PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI PRÓ-REITORIA DE PESQUISA

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

Plano de Ensino

DISCIPLINA: TE: Computação Aritmética	**CÓDIGO**: MEL02

Validade: A partir do 2º semestre de 2017.
Carga Horária: 45 horas-aula
Créditos: 03
Área de Concentração/Módulo: Modelagem e Controle de Sistemas / Formação Específica

Professor: Erivelton Geraldo Nepomuceno
Página: www.ufsj.edu.br/nepomuceno
Horário de atendimento: Sextas, 13h30 às 16h30, Sala 4.23 EL.

Ementa:

Números reais e complexos; Topologia; Sequências e Séries; Continuidade e Diferenciabilidade; Sequência e Série de Funções; Representação de Números; Operações Aritméticas no Computador; Projeto de uma Unidade Lógica Aritmética; Dispositivos Lógicos Programáveis (FPGA), Norma IEEE 754-2008 - Aritmética de Ponto Flutuante; Norma IEEE-1788-2015 - Aritmética Intervalar.

INTERDISCIPLINARIDADES
Inter-relações desejáveis
É desejável que os conhecimentos adquiridos na disciplina TE: Análise Matemática tenham interação com as seguintes disciplinas:

- **Disciplinas** □ Sistemas Dinâmicos Não-lineares; Métodos Numéricos; Técnicas de Otimização; Teoria e Projeto de Sistemas Lineares;

- **Linhas de Pesquisa** □ Análise e Modelagem de Sistemas; Sistemas de Controle (área de concentração: Modelagem e Controle de Sistemas).

Objetivos - *Possibilitar ao estudante os seguintes conhecimentos*:
Entender como um computador resolve problemas numéricos, reconhecendo seus limites na perspectiva da computação aritmética.

Marque com um X no quadro:

	X	Aula expositiva em quadro	X	Seminário
		Aula com uso de transparência	X	Pesquisa
	X	Aula com uso de multimídia		Trabalho individual
		Aula prática	X	Trabalho em grupo
		Discussão de texto		Visita técnica
		Filme		Outros: ___________________

Unidades de ensino		Carga-horária Horas-aula
1	1. Números reais e complexos 1.1. Introdução 1.2. Conjuntos ordenados 1.3. Corpo 1.4. O corpo real 1.5. Números reais estendidos 1.6. O corpo complexo 1.7. Espaço Euclideano	6
2	2. Topologia Básica 2.1. Conjuntos finitos, contáveis e incontáveis 2.2. Espaços métricos 2.3. Conjuntos compactos 2.4. Conjuntos perfeitos 2.5. Conjuntos conectados	3
3	3. Sequências e Séries 3.1. Sequêncas convergentes 3.2. Subsequências 3.3. Sequência de Cauchy 3.4. Limite inferior e superior 3.5. Sequências especiais 3.6. Séries 3.7. Testes da razão e raiz	3
4	4. Continuidade e Diferenciabilidade 4.1. Limites de função 4.2. Funções contínuas 4.3. Continuidade e Conjuntos compactos 4.4. Continuidade e Conjuntos conectados 4.5. Descontinuidades 4.6. Funções Monotônicas 4.7. Limites infinitos e limites no infinito 4.8. A derivativa da função real 4.9. O teorema do valor médio 4.10. A continuidade de derivativas 4.11. A regra de L'Hospital 4.12. Teorema de Taylor	3
	5. Sequências e séries de funções 5.1. Discussão do problema principal 5.2. Convergência uniforme 5.3. O teorema de Stone-Weierstrass 5.4. Convergência de funções recursivas	3
	6. Representação de Números 6.1. Números e aritmética 6.2. Representação de números com sinal 6.3. Sistema redundante de números 6.4. Sistema residual	3
	7. Operações Aritméticas no Computador 7.1. Adição 7.2. Subtração 7.3. Multiplicação 7.4. Divisão 7.5. Projeto de uma Unidade Lógica Aritmética	6

	8. Dispositivos Lógicos Programáveis (FPGA) 8.1. Introdução ao FPGA 8.2. Linguagem de Descrição de Hardware (VHDL) 8.3. Implementação do VHDL em Hardware	6
	9. Norma IEEE 754-2008 - Aritmética de Ponto Flutuante 9.1. Os números reais 9.2. Representação Computacional de Números 9.3. Representação IEEE 9.4. Arredondamento 9.5. Operações na norma IEEE 9.6. Exceções 9.7. Microprocessadores Intel 9.8. Linguagens de Programação 9.9. Ponto Flutuante em C 9.10. Cancelamento 9.11. Condicionamento de Problemas 9.12. Estabilidade de Algoritmos	6
	10. Norma IEEE-1788-2015 - Aritmética Intervalar. 10.1. Introdução 10.2. O sistema de numeração intervalar 10.3. Aplicações iniciais 10.4. Propriedades Básicas 10.5. Funções intervalares 10.6. Sequências intervalares 10.7. O limite inferior do erro 10.8. Tempo crítico de simulação via Expoente de Lyapunov	3
	Seminário	3
	Total	45

Métodos de Avaliação

1. **Itens de avaliação:**
   1. T_1: Exercícios para entregar e em sala de aula.
   2. T_2: Elaboração da proposta do seminário.
   3. T_3: Fundamentação teórica e Metodologia do seminário.
   4. T_4: Resultados parciais para o seminário.
   5. T_5: Artigo científico de 6 a 8 páginas do seminário.
   6. T_6: Apresentação.
   7. P_S: Prova substitutiva (conteúdo de toda a disciplina).
2. **Observações:**
   1. Cada item será avaliado em uma nota de 0 a 100.
   2. A nota T_1 é a média das notas de cada exercício.
   3. As orientações para o seminário que compõe as notas N_2 a N_6 encontram-se na página do professor.
3. **Cálculo das Notas:**
   1. A N_1 (escala de 0 a 10) é dada por:
   $$N_1 = \frac{2T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + 4T_5 + T_6}{100}$$
   2. O aluno poderá realizar a prova substitutiva (P_S), sendo que:
   $$N_2 = \frac{1}{2}\left(N_1 + \frac{P_S}{100}\right)$$
   - Para atender o § 3º do Art. 19 (Resolução Conep 12/2018), a nota final do aluno será a maior nota entre N_1 e N_2 dada por:
   $$N_F = máximo(N_1, N_2)$$

- **O aluno será aprovado somente se $N_F \geq 6,0$.**

Bibliografia Básica
• Rudin, W. (1976), *Principles of mathematical analysis*, McGraw-Hill New York. • Parhami, B. (2012). *Computer arithmetic algorithms and hardware architectures*. *Oxford University Press, New York*. • Tocci, R. J., Widmer, N. S., & Moss, G. L. (2011). *Sistemas Digitais. Princípios e Aplicações* (11th ed.). São Paulo: Pearson Prentice Hall. • Overton, M. L. (2001), *Numerical Computing with IEEE floating point arithmetic*, SIAM. • Moore, R. E., Kearfott, R. B., & Cloud, M. J. (2009). *Introduction to Interval Analysis*. *SIAM*.
Bibliografia Complementar
Antelo, E., Hough, D., & Ienne, P. (2012). Guest Editors' Introduction: Special Section on Computer Arithmetic. *IEEE Transactions on Computers*, *61*(8), 1057–1058. https://doi.org/10.1109/TC.2012.153 Boldo, S. (2013). How to Compute the Area of a Triangle: A Formal Revisit. In *2013 IEEE 21st Symposium on Computer Arithmetic* (pp. 91–98). IEEE. https://doi.org/10.1109/ARITH.2013.29 Bruguera, J. D. (2014). Optimizing the representation of intervals. *Science of Computer Programming*, *90*(PART A), 21–33. https://doi.org/10.1016/j.scico.2013.06.002 Corless, R. M. (1994). What good are numerical simulations of chaotic dynamical systems? *Computers & Mathematics with Applications*, *28*(10), 107–121. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0898-1221(94)00188-X Ferrar, W. L. (1938). *A Text-Book of Convergence*. Oxford : Clarendon Press. Galias, Z. (2013). The Dangers of Rounding Errors for Simulations and Analysis of Nonlinear Circuits and Systems?and How to Avoid Them. *IEEE Circuits and Systems Magazine*, *13*(3), 35–52. https://doi.org/10.1109/MCAS.2013.2271444 Goldberg, D. (1991). What every computer scientist should know about floating-point arithmetic. *ACM Computing Surveys*, *23*(1), 5–48. https://doi.org/10.1145/103162.103163 Hasan, A., Kerrigan, E. C., & Constantinides, G. A. (2013). Control-Theoretic Forward Error Analysis of Iterative Numerical Algorithms. *IEEE Transactions on Automatic Control*, *58*(6), 1524–1529. https://doi.org/10.1109/TAC.2012.2225513 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (2008). IEEE Standard for Floating-Point Arithmetic. *IEEE Std 754-2008*, 1–70. https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2008.4610935

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (2015). IEEE Standard for Interval Arithmetic. *IEEE Std 1788-2015*, 1–97. https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2015.7140721

Lozi, R. (2013). Can we trust in numerical computations of chaotic solutions of dynamical systems ? In C. Letellier & R. Gilmore (Eds.), *Topology and Dynamics of Chaos: In Celebration of Robert Gilmore's 70th Birthday* (pp. 63–98). London: World Scientific. https://doi.org/10.1142/9789814434867_0004

Mendes, E. M. A. M., & Nepomuceno, E. G. (2016). A Very Simple Method to Calculate the (Positive) Largest Lyapunov Exponent Using Interval Extensions. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, *26*(13), 1650226. https://doi.org/10.1142/S0218127416502266

Moore, R. E., Kearfott, R. B., & Cloud, M. J. (2009). *Introduction to Interval Analysis*. Philadelphia: SIAM.

Nepomuceno, E. G. (2014). Convergence of recursive functions on computers. *The Journal of Engineering*, *2014*(10), 560–562. https://doi.org/10.1049/joe.2014.0228

Nepomuceno, E. G., & Martins, S. A. M. (2016). A lower bound error for free-run simulation of the polynomial NARMAX. *Systems Science & Control Engineering*, *4*(1), 50–58. https://doi.org/10.1080/21642583.2016.1163296

Nepomuceno, E. G., & Mendes, E. M. A. M. (2017). On the analysis of pseudo-orbits of continuous chaotic nonlinear systems simulated using discretization schemes in a digital computer. *Chaos, Solitons & Fractals*, *95*, 21–32. https://doi.org/10.1016/j.chaos.2016.12.002

Nepomuceno, E. G., Martins, S. A. M., Lacerda, M. J., & Mendes, E. M. A. M. (2018). On the Use of Interval Extensions to Estimate the Largest Lyapunov Exponent from Chaotic Data. *Mathematical Problems in Engineering*, *2018*, 1–8. https://doi.org/10.1155/2018/6909151

Nepomuceno, E. G., Peixoto, M. L. C., Martins, S. A. M., Rodrigues, H. M., & Perc, M. (2018). Inconsistencies in Numerical Simulations of Dynamical Systems Using Interval Arithmetic. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, *28*(04), 1850055. https://doi.org/10.1142/S0218127418500554

Nepomuceno, E. G., Rodrigues Junior, H. M., Martins, S. A. M., Perc, M., & Slavinec, M. (2018). Interval computing periodic orbits of maps using a piecewise approach. *Applied Mathematics and Computation*, *336*, 67–75. https://doi.org/10.1016/j.amc.2018.04.063

Overton, M. L. (2001). *Numerical Computing with IEEE Floating Point Arithmetic*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics. https://doi.org/10.1137/1.9780898718072

Parhami, B. (2012). *Computer arithmetic algorithms and hardware architectures*. Oxford University Press, New York. Retrieved from https://www.ece.ucsb.edu/~parhami/text_comp_arit.htm

Rodrigues Junior, H. M., Peixoto, M. L. C., Nepomuceno, E. G., & Martins, S. A. M. (2018). Using Different Interval Extensions to Increase the Accuracy of the Exact Solution on Recursive Functions. *Discontinuity, Nonlinearity, and Complexity*, *7*(2), 165–172. https://doi.org/10.5890/DNC.2018.06.005

Rothwell, E. J., & Cloud, M. J. (2012). Automatic error analysis using intervals. *Education, IEEE Transactions On*, *55*(1), 9–15. https://doi.org/10.1109/TE.2011.2109722

Rudin, W. (1976). *Principles of Mathematical Analysis*. New York: McGraw-Hill.

Rump, S. M. (1999). INTLAB - INTerval LABoratory. In T. Csendes (Ed.), *Developments in Reliable Computing* (pp. 77–104). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Silva, M. R., Nepomuceno, E. G., Amaral, G. F. V, & Martins, S. A. M. (2018). Exploiting the rounding mode of floating-point in the simulation of Chua's circuit. *Discontinuity, Nonlinearity, and Complexity*, *7*(2), 185–193. https://doi.org/10.5890/DNC.2018.06.007

Silva, M. R., Nepomuceno, E. G., Amaral, G. F. V., & Silva, V. V. R. (2016). Simulation of Chua's Circuit by Means of Interval Analysis. In *6th International Conference on Nonlinear Science and Complexity - São José dos Campos* (pp. 1–4). São José dos Campos- Brazil. https://doi.org/10.20906/CPS/NSC2016-0016

Elaborador por Prof. Erivelton Geraldo Nepomuceno em 26/06/2018.

Aprovado na reunião do colegiado em ____/____/____.

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica