eficácia do filtro de segurança adaptativo em cenários de fase não mínima e interações severas entre malhas. O desempenho da arquitetura inteligente-segura será comparado com controladores preditivos clássicos e estratégias estáticas de realimentação de saída, utilizando métricas de esforço computacional, erro acumulado de rastreamento e taxa de violação de restrições operacionais.

Referencial Bibliográfico:

1. RODRIGUES, M. M.; LEITE, G. R.; ARAÚJO, I. B. Q.; ALMEIDA, T. A.; DÓREA, C. E. T. Output Feedback Reference Tracking for Constrained Linear Systems via Invariant Sets: The Coupled Tanks Process. Anais do Congresso Brasileiro de Automática, 2024.
2. ALMEIDA, T. A.; DÓREA, C. E. T. Output feedback constrained regulation of linear systems via controlled-invariant sets. IEEE Transactions on Automatic Control, v. 66, n. 7, p. 3378–3385, 2021.
3. WABERSICH, K. P.; ZEILINGER, M. N. Linear model predictive safety certification for learning-based control. IEEE Transactions on Automatic Control, v. 66, n. 9, p. 4129-4144, 2021. (Este é um dos artigos seminais recentes do grupo de Zurique sobre como usar o MPC como filtro de segurança para Machine Learning).

4. DÓREA, C. E. T. Output-feedback controlled-invariant polyhedra for constrained linear systems. Em: 48th IEEE Conference on Decision and Control. [S.l.]: IEEE, 2009. p. 5317–5322.
5. JOHANSSON, K. H. The quadruple-tank process: A multivariable laboratory process with an adjustable zero. IEEE Transactions on Control Systems Technology, v. 8, n. 3, p. 456–465, 2000. (Artigo clássico e real que modela a planta de quatro tanques, introduzindo o benchmark de fase não mínima).
6. BRUNKE, L. et al. Safe learning in robotics: From learning-based control to safe reinforcement learning. Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems, v. 5, n. 1, p. 411-444, 2022. (Excelente artigo de revisão real sobre os métodos de filtro de segurança e RL em controle crítico).

2 - Desenvolvimento de um Gêmeo Digital com Inteligência Artificial Embarcada para Monitoramento, Diagnóstico e Predição de Falhas em Motores de Indução (Prof. Dr. Maurício Beltrão de Rossiter Corrêa)

Resumo:

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um gêmeo digital baseado em aprendizado de máquina e inteligência artificial embarcada, capaz de simular em tempo real o comportamento dinâmico de motores de indução, bem como realizar diagnóstico e predição de falhas. A pesquisa integra conceitos das áreas de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação, contemplando temas como modelagem de máquinas elétricas, manutenção preditiva, controle adaptativo e automação industrial. No contexto computacional, o estudo explora a aplicação de arquiteturas de gêmeos digitais associadas a técnicas de aprendizado de máquina e Inteligência Artificial embarcada (TinyML). O gêmeo digital desenvolvido deverá fornecer estimativas contínuas do estado operacional da máquina por meio de modelagem dinâmica, possibilitando a implementação de estratégias de controle adaptativo baseadas em IA e contribuindo para o aumento da confiabilidade, eficiência e disponibilidade de sistemas industriais.

Referencial Bibliográfico:

- ZHANG, Shen; WALLSCHEID, Oliver; PORRMANN, Mario. Machine learning for the control and monitoring of electric machine drives: advances and trends. IEEE Open Journal of Industry Applications, v. 4, p. 602–630, 2023. DOI: 10.1109/OJIA.2023.3284717.
- LI, Yufei; LIAO, Yicheng; ZHAO, Liang; CHEN, Minjie; WANG, Xiongfei; NORDSTRÖM, Lars; MITTAL, Prateek; POOR, H. Vincent. Machine learning at the grid edge: data-driven impedance models for model-free inverters. IEEE Transactions on Power Electronics, v. 39, n. 8, p. 10465–10481, 2024. DOI: 10.1109/TPEL.2024.3399776.

ZHAO, S.; PENG, Y.; ZHANG, Y.; WANG, H. Parameter estimation of power electronic converters with physics-informed machine learning. IEEE Transactions on Power Electronics, v. 37, n. 10, p. 11567–11578, out. 2022. DOI: 10.1109/TPEL.2022.3176468.

SANTOS, J. F. D. et al. Digital twin-based monitoring system of induction motors using IoT sensors and thermo-magnetic finite element analysis. IEEE Access, v. 11, p. 1682–1693, 2023. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3232063.

3 - Do Prompt ao Código de Qualidade: Democratizando a Construção de Aplicações Manuteníveis e Seguras (Prof Dr. Balduino Fonseca dos Santos Neto)

Resumo:

Os grandes modelos de linguagem (LLMs, do inglês Large Language Models) são modelos de aprendizado profundo treinado em grandes quantidades de dados para compreender e gerar linguagem natural natural de forma coerente e relevante [1]. Os LLMs, como o GPT (OpenAI) [2], Gemini (Google) [3], Llama (Meta) [4], Claude (Anthropic) [5] e Grok (xAI) [6], têm demonstrado impacto substancial em diversos domínios, com destaque particular para a engenharia de software [7, 8, 9].

Neste campo específico, os LLMs têm revolucionado processos fundamentais, incluindo a geração automatizada de código [10, 11, 12], identificação e correção de bugs ou vulnerabilidades [13, 14, 15], ou mesmo a criação de aplicações completas a partir de especificações em linguagem natural (também conhecido como prompts). Associado ao surgimento de LLMs, temos visto uma proliferação de ferramentas que facilitam a interação com estes modelos através de prompts. Em particular, estas ferramentas são capazes de processar prompts providos por indivíduos com pouca ou nenhuma experiência em programação e prover diversas funcionalidades, como a recomendação de código e implementação de algoritmos (através de plataformas como Cursor [16], ReplitAI [17], Windsurf [18], Bolt.new [19], v0 [20], ZedAI [21], Lovable [22], e GitHub Copilot [23]) até a criação integral de aplicações complexas (através de plataformas como Zoho [24], Buble [25], and Marblism [26]). Como exemplo, utilizando a plataforma Marblism, indivíduos sem conhecimento técnico algum em programação podem construir aplicações funcionais completas a partir de um prompt como:

”TweetX é uma aplicação social onde os usuários podem:

- Postar tweets;
- Curtir tweets;
- Comentar tweets;
- Retransmitir tweets;
- Seguir outros usuários.

O uso de prompts nos processos de desenvolvimento de software têm apresentado potencial significativo para democratização da construção de aplicações uma vez que possibilita a contribuição de indivíduos com diferentes níveis de conhecimento técnico, ou mesmo sem conhecimento técnico algum em programação [27]. Além disso, o uso de prompts pode levar também a construção de aplicações que reflitam melhor as intenções dos indivíduos em relação ao comportamento esperado das aplicações uma vez que estes podem expressar suas intenções e requisitos funcionais das aplicações através de linguagem natural. Entretanto, a formulação inadequada de prompts pode resultar na proliferação de aplicações com qualidade comprometida, caracterizadas por diversos problemas de manutenibilidade e segurança como a presença de code smells [28, 29, 30, 31, 32], bugs, ou vulnerabilidades [33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41]. Neste contexto, a engenharia de prompts, caracterizada pela formulação sistemática de instruções precisas para LLMs, exerce função fundamental na construção de aplicações com qualidade [42, 43, 44]. Embora alguns trabalhos [45, 46, 47, 48] tenham proposto técnicas para aprimoramento do prompt visando melhorar a qualidade do código gerado, ainda há uma lacuna significativa na literatura sobre a relação entre a engenharia de prompts e a qualidade do código gerado para construção de aplicações, especialmente quando se trata de prompts providos por indivíduos com pouca ou nenhuma experiência em programação [27].

Referencial Bibliográfico:

[1] S. Raschka, *Build a Large Language Model (From Scratch)*. Shelter Island, NY: Manning Publications, 2024. Includes free eBook in PDF and ePub formats with print book purchase.

[2] OpenAI, “Chatgpt (gpt-4),” 2023. Large language model.

[3] Google, “Gemini 1.5,” 2024. Multimodal generative AI model.

[4] M. AI, “Llama 3.1: Open and efficient foundation language models,” 2024. Large language model with multilingual support, extended context length, and advanced reasoning capabilities.

[5] Anthropic, “Claude 3.5: Advanced multimodal ai assistant,” 2024. Large language model with text and vision capabilities, optimized for reasoning, coding, and multilingual tasks.

[6] xAI, “Grok: Large language model by xai,” 2025. A general-purpose AI model with real-time access to X (formerly Twitter) data, designed for text generation, coding, and conversational tasks.

[7] I. Ozkaya, “Application of large language models to software engineering tasks: Opportunities, risks, and implications,” *IEEE Software*, vol. 40, no. 3, pp. 4–8, 2023.

[8] A. Fan, B. Gokkaya, M. Harman, M. Lyubarskiy, S. Sengupta, S. Yoo, and J. M. Zhang, “Large language models for software engineering: Survey and open problems,” in *2023 IEEE/ACM International Conference on Software Engineering: Future of Software Engineering (ICSE-FoSE)*, pp. 31–53, 2023.

- [9] e. a. Zhao, "Towards an understanding of large language models in software engineering tasks," *Empirical Software Engineering*, vol. 30, no. 2, p. 50, 2024.
- [10] X. Du, M. Liu, K. Wang, H. Wang, J. Liu, Y. Chen, J. Feng, C. Sha, X. Peng, and Y. Lou, "Evaluating large language models in class-level code generation," in *Proceedings of the IEEE/ACM 46th International Conference on Software Engineering, ICSE '24*, (New York, NY, USA), Association for Computing Machinery, 2024.
- [11] X. Jiang, Y. Dong, L. Wang, Z. Fang, Q. Shang, G. Li, Z. Jin, and W. Jiao, "Self-planning code generation with large language models," *ACM Trans. Softw. Eng. Methodol.*, vol. 33, Sept. 2024.
- [12] J. Jiang, F. Wang, J. Shen, S. Kim, and S. Kim, "A survey on large language models for code generation," *ArXiv*, vol. abs/2406.00515, 2024.
- [13] X. Yin, C. Ni, S. Wang, Z. Li, L. Zeng, and X. Yang, "Thinkrepair: Self-directed automated program repair," in *Proceedings of the 33rd ACM SIGSOFT International Symposium on Software Testing and Analysis, ISSTA 2024*, (New York, NY, USA), p. 1274–1286, Association for Computing Machinery, 2024.
- [14] H. Li, Y. Hao, Y. Zhai, and Z. Qian, "Enhancing static analysis for practical bug detection: An llm-integrated approach," *Proc. ACM Program. Lang.*, vol. 8, Apr. 2024.
- [15] M. Jin, S. Shahriar, M. Tufano, X. Shi, S. Lu, N. Sundaresan, and A. Svyatkovskiy, "Inferfix: End-to-end program repair with llms," in *Proceedings of the 31st ACM Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering, ESEC/FSE 2023*, (New York, NY, USA), p. 1646–1656, Association for Computing Machinery, 2023.
- [16] C. Team, "Cursor: Ai-powered code editor." <https://www.cursor.so>, 2025. Accessed: 2025-01-06.
- [17] R. Team, "Replit ai: Ai-powered development platform." <https://replit.com/ai>, 2025. Accessed: 2025-01-06.
- [18] C. Team, "Windsurf: Ai-powered code editor." <https://codeium.com/windsurf>, 2024. Accessed: 2025-01-06.
- [19] S. Team, "Bolt.new: Ai-powered development tool." <https://bolt.new>, 2024. Accessed: 2025-01-06.
- [20] V. Team, "v0: Generative ui by vercel." <https://v0.dev>, 2024. Accessed: 2025-01-06.
- [21] Z. Industries, "Zed ai: Ai-powered code editor." <https://zed.dev/ai>, 2024. Accessed: 2025-01-06.
- [22] L. Team, "Lovable: Ai-powered full-stack application builder." <https://lovable.dev>, 2024. Accessed: 2025-01-06.

- [23] GitHub, "Github copilot: Ai-powered code completion tool." <https://github.com/features/copilot>, 2024. Accessed: 2025-01-06.
- [24] Z. Corporation, "Zoho creator: Low-code application development platform." <https://www.zoho.com/creator/>, 2025. Accessed: 2025-01-06.
- [25] B. Team, "Bubble: No-code development platform." <https://bubble.io>, 2025. Accessed: 2025-01-06.
- [26] M. Team, "Marblism: Ai-powered full-stack application builder." <https://www.marblism.com>, 2024. Accessed: 2025-01-06.
- [27] B. Binzer and T. Winkler, "Democratizing software development: A systematic multivocal literature review and research agenda on citizen development," in Software Business: 13th International Conference, ICSOB 2022, Bolzano, Italy, November 8–11, 2022, Proceedings (N. Carroll, A. Nguyen-Duc, X. Wang, and V. Stray, eds.), Lecture Notes in Business Information Processing, (Germany), p. 244–259, Springer, Oct. 2022. 13th International Conference on Software Business. ICSOB 2022 : Software for Digital Transformation, ICSOB2022; Conference date: 08-11-2022 Through 11-11-2022.
- [28] A. Aljohani and H. Do, "From fine-tuning to output: An empirical investigation of test smells in transformer-based test code generation," in Proceedings of the 39th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing, SAC '24, (New York, NY, USA), p. 1282–1291, Association for Computing Machinery, 2024.
- [29] M. L. Siddiq, S. H. Majumder, M. R. Mim, S. Jajodia, and J. C. S. Santos, "An empirical study of code smells in transformer-based code generation techniques," in 2022 IEEE 22nd International Working Conference on Source Code Analysis and Manipulation (SCAM), pp. 71– 82, 2022.
- [30] B. Zhang, P. Liang, Q. Feng, Y. Fu, and Z. Li, "Copilot-in-the-loop: Fixing code smells in copilot-generated python code using copilot," in Proceedings of the 39th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering, ASE '24, (New York, NY, USA), p. 2230–2234, Association for Computing Machinery, 2024.
- [31] W. C. Ouédraogo, Y. Li, K. Kaboré, X. Tang, A. Koyuncu, J. Klein, D. Lo, and T. F. Bissyandé, "Test smells in llm-generated unit tests," 2024.
- [32] A. Velasco, D. Rodriguez-Cardenas, D. N. Palacio, L. R. Alif, and D. Poshyvanyk, "How propense are large language models at producing code smells? a benchmarking study," 2024.
- [33] J. Chen, Q. Zhong, Y. Wang, K. Ning, Y. Liu, Z. Xu, Z. Zhao, T. Chen, and Z. Zheng, "Rmcbench: Benchmarking large language models' resistance to malicious code," in Proceedings of the 39th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering, ASE '24, (New York, NY, USA), p. 995–1006, Association for Computing Machinery, 2024.
- [34] H. Hajipour, K. Hassler, T. Holz, L. Schönherr, and M. Fritz, "CodeImsec benchmark: Systematically evaluating and finding security vulnerabilities in black-box

code language models,” in 2024 IEEE Conference on Secure and Trustworthy Machine Learning (SaTML), pp. 684–709, 2024.

[35] Y. Song, R. Liu, S. Chen, Q. Ren, Y. Zhang, and Y. Yu, “SecureSQL: Evaluating data leakage of large language models as natural language interfaces to databases,” in Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2024 (Y. Al-Onaizan, M. Bansal, and Y.-N. Chen, eds.), (Miami, Florida, USA), pp. 5975–5990, Association for Computational Linguistics, Nov. 2024.

[36] W. Zhang, Y. Wang, and M. Fan, “Towards robustness of large language models on text-to-sql task: An adversarial and crossdomain investigation,” in Artificial Neural Networks and Machine Learning – ICANN 2023: 32nd International Conference on Artificial Neural Networks, Heraklion, Crete, Greece, September 26–29, 2023, Proceedings, Part V, (Berlin, Heidelberg), p. 181–192, Springer-Verlag, 2023.

[37] X. Peng, Y. Zhang, J. Yang, and M. Stevenson, “On the vulnerabilities of text-to-sql models,” in 2023 IEEE 34th International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE), pp. 1–12, 2023.

[38] J. Zhang, Y. Zhou, B. Hui, Y. Liu, Z. Li, and S. Hu, “TrojanSQL: SQL injection against natural language interface to database,” in Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (H. Bouamor, J. Pino, and K. Bali, eds.), (Singapore), pp. 4344–4359, Association for Computational Linguistics, Dec. 2023.

[39] R. Pedro, M. E. Coimbra, D. Castro, P. Carreira, and N. Santos, “Prompt-to-SQL Injections in LLM-Integrated Web Applications: Risks and Defenses,” in 2025 IEEE/ACM 47th International Conference on Software Engineering (ICSE), (Los Alamitos, CA, USA), pp. 76–88, IEEE Computer Society, May 2025.

[40] M. Nazzal, I. Khalil, A. Khreishah, and N. Phan, “Promsec: Prompt optimization for secure generation of functional source code with large language models (llms),” in Proceedings of the 2024 on ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security, CCS '24, (New York, NY, USA), p.2266–2280, Association for Computing Machinery, 2024.

[41] I. D. Fagadau, L. Mariani, D. Micucci, and O. Riganelli, “Analyzing prompt influence on automated method generation: An empirical study with copilot,” in Proceedings of the 32nd IEEE/ACM International Conference on Program Comprehension, ICPC '24, (New York, NY, USA), p. 24–34, Association for Computing Machinery, 2024.

[42] Y. Sasaki, H. Washizaki, J. Li, D. Sander, N. Yoshioka, and Y. Fukazawa, “Systematic literature review of prompt engineering patterns in software engineering,” in 2024 IEEE 48th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC), pp. 670–675, 2024.

[43] M. Hamdi and L. D. Kim, “A prompt-based approach for software development,” in 2023 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), pp.1612–1614, 2023.

[44] S. Blog, "Prompts are programs." <https://blog.sigplan.org/2024/10/22/prompts-are-programs/>, 2024. Accessed: 2025-01-06.

[45] C. Liu, X. Bao, H. Zhang, N. Zhang, H. Hu, X. Zhang, and M. Yan, "Guiding chatgpt for better code generation: An empirical study," in 2024 IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER), pp. 102–113, 2024.

[46] J. Li, Y. Zhao, Y. Li, G. Li, and Z. Jin, "Acecoder: An effective prompting technique specialized in code generation," *ACM Trans. Softw. Eng. Methodol.*, vol. 33, Nov. 2024.

[47] J. Li, G. Li, Y. Li, and Z. Jin, "Structured chain-of-thought prompting for code generation," *ACM Trans. Softw. Eng. Methodol.*, Aug. 2024. Just Accepted.

[48] C. Tony, N. E. D. Ferreyra, M. Mutas, S. Dhiff, and R. Scandariato, "Prompting techniques for secure code generation: A systematic investigation," 2024.

4 - Evitando Test Smells Através do Uso de Annotations em Frameworks de Testes (Prof. Dr. Márcio de Medeiros Ribeiro)

Resumo:

Test smells representam problemas de qualidade em testes automatizados que podem comprometer a legibilidade, a manutenção, a confiabilidade e a evolução de sistemas de software. Assim como code smells indicam fragilidades no código-fonte, test smells podem tornar casos de teste difíceis de entender, aumentar o esforço de manutenção e até introduzir falsos positivos ou falsos negativos durante a execução da suíte de testes. Apesar da ampla adoção de frameworks de teste como Pytest e JUnit, tais ferramentas ainda carecem de dispositivos nativos voltados especificamente para prevenir ou mitigar a introdução de test smells durante a escrita dos testes. Nesse sentido, este projeto foca na investigação e proposição de mecanismos baseados em annotations para auxiliar desenvolvedores na prevenção de test smells em frameworks de testes automatizados. A ideia central é explorar como annotations podem ser utilizadas para explicitar boas práticas, restringir padrões problemáticos e fornecer suporte automatizado à identificação precoce de problemas de qualidade em testes. Espera-se, com isso, contribuir para a criação de suítes de testes mais legíveis, robustas e fáceis de manter, reduzindo custos de evolução e aumentando a confiabilidade do processo de testes de software.

Referencial Bibliográfico:

- Rui Pereira, Marco Couto, Francisco Ribeiro, Rui Rua, Jácome Cunha, João Paulo Fernandes, and João Saraiva. 2021. Ranking programming languages by energy efficiency. *Science of Computer Programming* 205 (2021). doi:10.1016/j.scico.2021.102609

- Johannes Getzner, Bertrand Charpentier, and Stephan Günnemann. 2023. Accuracy is not the only metric that matters: Estimating the energy consumption of deep learning models. arXiv preprint arXiv:2304.00897 (2023). doi:10.48550/arXiv.2304.00897

- Charlotte Freitag, Mike Berners-Lee, Kelly Widdicks, Bran Knowles, Gordon S Blair, and Adrian Friday. 2021. The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations. *Patterns* 2, 9 (2021). doi:10.1016/j.patter.2021.100340

5 - Estratégias computacionais para robótica em sistemas ciberfísicos (Prof. Dr. Glauber Rodrigues Leite)

Resumo:

Sistemas ciberfísicos integram computação, redes e processos físicos para fortalecer a autonomia, estando alinhados com o papel de robôs na interação entre ambientes digitais e físicos [1]. O desenvolvimento de sistemas robóticos exige, em conjunto com os aspectos eletromecânicos, integração entre tarefas de percepção do entorno, planejamento e controle para realização de missões, além de mecanismos que forneçam interoperabilidade para a comunicação dos vários subsistemas executando em um mesmo robô ou na comunicação entre agentes. Estratégias computacionais podem ser empregadas em todas essas áreas de atuação, oferecendo o suporte necessário para implantação da autonomia desses sistemas. Neste tema, são esperadas estratégias que contribuam para a autonomia de robôs ou agentes, seja em aplicações de controle industrial e doméstica [2] ou robótica de campo [3][4]. Dentre os desafios em aberto, destacam-se servovisão robótica sem calibração [5], aprendizado por reforço em Embodied AI [6], inteligência artificial embarcada para robôs [7], robótica colaborativa/cooperativa e interoperabilidade entre protocolos industriais ou doméstica [8].

Referencial Bibliográfico:

[1] Omiyale, B. O., Odeyemi, J., Ogbeyemi, A., Olorunsogbon, F., & Zhang, W. C. (2025). Impact of cyber physical systems on enhancing robotic system autonomy: a brief critical review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 138(9–10), 3925–3942. <https://doi.org/10.1007/s00170-025-15828-w>

[2] Arthur da C. Vangasse, Andressa M. Oliveira, Allan de M. Martins, Ícaro B. Q. Araújo, Heitor J. Savino, & Glauber R. Leite. (2022). Nonlinear predictive control application on DENSO-VP6242 manipulator using dual quaternions. Em *Proceedings do XXII Congresso Brasileiro de Automática*. SBA Sociedade Brasileira de Automática. XXIV Congresso Brasileiro de Automática. <https://doi.org/10.20906/cba2022/3675>

[3] Oliveira, H., Vangasse, A., Soares, L., Oliveira, A., Ferreira, B., Leite, G., Araújo, Í., & Brito, D. (2023). An adaptable mobile robot platform with vision-based perception for precision agriculture. Em *2023 Latin American Robotics Symposium*

(LARS), 2023 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), and 2023 Workshop on Robotics in Education (WRE) (p.466–471). IEEE. 2023 Latin American Robotics Symposium (LARS), 2023 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), and 2023 Workshop on Robotics in Education (WRE). <https://doi.org/10.1109/lars/sbr/wre59448.2023.10333061>

[4] Leite, G. R., Savino, H. J., Araujo, I. B. Q., Cordeiro, T. D., Ferreira, L. J. N., Cavalcante, G. H., Lima, A. M. N., & Lacroix, S. (2021). Framework for multiagent ocean monitoring: dynamic environment and reactive policy. Em OCEANS 2021: San Diego – Porto (p. 1–4). IEEE. OCEANS 2021: San Diego – Porto. <https://doi.org/10.23919/oceans44145.2021.9705784>

[5] Leite, G. R., Araújo, Í. B. Q. de, & Martins, A. de M. (2023). Regularized Maximum Correntropy Criterion Kalman Filter for Uncalibrated Visual Servoing in the Presence of Non-Gaussian Feature Tracking Noise. *Sensors*, 23(20), 8518. <https://doi.org/10.3390/s23208518>

[6] Li, G., Wang, R., Xu, P., Ye, Q., & Chen, J. (2026). The Developments and Challenges Toward Dexterous and Embodied Robotic Manipulation: A Survey. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 33(1), 24–38. <https://doi.org/10.1109/mra.2025.3642671>

[7] Capogrosso, L., Cunico, F., Cheng, D. S., Fummi, F., & Cristani, M. (2024). A Machine Learning-Oriented Survey on Tiny Machine Learning. *IEEE Access*, 12, 23406–23426. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3365349>

[8] Fonseca, V., Barbosa, R., & Pereira, F. (2026). Interoperability in Industrial Robotics: A Literature Review and Conceptual Path Toward a Universal Robot Protocol. *Applied Sciences*, 16(11), 5217. <https://doi.org/10.3390/app16115217>

6 - Metodologias de Otimização e Robustez para Modelos de Aprendizagem de Máquina Eficientes em bordas (Prof. Dr. Erick de Andrade Barboza)

Resumo:

O avanço recente dos modelos de Aprendizagem de Máquina (AM), especialmente os Grandes Modelos de Linguagem (Large Language Models - LLMs) e seus equivalentes compactos (Small Language Models - SLMs), transformou radicalmente o panorama da Inteligência Artificial. No entanto, a dependência severa de infraestruturas de computação em nuvem de alto desempenho impõe gargalos críticos de latência, privacidade, consumo energético e largura de banda.

A migração desses modelos para a borda da rede (Edge Computing) e sistemas embarcados com recursos restritos é o próximo grande passo científico e tecnológico. Contudo, essa transição exige viabilizar a execução eficiente sem degradar severamente a acurácia dos modelos, além de garantir a segurança dessas aplicações em cenários do mundo real.

O objetivo geral deste projeto é investigar, propor e desenvolver metodologias, algoritmos e frameworks para a criação de modelos de aprendizagem de máquina altamente eficientes, viabilizando a inferência e/ou o treino de alta performance diretamente em sistemas embarcados e dispositivos de borda.

De maneira específica, o projeto irá buscar avaliar e propor técnicas de compressão de modelos (como quantização extrema, poda de neurônios, destilação de conhecimento e low-rank adaptation) focadas na execução de LLMs e SLMs em hardware limitado. Além disso, outro objetivo específico será validar as metodologias desenvolvidas por meio de problemas do mundo real (ex: Internet das Coisas Médicas, cidades inteligentes, monitoramento industrial ou veículos autônomos). Por fim, também pretende-se investigar o impacto da compressão e da execução em hardware embarcado na resiliência dos modelos, avaliando explicitamente a degradação de desempenho frente a corrupções naturais nos dados (ruídos de sensores, falhas de captura) e a vulnerabilidade a ataques adversariais (adversarial attacks).

Referencial Bibliográfico:

[1] MENGHANI, Gaurav. Efficient deep learning: A survey on making deep learning models smaller, faster, and better. *ACM Computing Surveys*, v. 55, n. 12, p. 1-37, 2023.

[2] MURSHED, MG Sarwar et al. Machine learning at the network edge: A survey. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, v. 54, n. 8, p. 1-37, 2021.

[3] HONG, Junyuan et al. Decoding Compressed Trust: Scrutinizing the Trustworthiness of Efficient LLMs Under Compression. In: *International Conference on Machine Learning*. PMLR, 2024. p. 18611-18633.

[4] LIU, Zechun et al. Mobilellm: Optimizing sub-billion parameter language models for on-device use cases. In: *Forty-first International Conference on Machine Learning*. 2024.

[5] WANG, Boxin et al. DecodingTrust: A Comprehensive Assessment of Trustworthiness in GPT Models. *Advances in Neural Information Processing Systems*, v. 36, p. 31232-31339, 2023.

[6] WANG, Fali et al. A comprehensive survey of small language models in the era of large language models: Techniques, enhancements, applications, collaboration with llms, and trustworthiness. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, v. 16, n. 6, p. 1-87, 2025.

[7] ZHENG, Yue et al. A review on edge large language models: Design, execution, and applications. *ACM Computing Surveys*, v. 57, n. 8, p. 1-35, 2025.

[8] HENDRYCKS, Dan; DIETTERICH, Thomas. Benchmarking Neural Network Robustness to Common Corruptions and Perturbations. In: *International Conference on Learning Representations*, 2019.

[9] LIU, Chang et al. A comprehensive study on robustness of image classification models: Benchmarking and rethinking. *International Journal of Computer Vision*, v. 133, n. 2, p. 567-589, 2025.

[10] CROCE, Francesco et al. RobustBench: a standardized adversarial robustness benchmark. In: *Conference on Neural Information Processing Systems*. 2021.

7 - Modelagem e Análise Formal para a Segurança Cibernética em Redes de Internet das Coisas (Prof. Dr. Leandro Dias da Silva e Prof. Dr. Álvaro Álvares de Carvalho César Sobrinho)

Resumo:

Um dos objetivos com este projeto é propor soluções para segurança cibernética (por exemplo, protocolos e arquiteturas) e desenvolver modelos formais que viabilizem diferentes análises utilizando técnicas tais como a verificação automática de modelos (model checking) [1]. Nesse contexto, a modelagem e a verificação formal são abordagens práticas para documentar soluções, gerar evidências sobre cenários problemáticos, definir estratégias de mitigação e verificar requisitos de segurança [2,3]. Além disso, pode-se analisar formalmente soluções já existentes na literatura. Isso inclui a análise formal de protocolos, como o 5G-AKA e o EAP-AKA, bem como soluções voltadas à verificação de requisitos de segurança em redes móveis de quinta geração, especialmente no contexto de sistemas conectados e da Internet das Coisas [4,5,6,7]. Assim, neste projeto, será investigado como modelos formais podem ser utilizados para garantir o cumprimento de requisitos de segurança e identificar vulnerabilidades e ameaças em cenários de segurança cibernética, 5G e Internet das Coisas. Ao estudar soluções existentes, os resultados poderão ser apresentados na forma de relatos detalhados sobre as vulnerabilidades encontradas e acompanhados de propostas de mitigação.

Referencial Bibliográfico:

[1] D. Valadares, A. Sobrinho, A. Perkusich, and K. Gorgonio, "Formal Verification of a Trusted Execution Environment-based Architecture for IoT Applications," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, p. 1, 2021.

[2] X. Li et al. "A Model-Driven Security Analysis Approach for 5G Communications in Industrial Systems," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 22, no. 2, pp.889–902, Feb. 2023.

[3] V.-L. Nguyen et al. "Security and Privacy for 6G: A Survey on Prospective Technologies and Challenges," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 23, no. 4, pp. 2384–2428, Fourth Quarter 2021.

[4] S. Ji and A. Kumar Mishra, "5G Security Issues, Challenges and Solutions Against DDoS Attacks: A Survey," in *2024 2nd International Conference on Disruptive Technologies (ICDT)*, Greater Noida, India, 2024, pp. 1422–1427.

[5] M. Mahyoub, A. AbdulGhaffar, E. Alalade, E. Ndubisi, and A. Matrawy, "Security Analysis of Critical 5G Interfaces," IEEE Communications Surveys & Tutorials.

[6] V. Borges, A. Sobrinho, D. F. S. Santos, and A. Perkusich, "A Self-Sovereign Identity-based Authentication and Reputation Protocol for IoV Applications," IEEE Access, vol. 1, p. 1, 2025.

[7] A. Sobrinho, M. Vilarim, A. Barbosa, E. C. Gurjão, D. F. S. Santos, D. C. G. Valadares, and L. Dias da Silva, "Challenges and Opportunities in Mobile Network Security for Vertical Applications: A Survey," ACM Computing Surveys, vol. 1, p. 1, 2024.

8 - Software Sustentável: Investigando o Impacto de Stacks de Tecnologia e a Geração de Código Verde com LLMs (Prof. Dr. Márcio de Medeiros Ribeiro)

Resumo:

Com o crescimento das preocupações sobre o impacto ambiental do software, estudos recentes têm explorado como o software consome energia e emite gases de efeito estufa, frequentemente utilizando benchmarks isolados ou tarefas específicas. No entanto, as implicações ambientais de implementar a mesma aplicação em diferentes conjuntos de tecnologias (stacks) permanecem pouco exploradas. Dessa forma, este projeto visa investigar o consumo de energia, o tempo de execução e as emissões de dióxido de carbono de sistemas reais implementados com tecnologias distintas. Além disso, com o uso cada vez mais frequente dos Large Language Models (LLMs) para geração de código, é importante investigar se esses modelos conseguem propor código sustentável, ou seja, com baixo consumo de energia e pouca emissão de gases de efeito estufa. Portanto, este projeto também visa explorar como os LLMs podem ajudar no desenvolvimento de software sustentável. Nesse sentido, este projeto foca na investigação do consumo de energia, memória e emissão de gases de efeito estufa por parte de software real. Para tanto, o projeto tem por objetivos: (1) analisar o consumo de energia, memória e emissão de gases de efeito estufa de sistemas implementados com tecnologias diferentes; (2) investigar se o uso de LLMs contribui para redução dessas medidas; (3) Construção de um catálogo de práticas de programação que contribuem para reduzir essas medidas.

Referencial Bibliográfico:

- Rui Pereira, Marco Couto, Francisco Ribeiro, Rui Rua, Jácome Cunha, João Paulo Fernandes, and João Saraiva. 2021. Ranking programming languages by energy efficiency. Science of Computer Programming 205 (2021). doi:10.1016/j.scico.2021.102609

- Johannes Getzner, Bertrand Charpentier, and Stephan Günnemann. 2023. Accuracy is not the only metric that matters: Estimating the energy consumption of

deep learning models. arXiv preprint arXiv:2304.00897 (2023).
doi:10.48550/arXiv.2304.00897

- Charlotte Freitag, Mike Berners-Lee, Kelly Widdicks, Bran Knowles, Gordon S Blair, and Adrian Friday. 2021. The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations. *Patterns* 2, 9 (2021).
doi:10.1016/j.patter.2021.100340

Linha de Pesquisa: Ciência de Dados e Inteligência Artificial

9 - Acessibilidade, Comunicação e Autonomia (Prof. Dr. Fábio José Coutinho da Silva)

Resumo:

A acessibilidade digital constitui um dos pilares para a construção de uma sociedade mais inclusiva e equitativa, possibilitando que pessoas com diferentes condições físicas, sensoriais, cognitivas e comunicacionais possam acessar informações, serviços e ambientes digitais de forma autônoma e segura. Nesse contexto, as tecnologias assistivas desempenham papel fundamental na promoção da autonomia, participação social e inclusão de pessoas com deficiência, contribuindo para a redução de barreiras de acessibilidade em diferentes contextos educacionais, profissionais e cotidianos.

A pesquisa nesta temática concentra-se na concepção, desenvolvimento e avaliação de métodos, modelos e tecnologias considerando abordagens interdisciplinares que integrem diferentes áreas do conhecimento. Sob a perspectiva tecnológica, contempla temas relacionados à Inteligência Artificial, Jogos Digitais, Internet das Coisas, Sistemas Colaborativos, Computação Ubíqua e Interação Humano-Computador. Inclui ainda estudos sobre localização e navegação indoor acessível, visando apoiar a orientação, mobilidade e autonomia de pessoas com deficiência em ambientes internos complexos.

No âmbito educacional, abrange pesquisas em Informática na Educação, Letramento Digital, Ambientes Virtuais de Aprendizagem e desenvolvimento de recursos tecnológicos para apoio à inclusão. Incluem-se também pesquisas relacionadas à aquisição da língua de sinais e ao desenvolvimento de recursos computacionais para apoio à educação bilíngue de pessoas surdas.

Referencial Bibliográfico:

Bercaru, V., & Popescu, N. (2024). A Systematic Review of Accessibility Techniques for Online Platforms: Current Trends and Challenges. *Applied Sciences*, 14(22), 10337. <https://doi.org/10.3390/app142210337>

F. T. Santos, F. J. Coutinho, G. D. D. Oliveira, L. M. B. D. S. Cavalcante and J. R. R. D. S. Fernandes, "Guidelines for Developing Sign Language Learning Tools Targeted

at Deaf Children," in IEEE Access, vol. 14, pp. 23689-23703, 2026, doi: 10.1109/ACCESS.2026.3663090

CAVALCANTI, Juliana de Carvalho; AZEVEDO, Jonathas Patrick Hermenegildo de; SANTOS, Floripes Teixeira; SILVA, Fábio José Coutinho da. Análise da acessibilidade de museus virtuais para visitantes cegos: um estudo de caso em Alagoas, Brasil. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, Florianópolis/SC, Brasil, v. 31, p. 1–22, 2026. DOI: 10.5007/1518-2924.2026.e109420

Fatma M. Najib. 2025. Sign language interpretation using machine learning and artificial intelligence. *Neural Computing and Applications*, 37, 841–857. DOI: 10.1007/s00521-024-10395-9.

Okolo, G. I., Althobaiti, T., & Ramzan, N. (2024). Assistive Systems for Visually Impaired Persons: Challenges and Opportunities for Navigation Assistance. *Sensors*, 24(11), 3572. <https://doi.org/10.3390/s24113572>

Prandi, C., Barricelli, B.R., Mirri, S. et al. Accessible wayfinding and navigation: a systematic mapping study. *Universal Access in the Information Society*, 22, 185–212 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00843-x>

10 - Agentes Inteligentes baseados em Modelos de Linguagem de Grande Escala para Sistemas de Recomendação Personalizada: Aplicações em Educação ou Moda (Prof. Dr. Evandro de Barros Costa)

Resumo:

O crescimento acelerado dos serviços digitais tem ampliado a demanda por sistemas inteligentes capazes de oferecer experiências cada vez mais personalizadas, adaptativas e centradas no usuário. Em domínios como educação e moda, a capacidade de compreender preferências, necessidades e contexto de uso tornou-se fundamental para apoiar processos de aprendizagem e tomada de decisão. Nesse cenário, sistemas de recomendação vêm evoluindo continuamente por meio da incorporação de técnicas avançadas de Inteligência Artificial.

Mais recentemente, a Inteligência Artificial Generativa (GenAI), particularmente os Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs: Large Language Models), tem impulsionado uma nova geração de sistemas inteligentes capazes de interagir em linguagem natural, gerar explicações personalizadas e apoiar decisões de forma contextualizada. Além disso, o surgimento de agentes inteligentes baseados em LLMs tem ampliado essas capacidades ao permitir comportamentos mais autônomos, proativos e orientados a objetivos.

Esta proposta de pesquisa tem como objetivo investigar, projetar e desenvolver agentes inteligentes baseados em LLMs para apoiar processos de recomendação personalizada em um dos seguintes domínios de aplicação: educação ou moda com

foco em vestuário. A pesquisa explorará mecanismos para aquisição de preferências, modelagem de usuários, geração de recomendações explicáveis e interação adaptativa, buscando integrar efetividade, transparência e experiência do usuário.

Espera-se como resultado o desenvolvimento e a avaliação de soluções inovadoras que contribuam para o avanço do estado da arte em sistemas de recomendação baseados em IA Generativa, oferecendo experiências mais personalizadas, explicáveis e sensíveis ao contexto dos usuários.

Referencial Bibliográfico:

Alejandro Barredo Arrieta, Natalia Díaz-Rodríguez, et al. Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI, *Information Fusion*, Volume 58, 2020, Pages 82-115, ISSN 1566-2535, <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.12.012>.

Shashank Rajput, Raghunandan Keshavan, et al. Recommender Systems with Generative Retrieval. 37th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2023)

Wang, L., Ma, C., Feng, X. et al. A survey on large language model based autonomous agents. *Front. Comput. Sci.* 18, 186345 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11704-024-40231-1>

11 - Avaliação de Modelos de Inteligência Artificial em Dispositivos de Realidade Estendida (Prof. Dr. Tiago Figueiredo Vieira e Prof. Dr. Ícaro Bezerra Queiroz de Araújo)

Resumo:

Dispositivos de Realidade Estendida (XR), incluindo Realidade Aumentada (AR), Realidade Virtual (VR), Realidade Mista (MR), óculos inteligentes e plataformas de computação espacial, vêm se consolidando como interfaces computacionais imersivas capazes de combinar percepção visual, áudio, rastreamento espacial, interação gestual, linguagem natural e dados contextuais do ambiente. Nos últimos anos, modelos de Inteligência Artificial, especialmente modelos multimodais, modelos de visão-linguagem, modelos de linguagem de grande porte (LLMs) e modelos de linguagem compactos (SLMs), passaram a desempenhar papel central na construção de aplicações XR mais interativas, adaptativas e sensíveis ao contexto. Esses modelos podem ser utilizados para reconhecimento de objetos, compreensão de cenas, assistência contextual, tradução em tempo real, interação conversacional com agentes virtuais, apoio à acessibilidade, personalização de experiências e suporte a tarefas em ambientes industriais, educacionais, médicos e de treinamento.

Referencial Bibliográfico:

1. P. A. Rauschnabel, R. Felix, C. Hinsch, H. Shahab and F. Alt, What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality, *Computers in Human Behavior*, vol. 133, 107289, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107289>.
2. T. Hirzle, F. Müller, F. Draxler, M. Schmitz, P. Knierim and K. Hornbæk, When XR and AI Meet: A Scoping Review on Extended Reality and Artificial Intelligence, in *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Article 730, 2023, doi: <https://doi.org/10.1145/3544548.3581072>.
3. Y. Tang, J. Situ and Y. Huang, Beyond User Experience: Technical and Contextual Metrics for Large Language Models in Extended Reality, in *UbiComp Companion 2024: Companion of the 2024 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pp. 640–643, 2024, doi: <https://doi.org/10.1145/3675094.3678995>.
4. E. Bozkir, S. Özdel, K. H. C. Lau, M. Wang, H. Gao and E. Kasneci, Embedding Large Language Models into Extended Reality: Opportunities and Challenges for Inclusion, Engagement, and Privacy, in *Proceedings of the 6th ACM Conference on Conversational User Interfaces*, Article 38, 2024, doi: <https://doi.org/10.1145/3640794.3665563>.
5. D. Zhang, Y. Li, Z. He and X. Li, Empowering Smart Glasses with Large Language Models: Towards Ubiquitous AGI, in *Companion of the 2024 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pp. 631–633, 2024, doi: <https://doi.org/10.1145/3675094.3678992>.
6. Charu C. Aggarwal, *Neural Networks and Deep Learning*, Springer (2023) <https://doi.org/10.1007/978-3-031-29642-0>.
7. François Chollet, *Deep Learning with Python*, Manning (2025).

12 - Ciência de Dados aplicada a Cidades Inteligentes e ao Governo Digital (Prof. Dr. André Luiz Lins de Aquino)

Resumo:

Uma cidade inteligente aplica a ciência de dados para tornar setores do governo digital, como administração, educação, saúde, segurança pública, habitação e transporte mais interconectados e eficientes. O conceito de cidades inteligentes reconhece a importância fundamental das tecnologias de dados no cotidiano urbano. Embora existam diferentes perspectivas sobre o que define uma cidade inteligente, a centralidade da ciência de dados para o funcionamento futuro das cidades é um ponto comum entre elas.

Nos aspectos tecnológicos das cidades inteligentes e governo digital, diversas soluções de ciência de dados fortalecem o sistema urbano por meio da análise de

dados para caracterização e tomada de decisões. Entre os principais temas a serem abordados como propostas de dissertação, estão:

- Engenharia e Análise de Dados
- Séries Temporais Multivariadas
- Integração de dados e Data Lake Lógico

Essa alternativa tecnológica necessita de uma modelagem eficaz para a coleta e tratamento dos dados, impactando diretamente na tomada de decisão. Portanto, essa área de pesquisa pretende explorar aspectos de monitoramento, caracterização e análise de dados voltados às soluções tecnológicas, utilizando técnicas avançadas de ciência de dados para promover um desenvolvimento urbano sustentável e inteligente.

Referencial Bibliográfico:

1. Silva et al.. Study about vehicles velocities using time causal Information Theory quantifiers. *Ad Hoc Networks*, v. 89, p. 22-34, 2019.
2. Freitas et al.. A detailed characterization of complex networks using Information Theory. *Scientific Reports*, v. 9, p. 16689, 2019.
3. Vasconcelos, I. L. C. and Andre L.L. Aquino. Environmental Modeling and Traffic Simulation: A Multivariate Approach to Monitor Urban Air Pollutant Agents. *Journal of Internet Services and Applications*, v. 14, p. 32-46, 2023.
4. Lima, D. H. S. et al.. Efficient Task Allocation in Data Center Environments Based On Information Theory. *Journal of Network and Systems Management*, v. 33, p. 66, 2025.
5. Fernandes, D. et al.. A Multi-Start Simulated Annealing Strategy for Data Lake Organization Problem. *Applied Soft Computing*, v. 160, p. 111700, 2024.
6. Moura, D. L. L. et al.. An Edge Computing and Distributed Ledger Technology Architecture for Secure and Efficient Transportation. *Ad Hoc Networks*, v. 164, p. 103633, 2024.
7. Andre L. L. Aquino. Characterization of Human Mobility Based on Information Theory Quantifiers. *Physica A-Statistical Mechanics and Its Applications*, v. 609, p. 128344, 2023.

13 - Engenharia de Sistemas Inteligentes Aplicada (Prof. Dr. Bruno Almeida Pimentel e Prof. Dr. Rafael de Amorim Silva)

Resumo:

A área de Engenharia de Sistemas Inteligentes Aplicada combina princípios da engenharia de sistemas, inteligência artificial, ciência de dados e engenharia de software para desenvolver soluções capazes de perceber, aprender, decidir e agir de maneira autônoma ou semiautônoma em ambientes complexos. Seu objetivo é integrar tecnologias inteligentes em processos industriais, educacionais, urbanos, médicos e organizacionais, promovendo automação, otimização e apoio à tomada de decisão.

Essa área utiliza técnicas como aprendizado de máquina, redes neurais artificiais, sistemas especialistas, mineração de dados, visão computacional e processamento de linguagem natural para construir sistemas adaptativos e orientados por dados. Além disso, envolve preocupações relacionadas à interoperabilidade, modelagem de requisitos, integração de componentes, segurança, governança e explicabilidade dos modelos inteligentes.

A Engenharia de Sistemas Inteligentes Aplicada pode ser empregada em domínios como Medicina, Educação, Gestão de Projetos, Automação Industrial, Cidades Inteligentes, Cibersegurança, entre outros. O crescimento da Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem e Big Data ampliou significativamente a capacidade desses sistemas de operar em larga escala e em tempo real. Outro aspecto relevante da área é a integração entre modelos matemáticos, conhecimento especializado e algoritmos de aprendizado de máquina, permitindo a construção de arquiteturas híbridas capazes de lidar com ambientes complexos e dinâmicos. Atualmente, desafios importantes incluem ética em IA, transparência algorítmica, privacidade de dados, robustez dos modelos e sustentabilidade computacional.

Referencial Bibliográfico:

de Amorim Silva, Rafael, Braga, Rosana TV. An acknowledged system of systems for educational internet of everything ecosystems. Proceedings of the 12th European Conference on Software Architecture: Companion Proceedings, pp. 1-7, 2018.

de Amorim Silva, Rafael. Braga, Rosana T Vaccare. Enhancing future classroom environments based on systems of systems and the internet of anything. IEEE Internet of Things Journal. Vol. 10, pp. 10475-10482, 2020.

Artificial Intelligence: A Modern Approach. RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter.

Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4. ed. Pearson, 2021.

Mãos à Obra: Aprendizado de Máquina com Scikit-Learn, Keras & TensorFlow. GÉRON, Aurélien. Mãos à Obra: Aprendizado de Máquina com Scikit-Learn, Keras & TensorFlow. 2. ed. Alta Books, 2021.

Redes Neurais Artificiais para Engenharia e Ciências Aplicadas. SILVA, I. N.; SPATTI, D. H.; FLAUZINO, R. A. Redes Neurais Artificiais para Engenharia e Ciências Aplicadas. Artliber, 2016.

14 - Gerência, Análise e Qualidade de Dados em Larga Escala (Prof. Dr. Fábio José Coutinho da Silva)

Resumo:

O avanço das tecnologias de informação e comunicação tem impulsionado um crescente aumento do volume de dados processados por empresas, governos, organizações e instituições de pesquisa. A geração contínua e acelerada de grandes volumes de dados provenientes de redes sociais, dispositivos IoT, sistemas geográficos, serviços de saúde e redes de sensores tem se consolidado como uma característica marcante da sociedade contemporânea. Nesse sentido, esta pesquisa volta-se ao desafio de lidar eficientemente com volumes massivos de dados heterogêneos produzidos por pessoas, dispositivos e sistemas em diversos domínios de aplicação. Esse desafio inclui manter, gerenciar, integrar, analisar e compartilhar dados de forma ágil e eficiente.

Para tanto, busca-se investigar estratégias, métodos e frameworks voltados ao processamento, integração e análise de dados em larga escala, com ênfase na avaliação, monitoramento e garantia da qualidade dos dados ao longo de todo o seu ciclo de vida. Destaca-se, nesse contexto, a investigação qualidade de dados espaciais, considerando aspectos como completude, consistência, atualidade e precisão posicional, bem como à qualidade de dados empregados em pipelines de Inteligência Artificial, abrangendo atividades de preparação, integração, validação e monitoramento de dados utilizados no treinamento, avaliação e operação de modelos. Esse processo envolve múltiplas facetas e visões, abrangendo diferentes abordagens, técnicas e tecnologias aplicadas em diversos domínios.

Referencial Bibliográfico:

Wang, J., Xu, C., Zhang, J., & Zhong, R. (2022). Big data analytics for intelligent manufacturing systems: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 62, 738-752. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.03.005>

Clarindo, J. P., Silva, R. L. L., Alves, J. M. S., Castro, J. P. C., Coutinho, F. J. and Aguiar, C. D. (2026). Empowering Large-Scale Spatial Analytics in Smart Cities with a Fog-Cloud Lakehouse Architecture. In *Proceedings of the 28th International Conference on Enterprise Information Systems - Volume 1: ICEIS*; ISBN 978-989-758-834-1; ISSN 2184-4992, SciTePress, pages 121-132. DOI: 10.5220/0014971500004018

Naumann, F., Ehrlinger, L., Harmouch, H., Mohammed, S., Srivastava, D. (2026). Data Quality in the Age of AI. In: Chrysanthis, P.K., Nørvåg, K., Stefanidis, K., Zhang, Z. (eds) *Advances in Databases and Information Systems. ADBIS 2025. Lecture Notes in Computer Science*, vol 16043. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-05281-0_1

SILVA, Rafael Luciano L.; CORREIA, Diêgo de A.; MENDES, Letícia A.; DE MELO, Ruan T.; COUTINHO, Fabio J.. QualiBus: implementando métricas de qualidade para dados de transporte coletivo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCO DE DADOS (SBBBD), 40. , 2025, Fortaleza/CE. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2025 . p. 589-601. ISSN 2763-8979. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbbd.2025.247287>

Almeida, A., Brás, S., Sargento, S. et al. Time series big data: a survey on data stream frameworks, analysis and algorithms. *J Big Data* 10, 83 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40537-023-00760-1>

Inoubli, W., Aridhi, S., Mezni, H., Maddouri, M., & Mephu Nguifo, E. (2018). An experimental survey on big data frameworks. *Future Generation Computer Systems*, 86, 546-564. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.04.032>

R. Vidgen, S. Shaw and D. B. Grant, Management challenges in creating value from business analytics, *European Journal of Operational Research* 261 (2017) 626–639.

S. Bahri, N. Zoghلامي, M. Abed and J. M. R. S. Tavares, Big Data for healthcare: A survey, *IEEE Access* 7 (2019) 7397–7408.

15 - Implantação de Modelo de Redes Neurais Profundas em C++ para Detecção de Anomalia em Dispositivos Embarcados Visando Explicabilidade (Prof. Dr. Tiago Figueiredo Vieira e Prof. Dr. Ícaro Bezerra Queiroz de Araújo)

Resumo:

A detecção de anomalias é uma tarefa fundamental em sistemas inteligentes aplicados a ambientes industriais, cidades inteligentes, saúde, Internet das Coisas e manutenção preditiva, pois permite identificar comportamentos inesperados em sinais, imagens, séries temporais ou dados multissensoriais antes que eles resultem em falhas críticas. Nos últimos anos, modelos de redes neurais profundas têm demonstrado alta capacidade de representação para esse tipo de problema, especialmente em cenários envolvendo séries temporais, sinais de sensores, vibração, áudio, imagens e dados de dispositivos IoT. Entretanto, a implantação desses modelos em dispositivos embarcados ainda impõe desafios relevantes relacionados à memória, consumo energético, latência, quantização, portabilidade, robustez e restrições de processamento. Esse tema de pesquisa tem como objetivo investigar, desenvolver e avaliar técnicas para implantação de modelos de redes neurais profundas em C++ voltados à detecção de anomalias em dispositivos embarcados.

Referencial Bibliográfico:

1. Y. Sun, T. Chen, Q. V. H. Nguyen and H. Yin, TinyAD: Memory-Efficient Anomaly Detection for Time-Series Data in Industrial IoT, in *IEEE Transactions on*

Industrial Informatics, vol. 20, no. 1, pp. 824-834, Jan. 2023, doi: <https://doi.org/10.1109/TII.2023.3254668>.

2. Zhong Li, Yuxuan Zhu, and Matthijs Van Leeuwen. A Survey on Explainable Anomaly Detection. ACM Trans. Knowl. Discov. Data 18, 1, Article 23 (January 2024), 54 pages. <https://doi.org/10.1145/3609333>.

3. Zahra Zamanzadeh Darban, Geoffrey I. Webb, Shirui Pan, Charu Aggarwal, Mahsa Salehi: Deep Learning for Time Series Anomaly Detection: A Survey. ACM Comput. Surv. 57(1): 15:1-15:42 (2025) <https://doi.org/10.1145/3691338>.

4. DAVID, Robert et al. TensorFlow Lite Micro: Embedded Machine Learning on TinyML Systems. Proceedings of Machine Learning and Systems, 2021. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.08678>.

5. Sergio Trilles, Sahibzada Saadon Hammad, Ditsuhi Iskandaryan, Anomaly detection based on Artificial Intelligence of Things: A Systematic Literature Mapping, Internet of Things, Volume 25, 2024, 101063, ISSN 2542-6605, <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101063>.

6. Charu C. Aggarwal, Neural Networks and Deep Learning, Springer (2023) <https://doi.org/10.1007/978-3-031-29642-0>.

7. François Chollet, Deep Learning with Python, Manning (2025).

16 - Inteligência computacional aplicada a internet das coisas e cidades inteligentes (Prof. Dr. Bruno Nogueira e Prof. Dr. Rian Pinheiro)

Resumo:

Internet das Coisas (Internet of Things - IoT) [1] é um paradigma emergente que transforma objetos do nosso dia a dia em objetos conectados à Internet com capacidade de sensoriamento, processamento e atuação. De acordo com especialistas, em um futuro próximo, estaremos cercados por bilhões destes dispositivos, que mudarão o jeito como vivemos e trabalhamos. IoT já está sendo usado em uma diferente gama de aplicações, como agricultura de precisão e healthcare. Dentre outras aplicações interessantes para estes dispositivos, destacamos as cidades inteligentes, cujo objetivo é o uso massivo de tecnologia da informação para monitoramento, previsões, planejamento e apoio a decisão em centros urbanos.

A proposta deste trabalho visa o estudo e desenvolvimento de algoritmos baseados em inteligência computacional para resolver problemas de IoT e/ou cidades inteligentes. Dentre os problemas que podem ser atacados neste trabalho, destacamos as seguintes áreas:

- Mobilidade urbana (uso eficiente de frotas de veículos [2,3], políticas de roteamento de semáforos [4]),
- Infraestrutura (otimização de sistema de entrega [5]),
- Energia (otimização de smart grids [6], uso eficiente de energia em smart buildings),
- Turismo (rotas inteligentes de atrações turísticas [7]),
- Serviços públicos (escala de motoristas de ônibus [8],).

As soluções para estes problemas além de altamente lucrativas, são fundamentais para o crescimento da competitividade do país no contexto não apenas nacional, mas principalmente internacional.

Diversas técnicas do campo da inteligência computacional podem ser usadas para resolver estes problemas, tais como algoritmos genéticos, programação genética, simulated annealing, colônia de formigas, VNS, ILS, GRASP e busca tabu [9--17].

Referencial Bibliográfico:

1. Atzoria, L., Ierab, A & Morabitoc, G; (2010). 'The Internet of Things: A survey', Computer Networks (54) 15, 2787-2805.
2. Costa, P.R.O., Mauceri, S., Carroll, P. & Pallonetto, F. (2018), 'A Genetic Algorithm for a Green Vehicle Routing Problem', Electronic Notes in Discrete Mathematics (64), 65-74.
3. Lin, C., Chou, K.L., Ho, G.T.S, Chung, S.H & Lam, H.Y. (2014), 'Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends'. Expert System with Applications (41), 1118-1138.
4. Ceylan, H., & Bell, M. G. (2004). Traffic signal timing optimisation based on genetic algorithm approach, including drivers' routing. Transportation Research Part B: Methodological, 38(4), 329-342.
5. Gerami, A., Vatani, M.R. & Golrooc, N.A. (2017). 'A comparative study on using meta-heuristic algorithms for road maintenance planning: Insights from field study in a developing country' Journal of Traffic and Transportation Engineering (4), 5, 477-486.
6. Guzman, C., Cardenas, A., & Agbossou, K. (2017). 'Evaluation of meta-heuristic optimization methods for home energy management applications'. IEEE 26th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), 1501-1506.
7. Gavalas, D., Konstantopoulos, C., Mastakas, K, & Pantziou. G. (2014). 'A survey on algorithmic approaches for solving tourist trip design problems'. Journal of Heuristics (20) 3, 291-32.
8. Lourenço, H.R., Paixão, J.P. & Portugal,R. (2001). 'Multiobjective Metaheuristics for the Bus Driver Scheduling Problem', Transportation Science (35) 3, 215-343.

9. Talbi, E. (2009), Metaheuristics: From Design to Implementation, John Wiley & Sons.
10. Gendreau, M. & Potvin, J.-Y. (2010), Handbook of Metaheuristics, 2nd ed., Springer Publishing Company, Incorporated.
11. Nogueira, B., Pinheiro, R. G. S. & Subramanian, A. (2018). 'A hybrid iterated local search heuristic for the maximum weight independent set problem'. Optimization Letters (12), 567-583.
12. Nogueira, B. & Pinheiro, R. G. S. (2018). 'A CPU-GPU local search heuristic for the maximum weight clique problem on massive graphs'. Computers & Operations Research (90), 232-248.
13. Nogueira, B. & Pinheiro, R. G. S. . 'A GPU based local search algorithm for the unweighted and weighted maximum s-plex problems'. To Appear in Annals of Operations Research.
14. Pinheiro, R.G.S., Martins,I.C., Protti, F., Ochi, L.S., Simonetti, L.G. & Subramanian , A. (2017), 'On solving manufacturing cell formation via Bicluster Editing', European Journal of Operational Research 254 (3), 769-779
15.
<http://www.decom.ufop.br/prof/marcone/Disciplinas/InteligenciaComputacional/InteligenciaComputacional.pdf>
16. CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6805191874473768>
17. CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1447954471683870>

17 - Sistemas de múltiplos classificadores (Prof. Dr. Lucas Benevides Viana de Amorim e Prof. Dr. Bruno Almeida Pimentel)

Resumo:

Um Sistema de Múltiplos Classificadores (MCS) [1, 2] é uma abordagem de treinar múltiplos classificadores e após isso combinar suas decisões a respeito de uma determinada instância de teste. Estudos teóricos e empíricos têm demonstrado que um ensemble (ou comitê) de classificadores tem tipicamente maior performance de classificação do que um único classificador.

Uma das primeiras etapas de um (MCS) é a geração de um pool inicial de classificadores para que, de maneira dependente ou não da instância de teste, sejam selecionados os classificadores mais adequados desse pool para a predição da classe da instância de teste. Há várias formas de gerar esse pool inicial. Uma das formas mais comuns, é a utilizada pelo algoritmo Bagging, onde são feitas várias subamostragens aleatórias das instâncias do conjunto de treinamento e com cada amostra um classificador é treinado. A ideia é que ao treinar os classificadores com dados diferentes, seus comportamentos serão diversos e possivelmente complementares.

No entanto, ao realizar subamostragens aleatórias do conjunto de treinamento, cada amostra tende a ter uma boa representação do conjunto de treinamento. A nossa hipótese é que, se ao invés de realizarmos essas amostras de maneira aleatória a realizarmos por regiões do espaço de dados que estejam naturalmente agrupadas, obteremos uma maior diversidade nos classificadores treinados.

Neste tema de pesquisa, temos o objetivo específico de utilizar um algoritmo de agrupamento fuzzy [3] como etapa prévia à subamostragem, de maneira que as amostras usadas para treinar os classificadores dos ensembles estejam relacionadas aos agrupamentos encontrados, assim, cada classificador treinado será mais especializado em uma dessas regiões. Ao utilizar agrupamento fuzzy, buscamos, através do grau de pertinência, controlar o quão especializados nas regiões serão os modelos gerados, além de controlar suas contribuições para a decisão final do ensemble.

Referencial Bibliográfico:

[1] Kuncheva, L. I. (2014). Combining Pattern Classifiers: Methods and Algorithms. In Wiley (2nd ed.). John Wiley and Sons.

[2] Zhou, Z.-H. (2012). Ensemble Methods, Foundations and Algorithms. Chapman & Hall/CRC.

[3] Loris Nanni e Alessandra Lumini. “FuzzyBagging: A novel ensemble of classifiers”. Pattern Recognition 39.3 (mar. de 2006), pp. 488–490. issn: 0031-3203. doi: 10.1016/j.patcog.2005.10.002.

Linha de Pesquisa: Computação Aplicada

18 - Engenharia de Sistemas Inteligentes Aplicada (Prof. Dr. Rafael de Amorim Silva)

Resumo:

A área de Engenharia de Sistemas Inteligentes Aplicada combina princípios da engenharia de sistemas, inteligência artificial, ciência de dados e engenharia de software para desenvolver soluções capazes de perceber, aprender, decidir e agir de maneira autônoma ou semiautônoma em ambientes complexos. Seu objetivo é integrar tecnologias inteligentes em processos industriais, educacionais, urbanos, médicos e organizacionais, promovendo automação, otimização e apoio à tomada de decisão.

Essa área utiliza técnicas como aprendizado de máquina, redes neurais artificiais, sistemas especialistas, mineração de dados, visão computacional e processamento de linguagem natural para construir sistemas adaptativos e orientados por dados. Além disso, envolve preocupações relacionadas à interoperabilidade, modelagem

de requisitos, integração de componentes, segurança, governança e explicabilidade dos modelos inteligentes.

A Engenharia de Sistemas Inteligentes Aplicada pode ser empregada em domínios como Medicina, Educação, Gestão de Projetos, Automação Industrial, Cidades Inteligentes, Cibersegurança, entre outros. O crescimento da Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem e Big Data ampliou significativamente a capacidade desses sistemas de operar em larga escala e em tempo real. Outro aspecto relevante da área é a integração entre modelos matemáticos, conhecimento especializado e algoritmos de aprendizado de máquina, permitindo a construção de arquiteturas híbridas capazes de lidar com ambientes complexos e dinâmicos. Atualmente, desafios importantes incluem ética em IA, transparência algorítmica, privacidade de dados, robustez dos modelos e sustentabilidade computacional.

Referencial Bibliográfico:

- de Amorim Silva, Rafael, Braga, Rosana TV. An acknowledged system of systems for educational internet of everything ecosystems. Proceedings of the 12th European Conference on Software Architecture: Companion Proceedings, pp. 1-7, 2018.
- de Amorim Silva, Rafael. Braga, Rosana T Vaccare. Enhancing future classroom environments based on systems of systems and the internet of anything. IEEE Internet of Things Journal. Vol. 10, pp. 10475-10482, 2020.
- Artificial Intelligence: A Modern Approach. RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4. ed. Pearson, 2021.
- Mãos à Obra: Aprendizado de Máquina com Scikit-Learn, Keras & TensorFlow. GÉRON, Aurélien. Mãos à Obra: Aprendizado de Máquina com Scikit-Learn, Keras & TensorFlow. 2. ed. Alta Books, 2021.
- Redes Neurais Artificiais para Engenharia e Ciências Aplicadas. SILVA, I. N.; SPATTI, D. H.; FLAUZINO, R. A. Redes Neurais Artificiais para Engenharia e Ciências Aplicadas. Artliber, 2016.
- Engenharia de Software. PRESSMAN, Roger. Engenharia de Software. 8. ed. McGraw-Hill, 2016.
- WILLARD, Jared et al. Integrating Scientific Knowledge with Machine Learning for Engineering and Environmental Systems. 2020.

19 - IA Multimodal e Modelos de Fundação para Rastreamento Inteligente do Câncer de Mama (Prof. Dr. Marcelo Costa Oliveira)

Resumo:

Este tema de pesquisa propõe o desenvolvimento e a avaliação de modelos de Inteligência Artificial multimodal para apoio ao rastreamento do câncer de mama. A

proposta integra mamografias, laudos radiológicos e dados clínicos, explorando modelos de visão computacional, Vision-Language Models (vLLM) e Large Language Models (LLM) para detecção de achados suspeitos, classificação radiológica, estruturação de laudos e apoio à decisão clínica. O estudo investigará modelos especializados em mamografia, como Mammo-CLIP, modelos biomédicos multimodais, como LLaVA-Med e Med-Flamingo, e estratégias de inferência eficiente com vLLM/PagedAttention para execução em infraestrutura local. Espera-se contribuir para a triagem inteligente de exames, priorização de casos suspeitos, qualificação de laudos e futura integração com fluxos assistenciais digitais do SUS.

O candidato aprovado atuará no projeto RastreIA-Mulher, iniciativa interinstitucional em parceria com a USP e financiada pelo edital PPSUS/FAPEAL-CNPq-SESAU. O mestrando integrará grupo de pesquisa interdisciplinar, com atividades em IA multimodal, análise de mamografias, modelos de linguagem e apoio ao rastreamento do câncer de mama no SUS.

Objetivos da Pesquisa:

1. Investigar modelos multimodais capazes de integrar mamografias, laudos radiológicos e dados clínicos para apoio ao rastreamento do câncer de mama.
2. Avaliar modelos de visão computacional e Vision-Language Models em tarefas de detecção, localização e classificação de achados mamográficos suspeitos.
3. Desenvolver abordagens baseadas em LLMs para extração de informações clínicas, integração a RADIOMICS, estruturação automática de laudos e apoio à categorização radiológica (BI-RADS).
4. Implementar estratégias de inferência eficiente com vLLM/PagedAttention para viabilizar experimentação com LLMs e VLMs em ambiente computacional local.
5. Avaliar desempenho, explicabilidade, robustez, viés, custo computacional e segurança dos modelos em um fluxo de apoio à triagem mamográfica no SUS.

Referencial Bibliográfico:

- [1] Eisemann, N. et al. Nationwide real-world implementation of AI for cancer detection in population-based mammography screening. *Nature Medicine*, 31:917–924, 2025.
- [2] McKinney, S. M. et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*, 577:89–94, 2020.
- [3] Lång, K. et al. Artificial intelligence-supported screen reading versus standard double reading in the Mammography Screening with Artificial Intelligence trial (MASAI): a clinical safety analysis. *The Lancet Oncology*, 2023.

- [4] Moor, M. et al. Foundation models for generalist medical artificial intelligence. *Nature*, 616:259–265, 2023.
- [5] Ghosh, S. et al. Mammo-CLIP: A Vision Language Foundation Model to Enhance Data Efficiency and Robustness in Mammography. *MICCAI*, 2024.
- [6] Li, C. et al. LLaVA-Med: Training a Large Language-and-Vision Assistant for Biomedicine in One Day. *NeurIPS Datasets and Benchmarks Track*, 2023 (Spotlight).
- [7] Moor, M. et al. Med-Flamingo: a Multimodal Medical Few-shot Learner. *Machine Learning for Health (MLHC)*, PMLR, 2023.
- [8] Kwon, W. et al. Efficient Memory Management for Large Language Model Serving with PagedAttention. *ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP)*, 2023.

20 - Towards a Framework for Enabling the Electronic Health Record Storage Using Blockchain Technology: Design, Development and Evaluation (Prof. Dr. André Magno Costa de Araújo)

Resumo:

A large amount of data is processed daily by software systems in the healthcare industry. Due to the popularization of the electronic health record (EHR), much has been discussed about the use of norms, standards and the application of new information and communication technologies (ICT) in the development of health information systems (HIS) [1-3]. HIS process data from different types of applications as well as assist healthcare professionals in the clinical patient care activities. For these reasons, HIS should provide security mechanisms in the storage of EHR data and features of authenticity and reliability in data manipulation. A means of obtaining security and data privacy in the development of healthcare applications is adopting a database management system to provide security measures and enforce controlled access to the contents of the database while preserving data integrity. Blockchain technology has been investigated and applied in the database software industry as an alternative to guarantee the authenticity of online data transactions [4-6]. Blockchain technology consists of a decentralized and encrypted network that immutably certifies and stores all transactional information between the parties involved [7]. The use of Blockchain technology in the health sector is justified by its ability to provide greater reliability in data storage, precisely because it is possible to verify the integrity and guarantee the immutability of all records on the Blockchain network. Although Blockchain technology has been widely debated and applied in the healthcare sector [8-10], there is a lack of studies that address: i) the extraction of EHR data from different legacy databases, ii) the standardization of patient clinical data requirements, and iii) the EHR data storage using Blockchain, regardless of DBMS technology. Based on the open issues found in the state-of-the-art, this research aims to address the following research question. How to design a framework for enabling the standardization of EHR data using health standards (e.g.,

openEHR Archetypes, HL7), and how to store such information using Blockchain technology regardless of database management system (DBMS)? Two experimental evaluations will be carried out in this project. First, the real-world scenario of a Brazilian healthcare institution will be used to evaluate data extraction, standardization, and persistence activities in two Blockchain technologies widely used in the IT market. Afterwards, the computational cost of using different Blockchain technologies in the proposed solution will be investigated.

Referencial Bibliográfico:

- [1] Araújo, A., Times, V. and Silva, M. (2020) 'A Tool for Generating Health Applications Using Archetypes', *IEEE Software*, Vol. 37, No. 1, pp. 60–67.
- [2] de Araújo, André Magno Costa; Times, Valéria Cesário; da Silva, Marcus Urbano, A Cloud Service for Graphical User Interfaces Generation and Electronic Health Record Storage. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 1ed.: Springer International Publishing, 2018, v. 558, p. 257-263
- [3] Bezerra, Carlos Andrew Costa; de Araújo, André Magno Costa; Times, Valéria Cesário, An HL7-Based Middleware for Exchanging Data and Enabling Interoperability in Healthcare Applications. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 1ed.: Springer International Publishing, 2020, v. , p. 461-467.
- [4] Casino, F., Dasaklis, T., and Patsakis, C. (2018) 'A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues', *Telematics and Informatics*, Vol. 36, pp. 55–81.
- [5] Da Conceição, A. F., da Silva, F. S. C., Rocha, V.,Locoro, A. and Barguil, J. M. (2018) *Electronic Health Records using Blockchain Technology*, <https://arxiv.org/abs/1804.10078> (Accessed 27 July 2020).
- [6] Saghiri, A. M. (2020) 'Blockchain Architecture', *Advanced Applications of Blockchain Technology*, vol 60. Springer, Singapore. pp. 161-176.
- [7] Nakamoto, S. (2009) 'Bitcoin: A Peer-to- Peer Electronic Cash System', *Cryptography Mailing list* at <https://metzdowd.com>, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (Accessed 27 July 2020).
- [8] Yuan, Y. and Wang, F. (2018) 'Blockchain and Cryptocurrencies: Model, Techniques, and Applications' , *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, Vol. 48, pp. 1421–1428.
- [9] Roehrs, A., da Costa, C. A., Righi, R. R., Silva, V. F., Goldim, J. R. and Schmidt, D. C. (2019) 'Analyzing the Performance of a Blockchain-based Personal Health Record Implementation', *Journal of Biomedical Informatics*, Vol. 92, pp. 103-140.

[10] Liang, W., Fan, Y., Li, K., Zhang, D. and Gaudiot, J. (2020) 'Secure Data Storage and Recovery in Industrial Blockchain Network Environments', IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 16, pp. 1.