



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Bacharelado em Ciência da Computação

Felipe Carvalho de Paula Silva

**Reconhecimento de Emoções em Texto Usando Processamento
de Linguagem Natural (PLN)**

Belo Horizonte

2024

Felipe Carvalho de Paula Silva

Reconhecimento de Emoções em Texto Usando Processamento de Linguagem Natural (PLN)

Projeto de Pesquisa apresentado na disciplina Trabalho Interdisciplinar III - Pesquisa Aplicada do curso de Ciência da Computação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

Belo Horizonte

2024

RESUMO

O reconhecimento de emoções em textos tem se destacado como uma área promissora do Processamento de Linguagem Natural (PLN), impulsionada pelo aumento de dados textuais gerados nas redes sociais e em outras plataformas digitais. Identificar automaticamente emoções em textos é crucial para diversas aplicações, como análise de sentimentos, atendimento ao cliente e saúde mental, mas enfrenta desafios significativos devido à subjetividade e complexidade linguística das emoções.

Este trabalho tem como objetivo explorar e desenvolver modelos de aprendizado profundo capazes de capturar nuances emocionais em textos, aprimorando a precisão no reconhecimento de emoções. A metodologia inclui a coleta e pré-processamento de dados rotulados, o desenvolvimento de modelos baseados em PLN, como BERT e LSTM, e a validação utilizando métricas como precisão, revocação e F1-Score, com base em experimentos realizados em múltiplos domínios textuais.

Palavras-chave:

IA, PLN, Processamento de Linguagem Natural, Inteligência Artificial, SENN

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	Objetivos	25
1.1.1	<i>Objetivos específicos</i>	25
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	28
2.1	Reconhecimento de Emoções em Texto com PLN	28
2.2	Abordagens Modernas: Semantic-Emotion Neural Network (SENN)	28
2.3	Avanços e Desafios no Campo	29
2.4	Contribuições Relevantes	29
3	METODOLOGIA.....	30
3.1	Atividades a serem realizadas	30
3.1.1	<i>Atividade 1: Coleta e Preparação de Dados</i>	30
3.1.2	<i>Atividade 2: Desenvolvimento do Modelo de Reconhecimento de Emoções</i>	31
3.1.3	<i>Atividade 3: Avaliação e Validação do Modelo</i>	31
3.2	Cronograma	31
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

O reconhecimento de emoções em textos tornou-se uma área de pesquisa significativa no campo do Processamento de Linguagem Natural (PLN), especialmente devido ao crescimento exponencial de dados textuais disponíveis na era digital. Com a popularidade das redes sociais e outras plataformas online, grandes volumes de texto contendo expressões emocionais são gerados diariamente. A capacidade de detectar automaticamente emoções em textos pode trazer benefícios para diversas áreas, como análise de sentimentos, saúde mental, marketing e segurança pública. Além disso, compreender as emoções expressas pode ajudar a melhorar a interação homem-máquina, permitindo respostas mais empáticas e personalizadas em sistemas automatizados.

Como apontado por Bostan e Klinger (2018), *"a detecção de emoções em textos apresenta desafios únicos, como a ambiguidade da linguagem e a subjetividade das emoções, o que requer técnicas sofisticadas para uma compreensão precisa"*. Este projeto visa explorar novos modelos de PLN capazes de capturar de forma eficaz as nuances emocionais em textos, utilizando abordagens de aprendizado profundo, como Redes Neurais Recorrentes (RNNs) e Transformers. Ao melhorar a precisão no reconhecimento de emoções, espera-se contribuir para o avanço das aplicações práticas que dependem de uma compreensão mais profunda das emoções humanas no contexto textual.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste projeto é explorar o reconhecimento de emoções em textos por meio de técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN).

1.1.1 *Objetivos específicos*

Os objetivos específicos deste projeto são:

1. Explorar abordagens de reconhecimento de emoções em texto.
2. Discutir as principais técnicas utilizadas em detecção de emoções usando Processamento de Linguagem Natural (PLN).

3. Identificar contribuições de diferentes pesquisas para o campo do reconhecimento de emoções.
4. Contribuir para o desenvolvimento de um modelo de detecção emoções contidas em textos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão das principais abordagens, teorias e contribuições científicas relacionadas ao reconhecimento de emoções em textos. A análise aborda desde métodos tradicionais baseados em regras até avanços recentes em aprendizado profundo (Deep Learning), destacando os desafios e as inovações que têm impulsionado essa área do Processamento de Linguagem Natural (PLN).

"Ninguém pode consistentemente errar tudo. Tal perfeição não existe." (Joseph O'Connor, 1990).

2.1 Reconhecimento de Emoções em Texto com PLN

O reconhecimento de emoções em texto é um subcampo do PLN cujo objetivo é identificar e classificar emoções humanas a partir de dados textuais. A subjetividade e a variabilidade da linguagem tornam essa tarefa desafiadora, especialmente em contextos onde as emoções são expressas de forma indireta ou ambígua. Métodos tradicionais, como dicionários de sentimentos ou regras linguísticas, oferecem resultados limitados devido à sua incapacidade de capturar as nuances emocionais. Em contrapartida, abordagens baseadas em aprendizado profundo têm se mostrado mais eficazes por aprenderem representações complexas de texto e identificarem padrões emocionais de forma automatizada.

Entre as contribuições mais relevantes, o trabalho de Bostan e Klinger (2018) destaca que a complexidade no reconhecimento de emoções requer modelos avançados que integrem aspectos semânticos e emocionais para superar limitações dos métodos anteriores.

2.2 Abordagens Modernas: Semantic-Emotion Neural Network (SENN)

O artigo "Semantic-Emotion Neural Network for Emotion Recognition From Text" propõe a arquitetura SENN, que combina informações semânticas e emocionais em um único modelo neural. Essa abordagem se divide em duas etapas principais:

Extração de características semânticas: Utiliza embeddings de palavras, como Word2Vec, GloVe e BERT, para representar o contexto e o significado das palavras em alta dimensionalidade. Reconhecimento de emoções: Integra uma camada específica para emoções, permitindo a classificação precisa de sentimentos como alegria, raiva, tristeza, medo, surpresa e nojo. O SENN se destaca por sua arquitetura híbrida e pela capacidade de generalizar bem em diferentes domínios de texto, desde conteúdos informais, como redes sociais, até textos formais, como artigos científicos. Essa versatilidade é essencial, pois o estilo de escrita influencia significativamente o desempenho dos modelos de PLN.

2.3 Avanços e Desafios no Campo

Estudos como "A Survey of Textual Emotion Recognition and Its Challenges" fornecem uma visão abrangente das técnicas e barreiras enfrentadas no campo. Eles ressaltam que modelos modernos, ao lidar com subjetividade emocional e ambiguidade linguística, podem superar limitações, mas ainda enfrentam desafios, como a necessidade de dados rotulados de alta qualidade e a adaptação a diferentes idiomas e culturas.

Já o artigo "Emotion Detection in Textual Data Using Deep Learning" explora o uso de arquiteturas de aprendizado profundo, como LSTMs e Transformers, para detecção de emoções. A abordagem sugere que técnicas como atenção (attention mechanisms) podem melhorar a precisão em tarefas de classificação, alinhando o foco do modelo às partes mais relevantes do texto.

2.4 Contribuições Relevantes

A principal contribuição do SENN e de outros modelos avançados está na integração entre a semântica e o reconhecimento emocional, permitindo uma análise mais contextual e precisa. Além disso, a capacidade desses modelos de operar eficientemente em diferentes domínios textuais representa um marco no desenvolvimento de soluções práticas e adaptáveis.

Os avanços revisados neste capítulo evidenciam o potencial transformador do PLN para melhorar a compreensão e a análise das emoções em texto, possibilitando aplicações inovadoras em diversas áreas, como saúde mental, marketing e interação homem-máquina.

3 METODOLOGIA

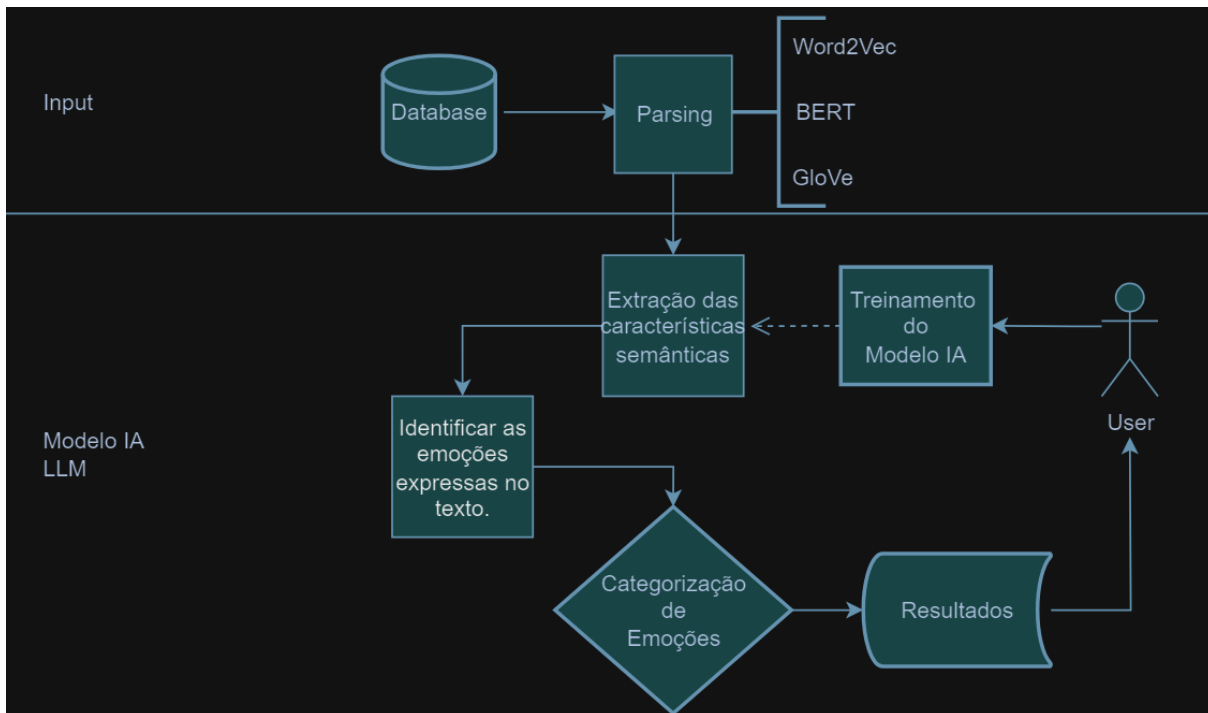


Figura 1 – Metodologia

3.1 Atividades a serem realizadas

Esta seção apresenta as atividades que serão desenvolvidas para alcançar os objetivos da pesquisa, detalhando cada etapa do processo metodológico.

3.1.1 Atividade 1: Coleta e Preparação de Dados

Selecionar e organizar um conjunto de dados relevante contendo textos rotulados com emoções. Isso inclui atividades de pré-processamento, como remoção de ruído, normalização textual e tokenização.

3.1.2 *Atividade 2: Desenvolvimento do Modelo de Reconhecimento de Emoções*

Implementar e treinar modelos baseados em PLN, como **BERT**, **LSTM**, ou outros modelos de aprendizado profundo. O processo inclui o ajuste de hiperparâmetros e a aplicação de técnicas de regularização para melhorar o desempenho.

3.1.3 *Atividade 3: Avaliação e Validação do Modelo*

Avaliar o modelo utilizando métricas como precisão, revocação, F1-Score e matriz de confusão. Validar o desempenho por meio de uma divisão de dados em treinamento, validação e teste, além de realizar testes cruzados.

3.2 Cronograma

Esta seção apresenta o cronograma das atividades a serem realizadas. (Tabela 1).

Tabela 1 – Cronograma

	Meses 1-3	Meses 4-6	Meses 7-9	Meses 10-11
Revisão Bibliográfica	X	X		
Coleta e Preparação de Dados		X		
Desenvolvimento do Modelo			X	X
Análise e Escrita				X

REFERÊNCIAS

- [1] Asim Hussain, Xiang Zhao e Iram Hussain. “Emotion Detection in Textual Data using Deep Learning”. Em: JOURNAL OF INFORMATION PROCESSING SYSTEMS 16.2 (abr. de 2020), pp. 330–346. DOI: 10.3745/JIPS.04.0107.
- [2] R. J. A. C. F. Ferreira M. A. G. D. B. A. Araújo R. L. D. N. V. Lopes. “A Survey of Textual Emotion Recognition and Its Challenges”. Em: IEEE TRANSACTIONS ON AFFECTIVE COMPUTING 11.3 (jul. de 2020), pp. 349–366. DOI: 10.1109/TAFFC.2020.2988817.
- [3] A. M. R. Silva M. N. R. G. F. Abreu M. J. R. F. Oliveira. “Semantic-Emotion Neural Network for Emotion Recognition From Text”. Em: EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS 170 (jan. de 2021), pp. 114–125. DOI: 10.1016/j.eswa.2020.114125.
- [4] Muhammad Ali et al. “Using the NS-2 Network Simulator for Evaluating Network on Chips (NoC)”. Em: **Proceedings...** 2th INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMERGING TECHNOLOGIES. Peshawar: ICET, nov. de 2006, pp. 506–512.
- [5] Amanda Maria Pinho Amorim, Poliana Aparecida Corrêa Oliveira e Henrique Cota Freitas. “Integrando traços de execução de aplicações paralelas ao Network Simulator para simulação de WiNoC”. Em: **Anais...** Workshop de Iniciacao Cientifica, XIII Simposio em Sistemas Computacionais. Petrópolis: WSCAD-WIC, Out. de 2012, pp. 1–4.
- [6] Cíntia Pinto Avelar et al. “Evaluating the Problem of Process Mapping on Network-on-chip for Parallel Applications”. Em: **Anais...** 2th Workshop on Architecture e Multi-Core Applications (WAMCA), XII Simposio em Sistemas Computacionais. Los Alamitos: IEEE Computer Society, Out. de 2011, pp. 18–23. DOI: 10.1109/WAMCA.2011.13.
- [7] Krste Asanovic et al. **The Landscape of Parallel Computing Research: A View from Berkeley**. Rel. técn. Technical report. University of California, Berkeley, USA: University of California, dez. de 2006. URL: <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2006/EECS-2006-183.html>.
- [8] D. Bailey et al. “**The NAS Paralell Benchmarks**”. Em: (mar. de 1994), pp. 1–79. URL: <http://www.nas.nasa.gov/assets/pdf/techreports/1994/rnr-94-007.pdf>.

- [9] Luca Benini e Giovanni De Micheli. “Networks on chips: a new SoC paradigm”. Em: **Journal Computer** 35.1 (jan. de 2002), pp. 70–78. ISSN: 0018-9162. DOI: 10.1109/2.976921.
- [10] B. L. Buzbee e D. H Sharp. “Perspectives on supercomputing”. Em: **Science Magazine** 227.4687 (fev. de 1985), pp. 591–597. ISSN: 0018-9162. DOI: 10.1126/science.227.4687.591. URL: <http://www.sciencemag.org/content/227/4687/591.short>.
- [11] Leonardo Dagum e Ramesh Menon. “OpenMP: An Industry-Standard API for Shared-Memory Programming”. Em: **Computational Science and Engineering** 5.1 (jan. de 1998), pp. 46–55. ISSN: 1070-9924.
- [12] S. Deb et al. “Comparative Performance Evaluation of Wireless and Optical Architectures”. Em: **Proceedings... 24TH IEEE INTERNATIONAL SOC CONFERENCE**. Las Vegas: SOCC, set. de 2010, pp. 487–492. DOI: 10.1109/SOCC.2010.5784675.
- [13] Jose Duato, Sudhakar Yalamanchili e Ni Lionel. **Interconnection networks**. AN ENGINEERING APPROACH. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2002, p. 515. ISBN: 1558608524.
- [14] FAST-BROADCAST. “**Resources - Fast Broadcast modules for NS-2**”. Disponível em <http://www.math.unipd.it/cpalazzi/fastbroadcast.html>. Acesso em abr. 2012.
- [15] Henrique Cota Freitas et al. “Impact of Parallel Workloads on NoC Architecture Design”. Em: **Proceedings... 18TH EUROMICRO CONFERENCE ON PARALLEL, DISTRIBUTED e NETWORK-BASED PROCESSING**. Pisa: PDP, fev. de 2010, pp. 551–555. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/PDP.2010.535>.
- [16] Amlan Ganguly et al. “Performance Evaluation of Wireless Networks on Chip Architectures”. Em: **Proceedings... 10TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON QUALITY OF ELECTRONIC DESIGN**. San Jose: ISQED, mar. de 2009, pp. 350–355. DOI: 10.1109/ISQED.2009.4810319.
- [17] Amlan Ganguly et al. “Scalable Hybrid Wireless Network-on-Chip Architectures for Multi-Core Systems”. Em: **Journal Transactions on Computers** 60.10 (2011), pp. 1485–1502. ISSN: 0018-9340. DOI: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/TC.2010.176>.
- [18] William Gropp, Ewing Lusk e Anthony Skjellum. **Using MPI**. PORTABLE PARALLEL PROGRAMMING WITH THE MESSAGE-PASSING INTERFACE. 2th. Massachusetts: MIT Press, 1999, p. 371. ISBN: 0262571331.
- [19] Lance Hammond, Basem A. Nayfeh e Kunle Olukotun. “A Single-Chip Multiprocessor”. Em: **Journal Computer** 30.9 (set. de 1997), pp. 79–85. ISSN: 0018-9162. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/2.612253>.

- [20] John L. Hennessy e David A. Patterson. **Arquitetura de computadores**. UMA ABORDAGEM QUANTITATIVA. 3^a ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006, p. 1044. ISBN: 8535211101.
- [21] Ron Ho et al. “The Future of Wires”. Em: **Journal Proceedings of the IEEE** 89.4 (2001), pp. 490–504. ISSN: 0018-9219. DOI: 10.1109/5.920580.
- [22] IEEE. “**802.15 working group for WPAN**”. Disponível em <http://www.ieee802.org/15>. Acesso em ago. 2012.
- [23] INTEL. “**Teraflops Research Chip**”. Disponível em <http://techresearch.intel.com/ProjectDetails.aspx?Id=151>. Acesso em nov. 2011.
- [24] INTEL. “**Intel Many Integrated Core Architecture (Intel MIC Architecture) - Advanced**”. Disponível em <http://www.intel.com/content/www/us/en/architecture-and-technology/many-integrated-core/intel-many-integrated-core-architecture.html>. Acesso em nov. 2012.
- [25] Raj Jain. **The art of computer systems performance analysis**. TECHNIQUES FOR EXPERIMENTAL DESIGN, MEASUREMENT, SIMULATION, AND MODELING. New York: Wiley Interscience, 1991, p. 685. ISBN: 0471503361.
- [26] Robert W. Keyes. “Fundamental Limits of Silicon Technology”. Em: **Proceedings of the IEEE** 89.3 (2001), pp. 227–239.
- [27] Robert W. Keyes. “Moore’s Law Today”. Em: **Circuits and Systems Magazine** 8.2 (2008), pp. 53–54. DOI: 10.1109/MCAS.2008.923058.
- [28] Reza Kourdy, Saeed Yazdanpanah e Mohammad Reza Nouri Rad. “Using the NS-2 Network Simulator for Evaluating Multi Protocol Label Switching in Network-on-Chip”. Em: **Proceedings... 2TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER RESEARCH e DEVELOPMENT**. Kuala Lumpur: ICCRD, mai. de 2010, pp. 795–799. DOI: 10.1109/ICCRD.2010.145.
- [29] Xi Li. **Survey of wireless network-on-chip systems**. Rel. técn. Technical report. Auburn University, Alabama, USA: Auburn University, mai. de 2012, p. 60. URL: <http://www.eng.auburn.edu/~agrawvd/THESIS/LI/report.pdf>.
- [30] Ran Manevich et al. “Best of both worlds: A bus enhanced NoC (BENoC)”. Em: **Proceedings... 3TH ACM/IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NETWORKS-ON-CHIP**. San Diego: NOCS, mai. de 2009, pp. 173–182. DOI: 10.1109/NOCS.2009.5071465. URL: <http://dx.doi.org/10.1109/NOCS.2009.5071465>.
- [31] Daniel A. Menasce e Virgílio A. F. Almeida. **Planejamento de capacidade para serviços na web**. MÉTRICAS, MODELOS E MÉTODOS. Rio de Janeiro: Campus, 2002, p. 472. ISBN: 8535211020.

- [32] Ruben Merz. “**Interference management in impulse-radio ultra-wide band networks**”. Doutorado. Suisse: Laboratoire pour les communications informatiques et leurs applications 2, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), 2008, p. 233. URL: <http://infoscience.epfl.ch/record/121463>.
- [33] Ruben Merz, Jean-Yves Le Boudec e Joerg Widmer. “An architecture for wireless simulation in NS-2 applied to impulse-radio ultra-wide band networks”. Em: **Proceedings... SPRING SIMULATION MULTICONFERENCE**. Norfolk: SpringSim, mar. de 2007, pp. 256–263. DOI: 10.1109/ICCRD.2010.145.
- [34] NS-UWB. “**NS-2 ultra wide-band (UWB) MAC and PHY simulator**”. Disponível em <http://uwb.epfl.ch/ns-2/index.html>. Acesso em ago. 2011.
- [35] MPE. “**MPI Parallel Environment**”. Disponível em <http://www.mcs.anl.gov/research/project>. Acesso em fev. 2012.
- [36] NPB. “**NAS Parallel Benchmarks**”. Disponível em <http://www.nas.nasa.gov/publications/npb>. Acesso em jun. 2011.
- [37] Noxim. “**Noxim the NoC simulator**”. Disponível em <http://noxim.sourceforge.net/>. Acesso em jun. 2011.
- [38] NS-2. “**Network Simulator 2**”. Disponível em http://nsnam.isi.edu/nsnam/index.php/Main_Page. Acesso em jun. 2011.
- [39] Poliana Aparecida Corrêa Oliveira et al. “A Greedy Heuristic for Process Mapping on Networks-on-Chip”. Em: **Anais... XII Simposio em Sistemas Computacionais (WSCAD-SSC)**. Vitória: WSCAD-SSC, Out. de 2011, pp. 1–8.
- [40] Poliana Aparecida Corrêa Oliveira et al. “Performance Evaluation of WiNoCs for Parallel Workloads based on Collective Communications”. Em: **Proceedings... IADIS Applied Computing**. Rio de Janeiro: IADIS Applied Computing, nov. de 2011, pp. 307–314.
- [41] Kunle Olukotun et al. “The Case for a Single-chip Multiprocessor”. Em: **Proceedings... 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARCHITECTURAL SUPPORT FOR PROGRAMMING LANGUAGES e OPERATIONG SYSTEMS**. Massachusetts: ASPLOS, out. de 1996, pp. 2–11. DOI: <http://doi.acm.org/10.1145/237090.237140>.
- [42] Kunle Olukotun e Lance Hammond. “The Future of Microprocessors”. Em: **Queue** 3.7 (2005), pp. 26–29. DOI: 10.1145/1095408.1095418.
- [43] OPEN-MPI. “**Open MPI: open source high performance computing**”. Disponível em www.open-mpi.org. Acesso em fev. 2012.

- [44] Claudio E. Palazzi et al. “How Do You Quickly Choreograph Inter-Vehicular Communications? A Fast Vehicle-to-Vehicle MultiHop Broadcast Algorithm, Explained”. Em: **Proceedings... 4TH CONSUMER COMMUNICATIONS e NETWORKING CONFERENCE**. Las Vegas: CCNC, jan. de 2007, pp. 960–964. DOI: 10.1109/CCNC.2007.194.
- [45] Partha Pratim Pande et al. “Hybrid Wireless Network on Chip: a New Paradigm in Multi-core Design”. Em: **Proceedings... 2TH INTERNATIONAL WORKSHOP ON NETWORK ON CHIP ARCHITECTURES**. New York: NoCArc, dez. de 2009, pp. 71–76. DOI: <http://doi.acm.org/10.1145/1645213.1645230>.
- [46] Rogério S. Pozza et al. “A routing algorithm for wireless network-on-chip using network coding”. Em: **Proceedings... IADIS Applied Computing**. Rio de Janeiro: IADIS Applied Computing, nov. de 2011, pp. 547–551.
- [47] Christiane Pousa Ribeiro et al. “Investigating the impact of cpu and memory affinity on multi-core platforms: a case study of numerical scientific multithreaded benchmarks”. Em: **Proceedings... IADIS Applied Computing**. Rio de Janeiro: IADIS Applied Computing, nov. de 2011, pp. 299–306.
- [48] Nobuo Sasaki et al. “A Single-Chip Ultra-Wideband Receiver With Silicon Integrated Antennas for Inter-Chip Wireless Interconnection”. Em: **Journal of Solid-State Circuits** 44.2 (fev. de 2009), pp. 382–393. ISSN: 0018-9200. DOI: 10.1109/JSSC.2008.2010982.
- [49] Yi-Ran Sun, Shashi Kumar e Axel Jantsch. “Simulation and Evaluation for a Network on Chip Architecture Using NS-2”. Em: **Proceedings... 20TH NORCHIP CONFERENCE**. Copenhagen: NORCHIP, nov. de 2002, pp. 167–172.
- [50] STMicroelectronics e CEA. **Platform 2012: A Many-core programmable accelerator for UltraEfficient Embedded Computing in Nanometer Technology**. Rel. técn. Whitepaper. STMicroelectronics e CEA.: STMicroelectronics e CEA, nov. de 2010, p. 26. URL: http://www.cmc.ca/en/WhatWeOffer/Training/Courses/PastTrainings/%5C~/media/%20WhatWeOffer/TechPub/20101105%5C_Whitepaper%5C_Final.pdf.
- [51] Chifeng Wang, Wen-Hsiang Hu e Nader Bagherzadeh. “A Wireless Network-on-Chip Design for Multicore Platforms”. Em: **Proceedings... 19TH INTERNATIONAL EUROMICRO CONFERENCE ON PARALLEL, DISTRIBUTED e NETWORK-BASED PROCESSING**. Ayia Napa: PDP, fev. de 2011, pp. 409–416. DOI: 10.1109/PDP.2011.37.
- [52] Wayne Wolf. “The future of multiprocessor systems-on-chips”. Em: **Proceedings... 41TH ANNUAL DESIGN AUTOMATION CONFERENCE**. San Diego: DAC, jun. de 2004, pp. 681–685.

- [53] Dan Zhao. “Ultrapformance Wireless Interconnect Nanonetworks for Heterogeneous Gigascale Multi-processor SoCs”. Em: **Proceedings... 2TH WORKSHOP ON CHIP MULTIPROCESSOR, MEMORY SYSTEMS e INTERCONNECTS**. Beijing: CMP-MSI, jun. de 2008, pp. 1–3.
- [54] Dan Zhao et al. “Design of multi-channel wireless NoC to improve on-chip communication capacity”. Em: **Proceedings... 5TH ACM/IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NETWORKS-ON-CHIP**. Pittsburgh: NOCS, mai. de 2011, pp. 177–184. DOI: 10.1145/1999946.1999975. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1999946.1999975>.