

CAOS E FRACTAL: UMA INTRODUÇÃO PEDAGÓGICA PELA CULTURA PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA.

Henrique Cunha Junior¹, Eliane Onawale Costa², Marta Holanda Lobo³, Marizilda Menezes.

Resumo — *O ensino aprendido de sistemas dinâmicos é um desafio que exige abstração e criatividade. A formação cognitiva dos estudantes de engenharia elétrica é muito motivada para sistemas lineares de baixa ordem, representações em geometria euclidiana, sendo um problema as dinâmicas complexas não lineares. As pedagogias de ensino são variadas, utilizando a multiplicidade de inteligências e de motivações. O texto faz um resumo dos métodos pedagógicos e utiliza a cultura para motivação e exemplificação de sistemas dinâmicos não lineares. Depois dos exemplos vindos da cultura, a ligação, entre a informação empírica e a da engenharia, é feita pela formulação matemática das equações. O trabalho proposto abre perspectiva diferente no ensino aprendido em engenharia elétrica pelo elo com a cultura.*

Índice de Termos — *Caos, Fractais, Cultura. Não Lineares..*

1-INTRODUÇÃO.

As ciências na sua construção utilizaram as idéias: de generalização, representação simples, lógica binária, reversibilidade entre causa e efeito, invariância temporal das relações causa e efeito. As possibilidades de generalizações produziram uma idéia de universalização das ciências. A lógica binária redundou em soluções exatas, na dicotomia entre solução certa e errada, De uma maneira geral as ciências na sua construção sem outras alternativas ou indefinições. A reversibilidade deu uma independência quanto as condições iniciais e de contorno. A invariância no tempo forneceu a possibilidade de repetibilidade dos resultados e dos experimentos. A tônica das ciências era a da certeza da previsibilidade dos resultados [Ruelle,1993] [Pasternak,1993]. Este conjunto de afirmações e paradigmas foi cultuados com desejáveis e constituíram em torno de passos particulares de soluções a idéia de serem gerais. A síntese perfeita deste estado das ciências esta representado pela teoria de sistemas lineares e pelas representações pela geometria euclidiana. Toda a formação dos engenheiros, desde a escola fundamental, passando pelo ensino médio e concluindo pelo ensino universitário é fortemente calcado nesta forma de pensar e de representar as relações físicas.

Recentemente tivemos necessidades de representar a natureza de forma complexa [Gleick,1987], com uma orientação do eixo do tempo, através do uso de lógicas difusas, constituindo assim uma nova ciência, com impacto nas aplicações de engenharia. O mundo não é todo previsível pelas ciências, portanto com novidade para a o processo da abordagem das engenharias. O principal problema que se coloca para o processo de ensino e aprendizado de engenharia é que os treinos anteriores são externos a esta forma de pensar e ver o mundo. Assim a introdução das dinâmicas não lineares, do caos e dos fractais tem alguma coisa de estranho a formação usual do engenheiro.

Além do mais, nos cursos de engenharia elétrica se tem observado algumas dificuldades na assimilação dos resultados de sistemas dinâmicos lineares, o que deve aumentar para os não lineares. Temos um problema de natureza cognitiva para o ensino das teorias de caos e dos fractais.

As formas pedagógicas de apresentação das disciplinas em engenharia tem orientado para discussões em torno do construtivismo. Dentro do ensino aprendido da matemática algumas novidades tem sido promovidas pelas visões da etnomatemática, que produz uma visão da matemática liga as culturas das populações.

Apresentamos neste artigo um modo original de introdução dos conceitos da teoria do caos e dos sistemas dinâmicos partindo da referencias culturais inesperadas pelo etnomatemática, seno depois orientada a uma revisão das formulações matemáticas. A exemplificação a partir da cultura motiva o aluno e facilita a compreensão dos conceitos.

Neste artigo, na parte primeira, apresentamos as noções balizadoras dos sistemas lineares e depois doa não lineares como preâmbulo a formulação do problema de ensino aprendido entre duas tradições teóricas diferentes. Na segunda parte, discutimos os problemas de ensino e

¹ Henrique Cunha Junior, GEPEC – Departamento de Engenharia Elétrica Centro de Tecnologia / Programa de Pós-graduação em Educação.- Universidade Federal do Ceara – Fortaleza – CE - Brasil, hcunha@ufc.br.

² Eliane Onawale Costa., Pós-graduação Educação e Racismo. CEAO/CEAFRO. Universidade Federal da Bahia – Ba – Brasil, liuonawale@hotmail.com.

³ Marta Holanda Lobo,UERJ – Caxias – RJ. marta.holanda@uol.com.br. Marizilda Menezes, FAAC- Depto de Artes e Representações Gráficas – Universidade Estadual Paulista – UNESP- Bauru – SP – Brasil , marizil@faas.unesp.br.

aprendizado do ponto de vista da pedagogia, concluindo pela justificativa do método aplicado. Na terceira parte, apresentamos as possibilidades de introdução dos temas e conceitos pela via da cultura. Na quarta parte, apresentamos a formalização dos conceitos pela via da matemática. Na quinta e última parte, concluímos sobre o realizado. Segue o artigo uma ampla bibliografia e as suas sínteses aparecem ao longo do texto, possibilitando um panorama geral do tema, do Caos e dos Fractais, e do seu estado nas áreas de engenharia elétrica.

2- CAOS E FRACTAIS.

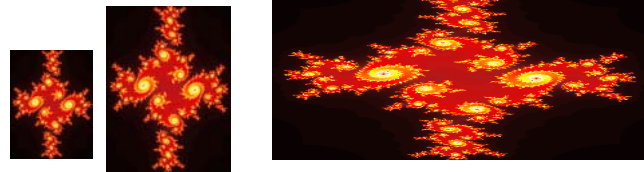
Caos é caso de oscilações em sistemas dinâmicos não lineares de ordem igual ou maior à terceira ordem. Temos na base do estudo de caos a teoria de atratores estranhos e a dependência hipersensível as condições iniciais. Duas características são importantes na teoria do caos, a hipersensibilidade as condições iniciais, cada condição inicial leva a uma diferente oscilação quase periódica, e outra a imprevisibilidade da evolução futura das oscilações, daí ter usado o termo quase periódico, devido à variação dessas oscilações. No caso caótico as trajetórias não se fecham sobre si mesmas. Nem todas as evoluções temporais com numerosas órbitas periódicas apresentam a dependência das condições iniciais e se modificam constantemente. Ou seja, nem todos os casos de evoluções turbulentas são caóticos. Entretanto, muito do que é visto como ruído determinístico, relativo a oscilações irregulares de aparência aleatória em sistemas elétricos e eletrônicos são casos de caos determinístico. Na teoria de caos os fenômenos de ordem determinístico criam desordem ao acaso, formas irregulares não previsíveis quanto a sua evolução futura [Acheson,1997] [Hilborn,1994][Eckmann,1981].

Fractal, vem do latim *fractus*, cujo verbo *frangere* significa quebrar, fragmentar, partir (Barbosa, 2002). Termo criado pelo matemático francês Benoit Mandelbrot, em 1975. São formas geométricas, que se repetem iterativamente, em escala decrescente de crescimento.

Existem dois tipos de fractais: os geométricos, repetem padrões continuamente e os não-lineares, ou aleatórios onde na escala são simétricos mas a transformação não é previsível, são em geral construídos em computadores.

A construção dos fractais é baseada em interações. Sua geometria é caracterizada principalmente por: auto-similaridade (ou auto-afinidade), Dimensionalidade Fracionária e a Complexidade Infinita. Na auto-similaridade há simetria escalar e a redução ocorre igualmente em todas as dimensões do fractal. Na auto-afinidade também há simetria escalar, mas o fator de redução pode ser diferente em algumas dimensões do fractal. A dimensionalidade fracionária refere-se ao fato que as dimensões dos fractais pode ser uma fração e representa sua ocupação no espaço, ligada a seu grau de irregularidade

e comportamento. Com ela torna-se possível a medição de partes de objetos cuja anormalidade ou tortuosidade impedem quantificação dentro dos padrões convencionais. A complexidade infinita está relacionada às transformações decorrentes do processo de interações sucessivas e ilimitadas que podem ocorrer na geração de um fractal. [Costa/Cunha,2003] [Menezes/Cunha,2003].



Auto-similaridade

Auto - afinidade

3- ENSINO E APRENDIZAGEM EM ENGENHARIA.

A história da pedagogia nos mostra que de início as concepções de aprendizagem eram associadas aos estudos da biologia animal, o conhecimento provinha de análises filogenética (origem da vida) e ontogenética (desenvolvimento da espécie), atribuindo a seleção natural do comportamento humano. A aprendizagem significava o processo pelo qual o comportamento é adicionado ao repertório de um organismo; passa a ser uma mudança relativamente permanente no comportamento humano. Dos confrontos entre as teorias comportamentalistas e cognitivista [Catania,1999] aparecem a ampliação do entendimento do processo de aprendizado como sendo relacionada às experiências passadas, a inserção do ser no mundo. O pensamento cognitivo não se conforma apenas com o observável, vai a estrutura mental não observável no comportamento externado, ligando comportamento, linguagem e cognição. É um campo de muita controvérsia nos experimentos, nos deteremos aqui apenas nos estudos conceituais sobre aprendizagem cognitiva que fundamenta o construtivismo.

Alguns métodos de ensino surgem do da teoria behaviorista, que nos tempos modernos é substituída pelos modelos de aprendizagem cognitivista, fundamentada nos princípios da epistemologia (teoria do conhecimento), a filosofia construtivista, que se opõe às teorias tradicionais do positivismo. O “aprender fazendo” se aproxima da teoria desenvolvida na antiga Rússia, buscando seus fundamentos no materialismo dialético para a pesquisa em educação. A tentativa de explicação para as influências da atividade humana sobre o pensamento e vice-versa demarca uma nova etapa para os estudos sobre aprendizagem humana, o que requer uma elaboração metodológica dos processos de formação. Mudanças referentes aos estudos da cognição vêm ocorrendo nos EUA onde desenvolveram um modelo geral baseado na teoria do trabalho e na complexidade de ações,

cujos princípios básicos são encontrados na psicologia cognitiva.

A aprendizagem é um processo complexo e de difícil explicação, principalmente quanto à construção de modelos cognitivos. Construir modelos significa analisar um fenômeno na totalidade, apesar de limitar às generalizações ainda incipientes para esse tipo de análise. Temo que não existem métodos de aprendizagem certos ou errados, mas sim métodos adequados ou não. Os processos internos da mente humana precisam ser analisados conforme o contexto social e cultural no qual o indivíduo está inserido e a partir do qual constrói-se um modelo de aprendizagem [Vygotzky, 1990]. O enfoque construtivista de aprendizagem de Vygotzky classifica como instrumentos culturais especiais: a escrita e a aritmética como passíveis de aperfeiçoamento ao longo da história social do homem. As relações entre pensamento e linguagem nos estudos cognitivos constituem as propostas inovadoras dentro do materialismo dialético que tenta resolver os conflitos conceituais da visão mecanicista de aprendizagem.[Vygotzky, 1988], assim o exame da cultura se aplica as tentativas de interferência nos processos de ensino e aprendizagem em engenharia.

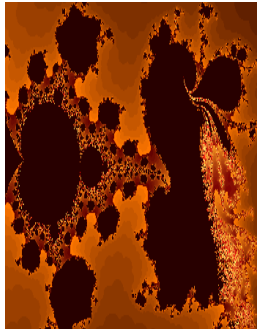


Como na isometria ao efetuar um movimento o tamanho do objeto não altera, essa simetria pode mostrar as propriedades matemáticas a serem observadas diretamente através da rotação (movimento das

linhas horizontais e verticais) , e da translação (movimento sobre os eixos x e y) ou inversamente através da reflexão (espelhamento da figura em torno dos eixos x ou $y - 180^\circ$ em torno da origem). Uma forma que temos de analisar objetos é identificar o elemento gerador e depois observar as propriedades de isometria utilizadas. [Costa/Cunha,2003]

4-EXEMPLOS VINDO DA CULTURA.

As turbulências metereológicas existentes nas regiões africanas da Nigéria foram observadas durante longos períodos históricos pelas populações e foram incorporadas a Cosmovisão Africana pelo o mito e representações da Deusa Oya. Tomando as cartas metereológicas da região podemos ver uma ampla separatriz em duas enormes correntes atmosféricas. Esta mesma representação é encontrada nas diversas representações da Deusa Oya [Gleason,1999]. Nesta mesma cultura os fenômenos periódicos são vistos como repetitivos, mas não coincidentes. O livro de Judith Gleason nos mostra muito esta coincidência de representações. Esta é uma forma de introdução possível da teoria do caos a partir da observação da cultura e dos fenômenos de turbulência [Eckmann,1981].



Em se tratando de sistemas dinâmicos não lineares ,o caos é um sistema de leis perfeitamente ordenados, explicando comportamento de sistemas nos quais as condições iniciais tem fortes incidências sobre os resultados

[Barbosa,2002]

5- CONCLUSÕES.

As teorias de Caos e Fractais são a composição de uma nova forma de pensar a ciência. Nos últimos 30 anos, foram motivo de logo debate epistemológico nas ciências da física e da química, relacionados com sistemas dinâmicos não lineares e a previsibilidade da ciência. Hoje fazem parte de teorias recentes consolidadas que penetram nas áreas de engenharia. Tem as características de mudanças de paradigmas, portanto, fogem dos treinos de formação habituais das diversas modalidades de engenharia, em particular da engenharia elétrica. Independente das inovações conceituais o ensino aprendido da engenharia elétrica utiliza pouco a observação experimental e menos ainda a observação da cultura e da historia. Outro problema da pratica correntes nos processos de ensino e aprendizagem de engenharia elétrica é a pouca atualização com as teorias pedagógicas. Neste artigo, realizamos um entrelaçamento destas diferenças, a observação da cultura, a pedagogia e a introdução de novos conceitos. A proposição apresentada significa uma forma original da introdução de sistemas dinâmicos não lineares e sistemas complexos para um publico treinado e habituado a introdução de assuntos pela vias de modelos lineares, de baixa ordem e desconectados de observações da cultura cotidiana.

6-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] Acheson, D. From Calculus to Chaos. New York: Oxford University Press. 1997.
- [2] Catania, A. Charles. *Aprendizagem. Comportamento, linguagem e cognição*. Porto Alegre: ArtMed Sul, 1999.
- [3] Costa, E./ Cunha Jr., H. Geometria Fractal e Etnomatemática: Um exercício das Africanidades na sala de aula. Anais do III Encontro com a África. Universidade estadual Santa Cruz. Ilhéus – BA – 23 a 25 de Novembro de 2003.
- [4] Eckmann, J. Roads to Turbulence in dissipative dynamical systems. *Rev. Mod. Phys.*, Number 53, pp 643-654, 1981.
- [5] Gardner, M. A Quarter Century of Recreation Mathematics. *Scientific American*. Vol, No 279, number 2, August 1998, pp. 48-55.
- [6] Gleick, J. Chaos: Making a New Science. Penguin Books. 1987.
- [7] Gleason, J. Oya: Em louvor a uma Deusa Africana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- [8] Hilborn, R. Chaos and Nonlinear Dynamics. New York: Oxford University Press. 1994.
- [9] Menezes, M. / Cunha Jr., H. Geometria Fractal: O Encontro Entre o Tradicional e o novo na Cultura Africana e Afrodescendente, *16 Simpoio Nacional de Geométrica Descritiva e Desenho Técnico.*, CD-ROM. 2003.
- [10] Pasternak, G. Do Caos a Inteligência Artificial. São Paulo: Editora da UNESP, 1993.
- [11] Ruelle, D. Acaso e Caos. São Paulo: Editora da UNESP. 1993.
- [12] Vigotskii, Lev Semenovich. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo: Ícone: Editora da Universidade de São Paulo, 1988.
- [13] Vigotskii, Lev Semenovich. 1990.
- [14] .