

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE GESTÃO E NEGÓCIOS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO**

ROMÉRIO RIBEIRO DA SILVA

**A TEORIA DO CAOS COM UMA CONTRIBUIÇÃO À COMPREENSÃO DO COM-
PORTAMENTO DA CAPTAÇÃO DE ALUNOS EM UMA INSTITUIÇÃO DE EN-
SINO SUPERIOR DO NOROESTE DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Administração da Faculdade de Gestão e Negócios da Universidade Metodista de Piracicaba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Administração.

Linha de Pesquisa: Estudos Organizacionais e Finanças

Orientadora: Prof.^a Dra. Maria José C. Machado

**PIRACICABA
2018**

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE E GESTÃO DE NEGÓCIOS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO**

ROMÉRIO RIBEIRO DA SILVA

**A TEORIA DO CAOS COM UMA CONTRIBUIÇÃO À COMPREENSÃO DO COM-
PORTAMENTO DA CAPTAÇÃO DE ALUNOS EM UMA INSTITUIÇÃO DE EN-
SINO SUPERIOR DO NOROESTE DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Administração da Faculdade de Gestão e Negócios da Universidade Metodista de Piracicaba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Administração.

Linha de Pesquisa: Estudos Organizacionais e Finanças

Orientadora: Prof.^a Dra. Maria José C. Machado

**PIRACICABA
2018**

Romério Ribeiro da Silva

A Teoria Do Caos Como Uma Contribuição À Compreensão Do Comportamento Da Captação De Alunos Em Uma Instituição de Ensino Superior do Noroeste de Minas Gerais – Romério Ribeiro da Silva – 2017.

74f.

Orientadora: Prof.^a Dra. Maria José C. Machado.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Faculdade de Gestão e Negócios – Universidade Metodista de Piracicaba.

1. Teoria do Caos; 2. Finanças; 3. Gestão; I. Instituições de Ensino Superior; Machado, Maria José C.; II. Dissertação (mestrado) – Universidade Metodista de Piracicaba; III. A Teoria Do Caos Com Uma Contribuição À Compreensão Do Comportamento Da Captação De Alunos Em Uma Instituição de Ensino Superior do Noroeste de Minas Gerais.

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE E GESTÃO DE NEGÓCIOS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO

ROMÉRIO RIBEIRO DA SILVA

A TEORIA DO CAOS COM UMA CONTRIBUIÇÃO À COMPREENSÃO DO COM-
PORTAMENTO DA CAPTAÇÃO DE ALUNOS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO
SUPERIOR DO NOROESTE DE MINAS GERAIS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Administração da Faculdade de Gestão e Negócios da Universidade Metodista de Piracicaba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Administração.

Campo de Conhecimento: Estudos Organizacionais e Finanças

Data de Aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Maria José C. Machado (orientadora)
Universidade Metodista de Piracicaba

Prof. Dr. Carlos Eduardo Francischetti
Fac. Integradas Einstein de Limeira

Prof.^a Dra. Maria Imaculada Montebelo
Universidade Metodista de Piracicaba

Prof. Msc. Delander da Silva Neiva
Faculdade Atenas

Este trabalho é dedicado ao meu pai, Sebastião, (in memoriam) que foi quem primeiro me mostrou o valor e a beleza da Matemática e da Física, dos valores morais e a diferença entre caráter e reputação. E à minha mãe, Dora, que acrescentou aí os valores sóbrios da religião. Dedico-o à minha esposa Adriana, que me trouxe o verdadeiro significado da entrega e da devoção. Aos meus filhos, Matheus, Verônica e Ane que, cada um, a seu modo, me ensina o real significado do Caos em Matrix. Aos amigos Fremy, Antônio, João Ismael e Tetinha, pelas horas de inolvidáveis verdades. Ao Dr. Adílio (in memoriam), que me ensinou que não se deve queimar a vela da vida pelos dois lados. Ao meu sogro, Uilton, por me trazer a exatidão da Física e a presença constante nos momentos difíceis. À minha sogra, Ana, pelas horas de inquietude. Ao meu primo e irmão, Romário, pelas valiosas horas de rock'n'roll.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, o Grande Arquiteto do Universo, pela beleza dos padrões e por ter nos dado a capacidade de compreendê-los.

Aos meus alunos, todos, que me ensinaram a beleza de ensinar e aprender.

Aos Profs. Drs. Ivan, Paulo Brito e Marco Cezar por me darem a oportunidade de viver a Física em plenitude na UnB.

À minha orientadora, Prof.^a Dra. Maria José C. Machado por ter aceitado a insanidade criadora da orientação acadêmica.

Ao Prof. Dr. Delander pela confiança e pela determinação em fazer os seus evoluírem.

Ao Prof. Dr. Alcides Meneguzzi (in memoriam), por ter compartilhado comigo o saber sábio da Física Experimental.

Ao Venerável Mestre Yokaanam pelos conhecimentos esotéricos, espirituais e sobre a fisiologia da alma humana.

Ao mestre Fernando Pessoa por ter nos dado seu Poema em Linha Reta.

À Legião Urbana pelas letras em primeira pessoa.

“O dom da fantasia significou mais para mim do que qualquer talento para o pensamento positivo abstrato.”

Albert Einstein

RESUMO

Este estudo buscou aplicar os conceitos de atratores e expoentes de Lyapunov a uma série temporal de aprovados no processo de seleção e número de matriculados nos cursos superiores da Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais em um período de 05 anos. Isto se sustenta pela busca de convergência ou divergência com o número esperado de matriculados definido como ótimo pelos gestores da instituição e se a aproximação ou afastamento da curva ideal de previsão de demanda para o número de matriculados apresenta componentes flutuantes e complexos ao longo do tempo, característica de sistemas dinâmicos regidos pelas leis da Teoria do Caos. Neste interim, busca-se elencar a análise multicriterial na tomada de decisões na gestão do processo de captação de alunos. Os principais resultados encontrados mostraram que o curso de Administração de Empresas tem expoente de Lyapunov positivo, Direito, Educação Física, Nutrição e Sistemas de Informação, mostraram expoente negativo. Desta forma é crível admitir a existência de alguma variável que não aquelas listadas na literatura e elencadas neste trabalho para o curso de Administração de Empresas e interferindo no processo de captação e fidelização de alunos.

PALAVRAS-CHAVE: modelo de previsão, teoria do caos, captação de alunos, análise multicriterial.

ABSTRACT

This is a study sought to develop the concepts of Lyapunov exponents and a temporary series of cases without selection selection and number of enrolled in the higher disciplines of higher education in northwestern Minas. This is sustained by the search for convergence or di-vergence with the expected number of matricodoxos as improved to obtain the highest number of enrolled and better scheduling options. over time, characteristic of dynamic systems governed by the laws of Chaos Theory. In the meantime, the aim is to present a multicriteria analysis in decision-making in the management of the student recruitment process. The results were found by a Business Administration course with positive experience, Law, Physical Education, Nutrition and Information Systems, with negative exponent. In this way it is credible to admit the existence of some variable that is not listed in the literature and elencadada in this work for the course of Business Administration and interfering in the process of capturing and loyalty of students.

KEYWORDS: prediction model, chaos theory, student recruitment, multicriteria analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráficos gerados pelo software Modellus, a partir das equações de Lorenz.	27
Figura 2 - IES SP - Análise do Grau de importância para a escolha da faculdade. Fonte: Souza, 2011.	33
Figura 3 - IES DF - Análise do Grau de importância para a escolha da faculdade. Fonte: Souza, 2011.	34
Figura 4 - IES SP – O que representa o valor para o concluinte do ensino médio. Fonte: Souza, 2011.	35
Figura 5 - IES DF - O que representa valor para o concluinte do ensino médio. Fonte: Souza, 2011.	35
Figura 6 - O que você espera de uma faculdade? Fonte: Souza, 2011.	36
Figura 7 - Mapa de comportamento logístico. Fonte: Lino (2015).	37
Figura 8 - Evolução temporal do número de alunos. Fonte: Lino (2015).	38
Figura 9 - Comportamento Inscritos x Matriculados.	41
Figura 10 - Comportamento Inscritos x Matriculados	43
Figura 11 - Diagrama de Cobweb – Bacharel em Administração.	44
Figura 12 - Diagrama de Cobweb - Bacharel em Administração.	44
Figura 13 - Mapa logístico - Administração.	45
Figura 14 - Atratores - Curso de Administração.	46
Figura 15 - Comportamento do Número de Inscritos no Processo de Seleção.	47
Figura 16 - Comportamento do Número de Matriculados.	47
Figura 17 - Comportamento Inscritos x Matriculados	50
Figura 188 - Diagrama de Cobweb – Direito.	50
Figura 199 - Mapa Logístico - Bacharel em Direito.	51
Figura 20 - Comportamento do numero de Inscritos no Processo de Seleção.	52
Figura 21 - Comportamento do Número de Matriculados.	52
Figura 22 - Comportamento Inscritos x Matriculados.	53
Figura 23 - Diagrama de Cobweb.	54
Figura 24 - Mapa Logístico – Bacharel em Educação Física.	54
Figura 25 - Comportamento do Número de Inscritos no Processo de Seleção	55
Figura 26 - Comportamento do Número de Matriculados.	56
Figura 27 - Comportamento Inscritos x Matriculados.	57
Figura 28 - Diagrama de Cobweb.	58
Figura 29 - Mapa Logístico - Bacharel em Nutrição.	58
Figura 30 - Comportamento do Número de Inscritos.	59
Figura 31 - Comportamento do Número de Matriculados.	60
Figura 32 - Comportamento Inscritos x Matriculados.	61
Figura 33 - Diagrama de Cobweb.	62
Figura 34 - Mapa Logístico - Bacharel em Sistemas de Informação.	63
Figura 35 - Diagrama de Bifurcação.	63
Figura 36 - Comportamento do Número de Inscritos.	64
Figura 37 - Comportamento do Número de Matriculados.	64
Figura 38 - Repetição do Mapa Logístico de Sistemas de Informação.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelos de desenho organizacional.	24
Tabela 2 - Conceituação de Estratégia e Teoria do Caos.	26
Tabela 3 - Dados Concernentes ao Bacharelado em Administração de Empresas ..	42
Tabela 4 - Dados Concernentes ao Bacharelado em Direito	49
Tabela 5 - Dados Concernentes ao Bacharelado/Licenciatura em Educação Física	53
Tabela 6 - Dados Concernentes ao Bacharelado em Nutrição.	57
Tabela 7 - Dados Concernentes ao Bacharelado em Sistemas de Informação.	60
Tabela 8 - Resultados e Comportamentos.	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Problema De Pesquisa.....	14
1.2 Objetivos.....	15
1.3 Objetivos Específicos	15
1.4 Justificativa E Importância Do Trabalho	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3 METODOLOGIA DO TRABALHO	29
4 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO.....	40
4.1 Análise do comportamento de inscitos/matriculados no cursos de Administração	42
4.2 Análise do comportamento de inscitos/matriculados no curss de Direito	49
4.3 Análise do comportamento de inscitos/matriculados no curso de Educação Física	563
4.4 Análise do comportamento de inscitos/matriculados no curso de Nutrição	56
4.5 Análise do comportamento de inscitos/matriculados no curso de Sist. de Informação	60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

1 INTRODUÇÃO

Sempre que uma nova interpretação é proposta para um dado tema, principalmente quando este tema se encontra, aparentemente, revestido de inelutável ortodoxia, tal novo viés soa desarrazoado.

No que tange ao mercado de capitais no Brasil, por exemplo, a confiança no domínio das técnicas de interpretação das variáveis de mercado e consequente aplicação de capitais em bolsas de valores encontrava-se em tão elevado nível, que em 1970 alguns papéis tiveram alta de 400% na *corbeille* do Rio de Janeiro, e isto parecia ser uma condição natural e espontânea do comportamento dos mercados (BARCELLOS, 2010). Entretanto, esta situação não se sustentaria por muito tempo. O encantamento econômico duraria até cerca de 1971, quando o valor dos papéis começa a cair e cujo declínio total se perpetuou em 1973.

Note-se que subjacente a este comportamento dos investidores há um contexto científico que o justifica. Trata-se do determinismo.

O determinismo, segundo Japiassu e Marcondes (2011, p. 69), enquanto escola científica, pode ser entendido como o “princípio ou doutrina em que as condições iniciais de um sistema *determinam* precisa e coerentemente o estado futuro deste mesmo sistema”.

Em outras palavras, Pires (2011, p.363) ensina que no cenário epistemológico determinista, “conhecidas as condições iniciais do sistema, em qualquer instante existe sempre uma solução para a equação diferencial descritora do sistema, por mais complexa que ela seja, para qualquer tempo posterior”. O que, pelo visto, não ocorreu nos anos 1970 com a Bolsa de Valores do Rio de Janeiro.

É preciso, no entanto, levar-se em conta que a questão do vertiginoso declínio do valor dos papéis pode não estar, necessariamente, na inconsistência dos dados iniciais coletados pela experiência e elencados para uma análise situacional do mercado e posterior tomada de decisões.

O que se quer dizer aqui é que variáveis iniciais elencadas podem degenerar quando consideradas em um intervalo de tempo suficientemente longo; e, ainda, que a consideração de outras variáveis talvez seja necessária. Por outro lado, também não se trata de inexperiência dos operadores da bolsa e nem tão pouco de empirismo,

dado que este seria, filosoficamente, desprovido de intervenção racional e carente de lógica sistemática, conforme afirmam Japiassu e Marcondes (1993, p.79).

Neste ponto, já que a visão de mundo ordenado e onde tudo pode ser previsto e antecipado dá sinais de debilidade (MLODNOW, 2009), pode ser viável tomar um outro caminho de abordagem e se evitar o termo paradigma, em virtude de um possível esvaziamento do conceito.

A questão central para este trabalho é a análise do comportamento da captação de alunos para os cursos da Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais – exceto Medicina –, sob uma ótica de predictibilidade via Teoria do Caos, tendo-se em vista, aqui, a busca pela presença, ou não, de variáveis de cunho dinâmico-complexo calculando-se os expoentes de Lyapunov e verificação de possíveis atratores para o citado comportamento.

Sendo tributários à Física, Prigogine (2002, p. 8) coloca o problema da previsibilidade em outro cenário que não aquele do determinismo -, “Em suma, a noção de instabilidade (de sistemas) obriga-nos a abandonar a descrição de situações individuais para adotarmos descrições estatísticas”.

Neste sentido, herda-se da Física o que se conhece por *simetria temporal quebrada*, isto é, segundo Prigogine (2002, p. 8), “a inserção do fator tempo no estudo do comportamento de sistemas dinâmicos como o são os mercados financeiros e a gestão organizacional exige a consideração da presença de eventos, localizados ou não, previsíveis ou não”.

Sabe-se, hoje, (WOOD, 1993) que o comportamento dos mercados financeiros em particular e o processo de gestão em geral, podem ser incluídos numa classe de fenômenos tais que, conhecida a solução inicial que os descreve, não se pode esperar que esta permaneça única no tempo; ao contrário, esta solução pode evoluir para diversas configurações distintas e que se encontravam muito próximas no princípio. (PIRES, 2011).

Este ponto de vista será apropriado neste trabalho para se verificar, através dos expoentes de Lyapunov, se no processo de captação de alunos na Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais pode ser classificado como um sistema dinâmico.

Isto quer dizer que o controle total e irrestrito das variáveis de um processo, incluindo aí o de gestão (WOOD, 1993), pode não ser factível, sendo necessária uma visão de estratégia complementar para a interpretação e análise do ambiente corporativo e sua busca por resultados (MATOS, 2007), esta, pode receber boa contribuição da análise de dados permitida pela Teoria do Caos.

Sendo assim, Instituições de Ensino Superior, embora todas, em qualquer rincão, tenham a mesma finalidade, parecem evoluir, no que concerne à captação de alunos, em um tempo suficientemente dilatado, de modo completamente distinto.

Neste contexto, por conta do fator de preditibilidade, a evolução da captação de alunos em uma IES do noroeste de Minas terá seu comportamento observado em longo prazo – 05 anos – como forma de se avaliar se este processo pode ser classificado como àquele de um *sistema não-linear*.

Como parâmetro de comparação, ainda com relação à Física, um *sistema é linear* “quando a soma de um conjunto de causas produz uma soma correspondente de efeitos” (PIRES, 2011, p. 364).

Por esta razão, a não linearidade de um processo pressupõe:

1. Que este processo, ainda que apresente comportamentos iniciais ligeiramente diferentes uns dos outros, podem ter, no longo prazo, desempenhos qualitativamente muito diferentes;
2. Que o processo se comporta como um sistema dinâmico de feedback não-linear (PAIVA, 2001, p. 85).

Em razão disto, alguns pesquisadores em economia e finanças tem procurado auxílio na Teoria do Caos para melhor compreender a dinâmica destes processos.

Para esta teoria, um sistema complexo, e.g., mercados financeiros e possivelmente o processo de captação de alunos em uma IES, são caracterizados por uma aparente imprevisibilidade no comportamento do sistema e ainda por uma reposta intensa à pequenas variações nas condições iniciais destes sistemas (PIRES, 2011, p. 366).

Ou ainda, segundo Prigogine (2002, p. 12) “o caos é sempre a consequência de fatores de instabilidade”.

Em outras palavras, e buscando um formato geral para o conceito, a base da Teoria do Caos (LORENZ, 2005 ; MIRANDA, 2016) subjaz na aparente incapacidade de se fazer previsões sobre o comportamento de um sistema que não sejam aquelas de curto prazo.

Além disso, esta teoria mostra que as possibilidades de estados futuros de um sistema não-linear se apresentam em quantidades elevadas, porém, todas equivalentes entre si (PAIVA, 2001, P.85).

Considerar-se-á, assim, como razoável, que a análise da captação de alunos em uma IES possa apresentar variáveis cujo comportamento atende aos requisitos de abordagem da Teoria do Caos.

Isto quer dizer que esta teoria, ao definir o que sejam atratores, pode contribuir para a identificação de uma possível tendência no comportamento destes alunos para a escolha de uma das opções em particular.

No escopo desta pesquisa, observa-se uma procura muito pequena para as inscrições e matrículas ao curso de Administração de Empresas na Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais que ora se estuda, quando o SISU (Sistema de Seleção Unificada) do Ministério da Educação indica que, via Censo da Educação Superior, este curso ocupam o 1º lugar entre os dez mais procurados pelos egressos do ensino médio em 2016¹.

Assim, verificar-se-á a existência de variáveis ocultas e flutuantes interferindo no processo de captação de alunos na Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais em alguns cursos. E estas podem vir a ser identificadas com a ajuda da Teoria do Caos.

Para que se compreenda o que sejam variáveis ocultas no escopo deste trabalho, está-se considerando que aquelas variáveis comumente elencadas para a tomada de decisão por um candidato ao escolher graduar-se são as variáveis explícitas, isto é, status social dado pelo curso, dinâmica e perspectiva de mercado de trabalho para o curso pretendido, afinidade com uma determinada área do conhecimento etc.

A crença nesta possibilidade se dá em razão de que os atratores desta teoria representam um ponto (ou conjunto de pontos) para o qual há uma tendência de evolução na tomada de decisões.

¹ Fonte: INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

Neste viés a tomada de decisão pelos candidatos aos cursos superiores de uma instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais pode estar convergindo para um ponto cujo entendimento perpassa pela compreensão do que sejam estes atratores, daí a possível contribuição da Teoria do Caos para o processo de gestão da captação de alunos no que se refere à identificação da existência, ou não, de variáveis não comumente elencadas no processo.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Transpondo, didaticamente (CHEVALLARD, 1991), toda a discussão precedente para o campo da captação de alunos em uma IES, o problema a ser pesquisado é aquele que circunscreve o grau de preditibilidade do comportamento das escolhas dos potenciais candidatos à uma graduação, no decorrer do tempo, em uma instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais.

O viés proposto é articular a verificação da possível existência de um comportamento do tipo atrativo para uma determinada escolha por conta da presença de variáveis ocultas no processo de captação e influência na escolha dos potenciais candidatos.

Assim sendo, pergunta-se: **“A teoria do caos é viável como elemento científico a dar uma contribuição à compreensão do comportamento da captação de alunos em uma instituição de ensino superior no noroeste de Minas Gerais?”**

O problema aqui, portanto, será a apropriação dos dados acerca da captação de alunos em uma instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais e testá-la à luz da Teoria do Caos, calculando os expoentes de Lyapunov, para verificar-se a presença de um comportamento não linear e, então, abordá-lo do ponto vista sistêmico (MATOS, 2007)

Estes dados são aqueles referentes ao número de inscritos no processo de seleção para os cursos de Administração, Direito, Educação Física, Nutrição e Sistemas de Informação e, destes inscritos e aprovados, quantos efetivamente se matriculam nestes cursos na instituição em estudo.

A seguir indica-se os objetivos a serem trabalhados no escopo desta pesquisa; e, com eles define-se a metodologia a ser utilizada.

1.2 OBJETIVOS

De um modo geral pretende-se mostrar como detectar se um sistema, no caso o processo de captação de alunos na Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais, apresenta algum componente que possa ser explorado via Teoria do Caos e seus atratores, isto é, determinar se o comportamento deste processo é caótico, quer dizer, se está sendo influenciado, em longo prazo por alguma variável não predita no processo tradicional de gestão e análise.

E, sendo caótico, encontrar os atratores presentes oportunizando uma visão multicriterial do citado processo de gestão.

Caso não se verifique a presença do caos no processo, estudar o quanto o comportamento do sistema atual está próximo do surgimento da caoticidade.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

De um modo mais específico, intenta-se verificar, por um viés físico-matemático, em que nível os argumentos da Teoria do Caos se contrapõem aos argumentos da aleatoriedade no processo de captação de alunos na Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais e, então, classificar a previsibilidade deste comportamento.

Em um segundo momento, o objetivo específico será verificar se os resultados encontrados na classificação da previsibilidade podem ser levados ao campo da gestão do processo de captação e fidelização de alunos na Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais.

Assim, os objetivos específicos serão:

- a) Pesquisar sobre a aplicação da Teoria do Caos em diversos problemas de tomada de decisão empresarial;
- b) Apropriar-se dos dados referentes à quantidade de candidatos inscritos no processo de seleção aos cursos de Administração, Direito, Educação Física, Nutrição e Sistemas de Informação de uma Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais e destes inscritos e aprovados no processo de

- seleção, quantos efetivamente se matricularam em uma série temporal de 5 anos;
- c) Calcular os expoentes de Lyapunov para as séries de dados elencada no item (b) com o auxílio da biblioteca *default do software Wolfram Mathematica 11*;
 - d) Classificar se a série temporal é caótica; esta classificação dar-se-á tendo em conta (PAIVA, 2001) os seguintes critérios, considerando que λ é o expoente de Lyapunov de uma série temporal finita de dados (WOLF, 1984 ; MIRANDA, 2016):
 - i. $\lambda > 0$ – série de dados apresenta comportamento caótico;
 - ii. $\lambda = 0$ – série de dados tem um comportamento que oscila periodicamente em torno de um ponto fixo;
 - iii. $\lambda < 0$ – a série de dados apresenta-se em equilíbrio estável, isto é, não existem variáveis ocultas cujo comportamento em longo prazo evidencia comportamento oscilante ou caótico.

1.4 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

Os estudos com o enfoque aqui apresentados não são muito comuns na literatura.

De um modo bastante amplo, o instrumental científico utilizado pelos administradores ainda é aquele que se alicerça na mecânica newtoniana e cartesiana.

Isto quer dizer que na visão ortodoxa da administração, o controle racional das variáveis implicadas no processo decisório requer ampla previsibilidade na busca por uma capacidade de preditibilidade em elevado grau de certeza como relata Paiva (2001).

Assim sendo, buscar formas alternativas para se olhar um mesmo problema pode enriquecer a discussão e fomentar novas formas de gestão, tendo em vista o comportamento dinâmico não cartesiano do meio ambiente empresarial defendido por Carlomagno e Bruhn (2005). Com isto, extrapolar didaticamente o instrumental de análise pode ser justificado como algo a contribuir com as teorias comumente utilizadas.

Nesta mesma linha de pensamento, este trabalho se apoia nas convicções de Marietto (2003), segundo as quais, a utilização da Teoria do Caos na gestão, uma ciência social *per se*, traz benefícios negligenciados por falta de escopo pela teoria tradicional. Um deles, segundo Matos (2007) é a auto-organização do processo de gestão em um cenário de alta complexidade.

Dentre eles, afirma que os mais importantes são:

- a) enriquecimento da compreensão da evolução temporal dos processos;
- b) aumento no alcance das possibilidades de análise dos processos, contingenciais ou não;
- c) melhor conceituação dos processos.

Por este ponto de vista, justifica-se a pesquisa, também, pois, comprovando-se o comportamento dos estudantes como caótico, espera-se, então, que haja uma atração para uma determinada conduta destes estudantes em uma escolha particular. E cuja análise pode indicar, ao processo de gestão de captação destes estudantes, variáveis fora daquele grupo comumente elencado nesta análise, isto é, perspectiva de mercado, influência familiar, quesitos de posição social, etc. De acordo com Wood (1993) a existência de leis e padrões de certo modo simples, explicando o complexo, permite a inserção da Teoria do Caos no entendimento epistemológico da tomada de decisão nos processos de gestão.

Aqui, pode-se compreender o escopo desta pesquisa como este aporte à tomada de decisão em um cenário hostil como tem sido o de captação de alunos na Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais que parece não estar relacionada somente à crise financeira, uma vez que cursos em baixa na Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais estão em alta nas IES públicas (INEP, 2016).

Ainda segundo Wood (1993), a Teoria do Caos e seus pressupostos vem ao encontro dos processos de gestão, pois permite a integração de ideias no estudo de organizações e seus processos de gestão.

Por esta razão entende-se que uma abordagem nesta linha de pensamento pode agregar valor ao processo decisório junto à COPEVE² da instituição analisada e também à sua Assessoria de Negócios.

² COPEVE – Comissão Permanente de Vestibular

Isto será proposto dentro do que se propõe como análise multicriterial de gestão conforme Lucena (1999). Para esta autora, diversos critérios, tais como, dinâmica populacional, oscilação de comportamentos sociais, etc precisam ser considerados.

Ressalte-se, também, a importância do trabalho de Carlomagno et al (2005).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Japiassu e Marcondes (1993, p. 69) entendem que o determinismo é aquela “doutrina em que a ideia de que o estado do mundo no momento presente determina precisamente a maneira como o futuro se desenrolará”.

E foi com base nessa visão de mundo que as ciências sociais em geral, e a Administração em particular, construíram seus arcabouços teóricos e a partir dos quais assentam seus mecanismos de estudo e abordagens para os temas que lhes são de interesse.

Neste sentido, Alves (2006, p. 3) afirma que “as visões tradicionais das organizações sempre procuraram o modo mais simples para explicar e tentar prever os fenômenos naturais”. Esta compreensão, ao que parece, pode ser estendida aos mercados financeiros e aos processos de gestão das organizações (Matos, 2007).

Na mesma linha de pensamento, porém com mais de profundidade, a questão da abordagem determinista na Administração foi colocada nos termos adequados por Paiva (2001) à guisa de que os negócios e as empresas estão sujeitas a eventos que produzem distúrbios internos, externos, imprevisíveis e incontroláveis.

Por esta razão Paiva (2001) admite que pressupostos de previsibilidade, racionalidade e controle, ainda que inseridos na cultura organizacional, fluem mais assertivamente do que o comumente considerado.

Veja-se, então, que a tônica na Administração é aquela mesma das ciências exatas de perfil newtoniano: o completo e irrestrito domínio de uma situação, ainda que com objetivos diversos.

Heuristicamente o problema se baseia, então, na diferenciação de um sistema linear e um sistema não linear.

O primeiro é aquele em que, conhecidas as condições de contorno iniciais e a equação diferencial que o rege, a descrição do comportamento futuro do sistema dinâmico é perfeitamente alcançada -, muitas vezes estes sistemas são chamados de newtonianos (SALINAS, 2013).

O segundo é aquele em que, mesmo se conhecendo as condições iniciais do sistema, a equação diferencial que o descreve, se existir, não pode ser solucionada algebricamente (SALINAS, 2013), isto é, não há uma equação diferencial pré-definida que descreva o comportamento do sistema.

No segundo caso, então, a saída é simular o comportamento do sistema atribuindo valores numéricos aos parâmetros envolvidos (NAZARENO, 1986).

Com este cenário definido, pode-se evidenciar os resultados obtidos por uma das referências citadas.

Uma vez que sistemas caóticos apresentam um certo grau de previsibilidade e assim, se formos capazes de detectar evidências desse tipo de comportamento em séries financeiras, podemos ter em mãos evidências de não-conformidade de um ativo em relação à versão fraca da Hipótese de Mercados Eficientes, ou seja, que seríamos capazes de prever seu comportamento futuro observando dados passados (ERBANO, 2004, p. 65).

Aqui faz-se necessário inserir outra referência -, aquela que discorre sobre a Hipótese dos Mercados Eficientes.

A visão tradicional, HME, Hipótese dos Mercados Eficientes, acerca do comportamento dos rendimentos das ações no mercado de capitais, sugere que este segue um *passeio aleatório* (grifo do autor) (GOMES ; JUNIOR, 2012, p. 107).

Note aqui uma clara divergência entre os dois modelos de análise -, a Teoria do Caos contradiz explicitamente a Hipótese dos Mercados Eficientes.

O *problema do passeio aleatório* é uma técnica estatística que propõe, a partir de uma equação estocástica de diferenças, o estudo da transição de um sistema entre dois possíveis estados, por exemplo, no mercado financeiro, o presente e o futuro. Entretanto, esta transição somente pode ser feita entre estados vizinhos (Salinas, 2013).

Vale ressaltar aqui, que diversos cenários *futuros* (grifo do autor) são possíveis, de sorte que as transições para qualquer um deles são igualmente possíveis -, a isto se dá o nome de postulado da igualdade *a priori* das probabilidades (Nazareno, 1986).

Para clarificar esta situação, vale a pena aprofundar-se um pouco mais nestes temas.

A existência de dependência não-linear e a consequente rejeição do fato dos rendimentos das ações e índices de ações seguirem um processo “random walk”³ geraram a necessidade de encontrar explicações para a ocorrência deste tipo de processos. Duas correntes distintas de análise surgiram:

- a corrente que defende que os mercados são eficientes, sendo os processos estocásticos; e

- a corrente que advoga que os mercados são ineficientes, caracterizados por uma dependência não-linear que deriva do facto dos mercados obedecerem a uma lei de comportamento caracterizável por um sistema caótico e portanto previsível a curto, mas não a longo prazo (TOMÉ, 2001, p. 141).

Gomes e Junior (2012, p. 110) relatam que, empiricamente, a Hipótese dos Mercados Eficientes falha em virtude de “os lucros extraordinários derivados de estratégias que explorem os padrões de previsibilidade indicados seriam eliminados quando considerados os custos explícitos de transação, como custos de corretagem e impostos”.

Do exposto até aqui, identifica-se uma lacuna na Hipótese dos Mercados Eficientes e que pode ser preenchida pela Teoria do Caos como ficou evidente em (Erbano, 2004).

Torna-se imperativo avançar na transposição didática (Chevallard, 1991) da Teoria do Caos aplicada aos mercados financeiros para a gestão das organizações e, com isto, segundo Matos (2007, p. 59), “mais que considerar as mudanças que afetam a organização há que se legitimar a mudança como realidade única”.

Esta transposição didática pode ser entendida do seguinte modo:

Vivemos, no campo dos modelos administrativos e gerenciais, um período de ruptura. E a maneira mais usual de caracterizar esta ruptura tem sido explorar o esgotamento do modelo taylorista-fordista e o apa-

³ Esta expressão pode ser entendida como “desvios aleatórios em relação ao valor real dos preços.” (GOMES; JUNIOR, 2012, p. 107).

recimento de modelos de especialização flexível, baseados em conceitos de sistemas abertos e cibernética. Neste contexto de transformação permeada por crises de impacto econômico e social e por mudanças geopolíticas globais, a Teoria do Caos também encontrou um campo fértil (WOOD, 1993, p. 101).

Neste ponto retorna-se, novamente, à introdução, onde se afirmou que uma organização deve ser aceita como um sistema dinâmico de *feedback* não linear; caso contrário a Teoria do Caos perde sua força.

Se esta aceitação não for de todo modo fácil de ser conseguida, alguns autores sugerem o uso da *equação logística* aplicada a um exemplo simples como forma de persuasão (PAIVA, 2001).

Outra maneira de se vislumbrar que uma organização é um sistema dinâmico não linear, pode ser aquela, mais sutil, mas não menos eficiente, mostrada a seguir, e que impõe a responsabilidade de cada agente no processo de evolução de um estado a outro do sistema organizacional.

As organizações como os sistemas complexos na natureza, são sistemas dinâmicos não lineares e que os resultados de suas ações são imprevisíveis e cujos membros (agentes) podem moldar seu presente e seu futuro através de auto-organização espontânea os quais são apoiadas por um conjunto de regras geradoras de ordem (ALVES, 2006, p. 7).

Então, onde se insere o gestor de cada organização? A resposta é dada por Alves (2006, p. 10): “por esta ótica, os gerentes estão em posição de observar os efeitos diretos de suas ações. Como consequência, eles podem modificar a intensidade de suas ações de uma maneira quase contínua e realizar as necessárias reorientações”.

Em tese, a transposição didática da Teoria do Caos aplicada ao processo de gestão (Matos, 2007) pode se dar desde que os gestores tomem ciência do que seja mudança no escopo desta teoria e como esta mudança interfere no estado futuro de sua organização.

A consequência imediata desta transposição didática é colocada em termos bem amplos e irrestritos. Veja-se a seguir.

Em teoria um sistema pode encontrar a mesma situação diversas vezes. Porém a probabilidade de isto acontecer é tão remota que podemos considerar que sistemas caóticos nunca encontrarão a mesma situação duas vezes. Consequentemente, em uma organização é improvável que a mesma ação, tomadas duas vezes, levem ao mesmo resultado (ALVES, 2006. P. 11).

Nesta direção pode-se, portanto, ampliar a visão de gestão nas organizações e abrir-se mão das certezas. Principalmente em visões de longo prazo.

Podemos usar, porém, padrões qualitativos similares (auto-similaridade) para desenvolver novos padrões mentais para quando este futuro chegar. Não é ter um comportamento reativo ou proativo, mas sim criativo e inovador (PAIVA, 2006. p. 94).

É válido dizer-se que novas abordagens para problemas antigos podem, sim, ampliar o horizonte de eventos.

Quanto mais se avança no desenvolvimento do processo intelectual para a compreensão das abordagens de situações complexas em geral, e na tomada de decisões em particular, mais se compreende que em atividades altamente competitivas e que apresentam em seu bojo anseios com elevada capilaridade e trazidos por seus agentes últimos, leia-se clientes, e.g., instituições de ensino superior privadas, então cada vez mais trocar as lentes com que se olha o processo de gestão e tomada de decisões se faz necessário.

De acordo com Kuhn (2013), entretanto, esse novo olhar sobre questões complexas vem muito mais de seus aspectos contraditórios imanentes do que sobretudo por razões metafóricas ou mesmo semânticas.

É neste contexto que a primeira premissa da proposta se faz presente: o caráter antitruísta da abordagem da tomada de decisão e da gestão pela óptica da epistemologia associada à Teoria do Caos (Matos, 2007).

Para a compreensão do que seja o escopo desta teoria, convém observar que Prigogine (2002) chama a atenção para o cuidado que se deve ter, na abordagem de sistemas complexos, com a não distinção entre passado e futuro -, isto quer dizer que um destes sistemas evolui no tempo e no espaço de forma não linear, isto é, quando se analisa o comportamento deste sistema em uma série temporal longa, verifica-se o aparecimento de padrões qualitativos similares e isto faz que, para um mesmo estado inicial, tenha-se inúmeros estados futuros possíveis.

Em outras palavras, todos os estados futuros possíveis para a gestão de uma organização são igualmente prováveis ao longo de um período de tempo prolongado. Segundo Matos (2007), esta não localidade se reflete na capacidade de auto-organização da empresa uma vez que os envolvidos no processo de gestão apresentam elevado grau de diferenciação sem, contudo, manifestarem falta de integração.

É este o momento em que se percebe que o modelo cartesiano e determinista pode admitir um aporte de conceitos: o caráter preditivo do modelo cartesiano se mostra limitado em um cenário com sistemas complexos analisados em longo prazo.

Prigogine (2002), mostra que a questão que agora é perceber que nesta nova realidade não cabe mais analisar situações individuais: faz-se necessária uma abordagem estatística, sistêmica.

Por este ponto de vista que o caráter antitruísta da Teoria do Caos se impõe, sendo a análise dos sistemas um processo de longo prazo onde os estados futuros surgem probabilisticamente, o comportamento daqueles não é auto evidente e nem uma verdade inconteste, ainda que se conheça as condições iniciais dos mesmos (Alves, 2016).

O reconhecimento e a aceitação da existência de vários estados futuros igualmente prováveis fazem que o processo de tomada de decisão no ambiente organizacional e de gestão, face a uma situação complexa, ganhe contornos técnicos mais bem definidos, uma vez que essas possibilidades inserem na elaboração de uma metodologia de gestão a presença de eventos atemporais.

Estes eventos, por sua vez, identificados os padrões com os quais se manifestam, conferem coerência ao processo em estudo. No caso, a tomada de decisões na

gestão. Como afirmam Carvalho e Pedrozo (2010), estes padrões alcançam a estrutura da realidade do fenômeno com mais vivacidade, com mais propriedade que uma visão cartesiana.

O caráter de preditibilidade da Teoria do Caos abre mão da garantia da certeza de uma previsão, o que apresenta sérias restrições; a Teoria do Caos, didaticamente transposta para a gestão, traz o reconhecimento do grau de probabilidade de um evento acontecer e mostra quantas possibilidades isto agrega ao processo decisório.

Marietto (2006) traça um comparativo entre a visão tradicional em gestão e àquela possível a partir de uma visão integrada e multicriterial tendo como referência a Teoria do Caos na tabela 1.

Estrutura de Referência Tradicional	Estrutura de Referência do Caos
O futuro de longo prazo é previsível em certa medida.	O futuro de longo prazo é desconhecido.
Visões e planos são o centro da gestão estratégica.	Agenda dinâmica de assuntos estratégicos é central para a efetividade da gestão estratégica.
Visão: é uma intensão única em toda a organização, uma imagem da situação futura.	Mudança: aspirações múltiplas, ambíguas e dispersas.
Cultura fortemente compartilhada.	Oposições de culturas contraditórias.
O processo de decisão como um ato puramente lógico e analítico.	Decisão construída em um processo experimental e exploratório baseado em intuição e raciocínios por analogias.
Time de gerentes agindo de forma coesa e em consenso.	Grupos gerenciais de aprendizado, conflituosos, testando publicamente afirmações.
Controle e desenvolvimento de longo prazo como um processo monitorado por planos de metas. Restrições estabelecidas por regras, sistemas e argumentos racionais.	Controle e desenvolvimento em situações abertas com um processo político. Restrições fornecidas pelas necessidades de construir e sustentar apoio. Autocontrole por aprendizado.
Estratégia é a realização de propósitos prévios.	Estratégia emergente espontaneamente do caos, das mudanças e das contradições, através de processo político e de aprendizagem em tempo real.
A alta gestão define e controla a direção estratégica.	A alta gestão estabelece ambiente favorável para o aprendizado e ação política complexa.
Modelos mentais gerais e prescrições para muitas situações.	Novos modelos mentais são exigidos para cada nova situação estratégica.
Equilíbrio adaptativo com o ambiente.	Desequilíbrio e interação criativa com o ambiente.

Tabela 1 - Modelos de desenho organizacional. Fonte: Marietto et al (2003, p. 3).

Observa-se, na tabela 1, como a questão da consciência da existência de variáveis flutuantes em longo prazo no processo de gestão se faz presente pela Teoria do Caos.

A consciência da existência destas variáveis e de seus contornos será tanto mais ampla, quanto mais atemporal for o evento (TOMÉ, 2015).

Retome-se aqui a ideia de que a Teoria do Caos só faz sentido na abordagem de um novo processo de gestão e de tomada de decisões se o estudo deste processo se der em longo prazo, pois caso contrário a percepção das variáveis intrínsecas e do caráter probabilístico se degeneram, ou melhor, experimentam uma quebra de simetria.

O elemento tomador de decisões no processo de gestão afeta e é afetado pelos eventos que alteram e definem a realidade da administração (CARLOMAGNO, 2005).

No modelo clássico de visão de mundo, todo sistema apresentaria um ponto de equilíbrio estável de tal modo que perturbações, quaisquer que fossem, ao se extinguirem, permitiriam o retorno do sistema a este ponto.

Quando se assume a existência daquelas variáveis e daquele caráter, admite-se também que aquele ponto de equilíbrio não mais pode ser alcançado.

O que se passa a ter é uma flutuação do sistema em torno desta posição e que existem atratores mais ou menos eficientes fazendo o sistema se afastar ou se aproximar desta posição.

Vê-se, por esta óptica, que o processo de decisão multicriterial na gestão empresarial e organizacional pressupõe o conhecimento de variáveis tais como “pessoas e grupos envolvidos; objetivos e políticas; restrições; impactos; tempo-horizonte” (Lucena, 1999).

Por este ponto de vista, Marietto (2006, p. 8) propõe algumas inter-relações sobre a noção de estratégia no processo de gestão e seus respectivos autores, das quais seleciona-se algumas.

A tabela 1 servirá de norte para todo o processo de interpretação e validação do que se propõe naquilo que se vem chamando de abordagem multicriterial (Lucena, 1999).

A seguir tem-se a tabela 2.

Nela conceitua-se estratégia por diversos pontos de vista.

Autores	Estratégia	Argumentação no Escopo da Teoria do Caos
Chandler (1962)	Estratégia é a determinação dos objetivos básicos de longo de uma empresa e a adoção das ações adequadas e obtenção de recursos para atingir esses objetivos.	Isso implica que a determinação de objetivos em longo prazo pode não guiar, necessariamente, às ações esperadas e tidas como adequadas, bem como, a obtenção de recursos não ser adequada ao planejado.
Hofer ; Schandel (1978)	Estratégia é o estabelecimento dos meios fundamentais para atingir os objetivos, sujeito a um conjunto de restrições do meio envolvente. Supõe: a descrição dos padrões mais importantes da obtenção de recursos e a descrição das interações mais importantes com o meio envolvente.	Intencionalmente, ou não, quando os autores relatam “sujeito a um conjunto de restrições do meio envolvente”, remete o conceito a uma estrutura não-linear de acontecimentos que podem influenciar e/ou restringirem “os meios fundamentais para se atingir os objetivos”.
Thietart (1984)	Estratégia é o conjunto de decisões e ações relativas à escolha dos meios e à articulação de recursos com vista a atingir um objetivo.	As decisões e ações, em sua maioria, emergem da análise de situações caóticas, sejam elas perceptíveis ou não aos agentes decisores. Levar em consideração a presença de um ambiente complexo e caótico pode elevar o grau de sucesso da análise destas decisões e, conseqüentemente, um meio mais seguro de se atingirem objetivos.
Mintzberg (1987a)	Estratégia é uma força mediadora entre a organização e o seu meio envolvente: um padrão no processo de tomada de decisões organizacionais para fazer face ao meio envolvente.	O sucesso das organizações é alcançado quando os administradores continuamente alternam os sistemas e as estruturas organizacionais evitando tanto a desintegração quanto a fossilização: (a) desintegração e especialização extrema pela divisão de tarefas, segmentação de mercados, separação processual; (b) fossilização ou integração extrema pela centralização de poder, sobreposição de processos e mercados, alta formalização e cultura compartilhada única.

Tabela 2 - Conceituação de Estratégia e Teoria do Caos. Fonte: (Marietto et al, 2003, p. 8), com adaptações.

Assim, a tomada de decisão, estrategicamente, dentro de uma visão caótica, perpassa pelo entendimento do que sejam atratores.

Edward Lorenz (1917 – 2008), matemático estadunidense mostrou o que sejam atratores de modo muito elegante -, ao estudar as correntes de convecção que ocorrem na atmosfera, Lorenz protagonizou a descoberta de padrões no comportamento atmosférico. Sistema este com uma quantidade muito grande de variáveis intrínsecas e flutuantes. Velocidade do vento, umidade relativa do ar, gradientes de temperatura, presença de partículas sólidas, concentração gasosa etc.

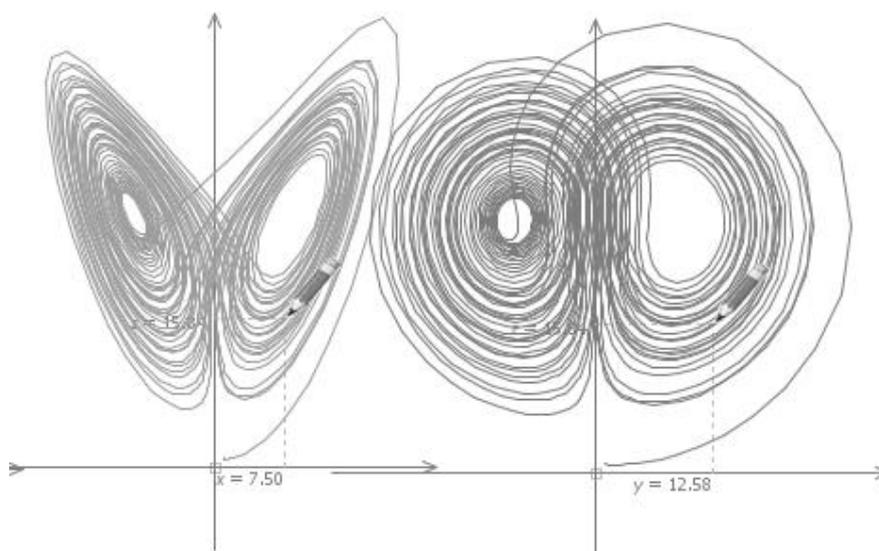


Figura 1 - Gráficos gerados pelo software Modellus, a partir das equações de Lorenz.

Ao desenvolver um conjunto de equações, Lorenz percebeu que estas, embora descrevessem um sistema complexo com elevado valor probabilístico, geravam um comportamento que apresentava um padrão de repetição bem definido, desde que se considerasse um intervalo de tempo longo (Lurie, 2010).

Suas equações levaram ao que ficou conhecido como *efeito borboleta* -, mas cujo termo correto seria *dependência sensível às condições iniciais* (Marietto, 2006). Veja a fig. 1 acima.

Observa-se que, embora flutuante, o comportamento tende a oscilar em torno de uma região bem definida para um tempo suficientemente longo (Tomé, 2015).

Na visão de Lurie (2010), os atratores representam um conjunto de características comportamentais para o qual todo o sistema evolui.

Deste modo, compreende-se uma possível mudança no processo de tomada de decisões tendo como base teórica este conjunto de características do sistema, ou seja, os atratores do sistema e não mais um momento bem definido no tempo.

A isto Carvalho e Pedrozo (2011) classificam como uma oportunidade manifesta do não equilíbrio como fonte de renovação dos sistemas do ponto de vista econômico e tecnológico.

O caos, então, sai da condição de desordem pura e simples e se torna elemento criador ou talvez o *clinamen*, de Lucrecio -, para este haveria um desvio natural na forma de se conceber a realidade partindo-se das ideias que lhe são predecessoras (Pires, 2011).

Toda esta carga conceitual leva ao fato de que o tomador de decisões, em um processo de gestão, precisa conhecer o cenário em que se vê inserido e reconhecer que a ferramenta de abordagem para o processo decisório definirá sua práxis (LUCENA, 1999) em um processo de gestão multicriterial.

Neste sentido, Japiassu (1993) admite que o valor epistemológico da Teoria do Caos está na legitimação da ciência enquanto processo de estruturação progressiva.

O conceito de sistema, sobejamente repetido até aqui, e que embasa toda a abordagem, requer esta visão epistemológica, uma vez que define as inter-relações e interdependências entre as partes de um todo como um processo dinâmico.

A reflexão diária e costumeira sobre o que se sabe e o que se precisa saber para uma tomada de decisão eficaz subjaz ao arcabouço teórico aqui exposto, podendo-se mesmo admiti-la como um currículo oculto ao tema, isto é, como aquela influencia que afeta o nível de aprendizagem dos gestores durante o processo de gestão (MATOS, 2007).

Permanecendo um pouco mais nesta linha de pensamento, é imperioso constatar, como ensina Alves (2006) que as visões tradicionais das organizações sempre procuraram o modo mais simples para explicar e tentar prever os fenômenos.

Isto posto, aceitar que a Teoria do Caos é capaz de dar boa contribuição ao processo de gestão nos dias atuais significa aceitar que o estatuto epistemológico das ciências em geral, e da Teoria do Caos em particular, sejam elas quais forem, exatas,

humanas, médicas etc., se constrói na forja da evolução das ideias e suas contradições e, por mais que a 'navalha de Occam' possa ser trazida ao cenário do debate destas ideias, sua constatação nem sempre será verdadeira.

Para Occam (1970) não se deve multiplicar os entes existentes em um sistema além do necessário -, a navalha de Occam (Japiassu et al 1993); daí dizer-se que isto nem sempre será verdadeiro na teoria do Caos por ser esta aplicável a um sistema dinâmico e que só tem razão de utilidade quando utilizada em uma série temporal de dados suficientemente dilatada, ad hoc, 5 anos.

3 METODOLOGIA DO TRABALHO

Tomar decisões em um processo de gestão requer conhecimentos acerca deste processo decisório, *per se*. Mas não somente dos aspectos práticos e técnicos do processo, mas também das variáveis mentais de quem age e que são fortemente influenciadas pela cultura, pelo caráter simbólico do poder de tomar decisões, pela época em que se vive e por todos os afluentes que desembocam no procedimento, na técnica e na metodologia.

Olhando-se para o objetivo geral vê-se que a razão de ser deste trabalho está no vislumbre de um componente não determinista no processo descrito.

Uma vez que no comportamento caótico há sim a existência de padrões e leis (Woody, 1993), este argumenta que, por esta razão, a Teoria do Caos serve como conjunto epistemológico e de justificação para um novo escopo de ideias acerca da abordagem da gestão em organizações.

Nesta linha de pensamento a metodologia a ser aqui desenvolvida é àquela que segundo Gil (2002) classifica-se como *pesquisa exploratória*, tendo em vista que se pretende, como afirma o citado autor, o "aprimoramento de ideias" e a consideração do fato estudado sob um ponto de vista menos ortodoxo em busca de um horizonte pouco explorado.

Ainda segundo Gil (2002) este tipo de pesquisa geralmente converge para um formato de estudo de caso; e, será esta a metodologia e formato a serem utilizados aqui.

Isto posto uma vez que se pretende fazer uma análise temporal de um dado comportamento da comunidade acadêmica da Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais, isto é, pretende-se, ao longo de uma série temporal, elencar o grau de fidelidade e fidúcia na escolha do futuro acadêmico pelo curso e pela instituição. Para isto serão elencadas as bases de dados da Secretaria Acadêmica no que tange à quantidade de matrículas de calouros em cada curso, a cada semestre, em um período de 05 anos.

Além desta base de dados, elencar-se-á, também, a base de dados da Comissão Permanente de Vestibulares – COPEVE, sobre os registros de potenciais candidatos aos cursos da Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais oriundos das mais diversas fontes e possivelmente cadastrados em campanhas de marketing e/ou em eventos de prospecção de alunos na própria cidade sede da instituição de ensino e também nas cidades da região, uma vez que se observa um número muito grande de alunos oriundos de cidades próximas.

Na base de dados citada havia informações sobre o número de matriculados, o número de formandos, o número de transferidos para a instituição e da instituição; o número de discentes que mudou de curso dentro da própria instituição.

Neste escopo de pesquisa, optou-se pelo estudo de caso, que para Gil (2002) permite a compreensão de uma situação complexa em seu próprio contexto; e, por outro lado, aceita que neste contexto as variáveis e fronteiras não estejam claramente distinguidos.

Partindo-se, então, da apropriação de uma série temporal dos dados citados, isto é, do número de alunos inscritos no processo de seleção e destes, dos aprovados quantos efetivamente se matricularam, em um lapso de tempo de tempo de cerca de 05 anos, far-se-á, a partir do *Mathematica 11*, para esta série temporal, o cálculo dos *expoentes de Lyapunov*.

O passo descrito no parágrafo anterior tem como objetivo determinar se na série temporal é possível detectar se há a presença de variáveis associadas ao caos.

De posse dos resultados do cálculo dos expoentes de Lyapunov proceder-se-á análise dos mesmos considerando que, para um estudo de caso, Gil (2002) afirma ser possível analisar as crenças e dúvidas de um dado grupo.

Por este ponto de vista, os expoentes de Lyapunov serão os elementos que irão dizer se estas crenças são influenciadas por variáveis cuja ação se manifestam no longo prazo, como 05 anos, por exemplo

Aqui neste ponto da metodologia fez-se necessário retirar um dos grupos a serem estudados: os potenciais candidatos oriundos do processo de certificação do Ministério da Educação via Exame Nacional do Ensino Médio, uma vez que este processo de certificação foi extinto no início de 2017. Desta forma a amostra trabalhada ficou com 60 casos em 05 cursos, durante este período de 5 anos.

Assim sendo, o caráter de previsibilidade da Teoria do Caos e o estudo de caso em uma pesquisa exploratória podem fornecer, de modo didaticamente transposto para o caso em apreço, o reconhecimento do grau de probabilidade de um evento acontecer (escolha da Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais e permanência em seus cursos).

De acordo com Wood Jr (2013), embora caótico, “um sistema dinâmico converge para um conjunto de possíveis valores”, no caso deste trabalho, um conjunto de decisões possíveis na escolha da Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais e de seus cursos.

Com isto, parece razoável propor a Teoria do Caos como elemento de modelagem deste comportamento aos possíveis candidatos; o estudo de caso e a pesquisa exploratória descritos acima vem ao encontro desta lógica.

Nesta metodologia, aprioristicamente e segundo a literatura (Cipolli, 2012), o sistema em estudo pode ser modelado para o cálculo dos expoentes de Lyapunov de acordo com o algoritmo:

$$L_k = \lim_{n \rightarrow \infty} (r_k^n)^{\frac{1}{n}}.$$

Este cálculo será realizado a partir do Mathematica 11, tomando em conta que, n é o número de iterações da função L_k e r_k^n , mede a contração ou expansão próxima da órbita do valor de equilíbrio.

Em outras palavras, o termo r_k^n indica o quanto o número de alunos matriculados em cada curso, em cada semestre, em um intervalo de tempo de 2012 a 2017, na Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais, em uma serie temporal

de 5 anos se aproxima ou se afasta daquele valor definido como ideal (ponto de equilíbrio) pelo processo de gestão da instituição.

Ilustrando o processo e a metodologia, o conjunto de expoentes de Lyapunov pode indicar se entre o número de candidatos aprovados no vestibular da Instituição e aqueles candidatos efetivamente matriculados há um distanciamento previsto pela instituição ou se, caso contrário, o distanciamento está divergindo do ideal. Se sim, há que se prospectar as causas; ou no escopo deste trabalho, as variáveis.

No escopo da Instituição de ensino objeto deste caso, e seu modelo de captação de alunos a identificação dos atratores descritos acima por Alves (2016) surge dado seu caráter de preditibilidade via Teoria do Caos para se desenvolver e fomentar uma ferramenta útil na identificação e manipulação destes atratores.

Identificados e tratados, estes atratores formam a linha mestra para o estabelecimento de ações em marketing, ações em contexto e perfil profissionais de cada curso, ações pedagógicas e ações financeiras que poderão ser implementadas em uma abordagem de gestão alternativa e complementar ao modelo vigente no mercado em geral, e na Instituição em particular.

Esta abordagem menos ortodoxa, embora robusta, pode jogar mais luz na interpretação do perfil do mercado educacional em uma cidade do noroeste de Minas Gerais, onde a quantidade de vagas ofertadas no Ensino Superior supera a quantidade de matrículas efetivadas.

A conveniência dos atratores neste caso está no estudo dessa dissonância através de uma abordagem por análise de sistemas dinâmicos com uma interpretação a partir das leis do Caos tendo como base o estudo de um Mapa Logístico construído a partir dos expoentes de Lyapunov, uma vez que interessa saber se o sistema dinâmico que representa o comportamento da capitação e fidelização de alunos na Instituição é caótico, oscilante de modo periódico ou de modo estável. (Carvalho, 2011).

A análise deste comportamento dirá o quanto o sistema descritor do comportamento do objeto de estudo se aproxima ou se afasta do ponto ótimo do número de alunos pretendido pela instituição em cada curso e semestre.

Tudo começa com a definição do *espaço de fase* que servirá de cenário para a simulação do comportamento do sistema -, por espaço de fase entende-se a representação das variáveis dinâmicas relevantes ao sistema em estudo.

No caso deste trabalho as variáveis elencadas são aquelas percebidas no questionário socioeconômico aplicado pela instituição de ensino superior em apreço, quando da inscrição do candidato a uma vaga aos seus cursos de formação acadêmica, bem como aquelas oriundas do trabalho seminal de Souza (2011).

Por outro lado, a escolha de tais variáveis encontra ressonância, também, nos trabalhos de Maiochi et al (2011). Segundo estes autores,

O relacionamento da instituição de ensino superior não acontece apenas entre aluno e instituição, mas entre ela e um público amplo composto por prospects, candidatos, graduados, pais, empresas, escolas parceiras, professores, funcionários, entre outros. [...] a instituição deverá administrar com cuidado essas relações, pois cada um desses públicos poderá tornar-se multiplicador potencial da marca da instituição (MAIOCHI 2011, p. 90-91):

Aqui estas variáveis foram: {

- a) Valor da mensalidade em cada curso;
- b) Segurança profissional e futura do curso;
- c) Migração de um curso para outro dentro da própria instituição;
- d) Desemprego;
- e) Possibilidade de Estágio;
- f) Projetos de Extensão.

Aqui faz-se necessário indicar que, como não havia, na instituição em apreço, um estudo sobre as variáveis que definem o perfil do candidato às suas vagas no processo seletivo, utilizou-se do arcabouço teórico fornecido pela literatura, notadamente o trabalho de Souza (2011).

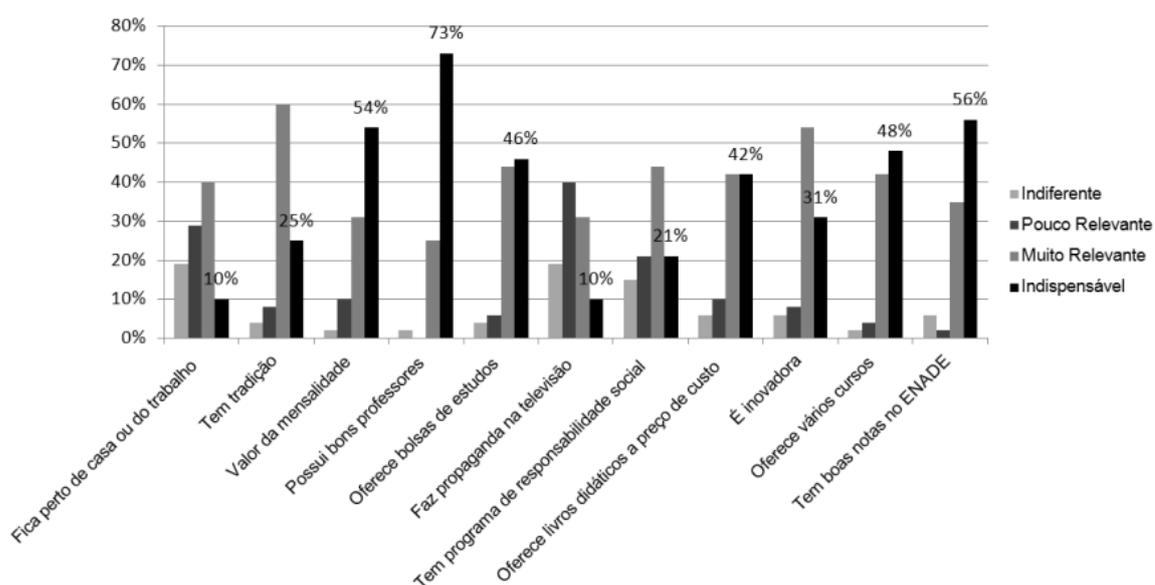


Figura 2 - IES SP - Análise do Grau de importância para a escolha da faculdade. Fonte: Souza, 2011.

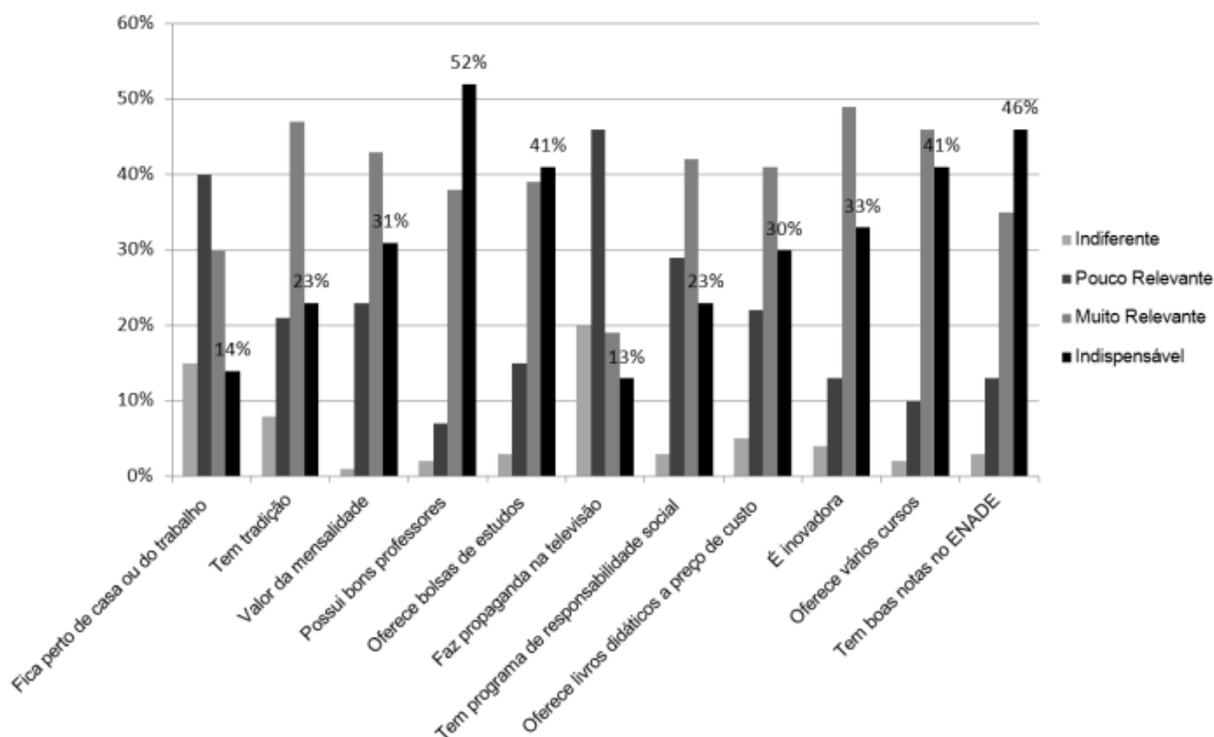


Figura 3 - IES DF - Análise do Grau de importância para a escolha da faculdade. Fonte: Souza, 2011.

Para estes autores, em um estudo realizado com duas instituições de ensino superior, uma no interior de São Paulo, na cidade de Valinhos e outra no Distrito Federal, na cidade satélite de Taguatinga, as variáveis elencadas acima e vinculadas ao processo de captação e fidelização de alunos obedeceu aos critérios:

- i. Origem dos candidatos, isto é, se são oriundos de escolas públicas ou privadas;
- ii. Faixa etária, considerados em um intervalo para menos de 16 anos e mais de 30 anos;
- iii. Grau de importância para a escolha da faculdade.

Este último item é o que melhor explicita a escolha das variáveis listadas acima. Veja-se as figuras 2 e 3 que se seguem.

Estes dados foram obtidos a partir de um “questionário estruturado, contendo questões abertas e fechadas dos tipos dicotômicas, de escolha única, de múltipla escolha e de escala” (Souza, 2011, p.92).

Com o intuito de se concluir o processo de valoração das variáveis, o que não foi feito neste trabalho, isto é, aqui não se hierarquizou estas mesmas variáveis uma vez que o intuito do trabalho é verificar a existência de outras além e diferentes destas no processo de captação e fidelização dos alunos, Souza (2011) inseriu os dados a seguir, oriundos também da análise dos dados obtidos no questionário citado no parágrafo anterior. Figuras 4 e 5.

CARACTERÍSTICA	Concordo totalmente	Concordo em parte	Indiferente	Discordo em parte	Discordo totalmente
Faculdade grande é melhor do que pequena	17%	56%	15%	6%	6%
A qualidade depende só dos professores	10%	46%	4%	25%	13%
Livros didáticos são fundamentais	54%	29%	13%	2%	2%
Mensalidade cara = curso melhor	4%	10%	13%	25%	46%
Tradição é melhor do que quem começou agora	19%	38%	17%	17%	10%
Vestibular fácil = curso fraco	19%	23%	13%	23%	19%
Curso superior garante meu futuro	52%	35%	4%	4%	4%

Figura 4 – IES SP – O que representa o valor para o concluinte do ensino médio. Fonte: Souza, 2011.

CARACTERÍSTICA	Concordo totalmente	Concordo em parte	Indiferente	Discordo em parte	Discordo totalmente
Faculdade grande é melhor do que pequena	20%	44%	17%	9%	10%
A qualidade depende só dos professores	7%	38%	9%	21%	24%
Livros didáticos são fundamentais	65%	29%	3%	3%	0%
Mensalidade cara = curso melhor	7%	16%	17%	21%	39%
Tradição é melhor do que quem começou agora	21%	43%	12%	12%	11%
Vestibular fácil = curso fraco	5%	22%	20%	23%	29%
Curso superior garante meu futuro	42%	30%	11%	10%	7%

Figura 5 - IES DF - O que representa valor para o concluinte do ensino médio. Fonte: Souza, 2011.

E, por fim, incrementa-se a análise e justifica-se a escolha destas variáveis com o quadro a seguir, figura 6, onde se tem as respostas estruturadas para a pergunta: “O que você espera de uma faculdade?” (Souza, 2011, p. 100).

Categoria de Resposta	Taguatinga	Valinhos	Consolidado – Ambas as Localidades
Capacitação profissional	17%	24%	19%
Bons professores	16%	10%	16%
Qualidade de ensino	13%	24%	14%
Boas instalações	9%	4%	10%
Dê garantia de futuro (empregabilidade)	9%	14%	7%
Mensalidade acessível	8%	3%	7%
Dê garantia de futuro (remuneração)	7%	8%	6%
Reconhecimento do mercado de trabalho	6%	6%	6%
Bom curso (reconhecimento pelo mercado)	4%	1%	5%
Inovação	3%	0%	3%
Conseguir me formar na área que desejo	2%	0%	2%
Realização profissional	1%	3%	1%
Bons livros	1%	0%	1%
Tradição	1%	0%	1%
Outros	5%	4%	1%

Figura 6 - O que você espera de uma faculdade? Fonte: Souza, 2011.

Explicitados os argumentos da literatura para a escolha das variáveis de análise neste trabalho, simula-se o comportamento do sistema – aqui definido como Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais e sua dinâmica de movimentação de alunos calouros, egressos e veteranos transferidos de um curso para outro dentro da própria instituição.

Supondo que o número de alunos (N) da instituição seja uma função exclusiva dos seus investimentos em professores (P), então pode-se escrever que

$$N(t) = a \cdot P(t),$$

onde a é um parâmetro fixo.

Se a instituição decide aumentar seus investimentos incluindo aí marketing para a captação de alunos usando para isso uma parte dos lucros auferidos no ano anterior, então

$$P(t) = b \cdot N(t - 1),$$

aqui, b também é um parâmetro fixo.

Segundo Peixoto (2001), para que esta configuração represente uma empresa real, deve-se considerar que esta é um sistema não linear, isto é, uma ou mais equações descritoras do sistema não podem ser escritas na forma $ax + by + cz + \dots = cte$.

Esta passagem – de linear para não linear, ainda segundo Peixoto (2001) pode ser feita a partir da *equação logística*,

$$\frac{DN}{dt} = rN - rN^2 = rN \left(1 - \frac{N}{k} \right).$$

Por cálculo numérico pode-se ver que esta equação tem dois pontos fixos -, aqueles em torno dos quais um sistema caótico flutua: $\begin{cases} N = 0 \\ N = k \end{cases}$. O primeiro ponto é um ponto de instabilidade e portanto deve ser evitado; o segundo é um ponto estável, em outras palavras k é um *atrator*.

Por Lino (2015), valores ótimos para r seriam aqueles no intervalo tal que $r \in (0,4]$.

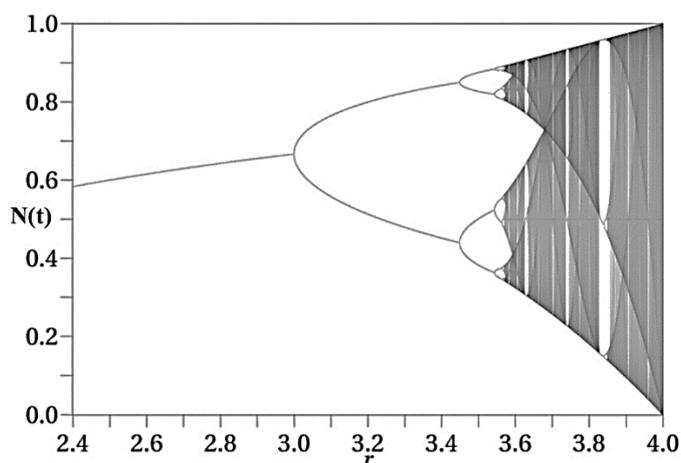


Figura 7 - Mapa de comportamento logístico. Fonte: Lino (2015).

Observando que uma separação de variáveis seguida de um processo simples de integração leva à solução da *equação logística* e revela o comportamento do número de alunos na Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais em um tempo t é:

$$N(t) = \frac{N_0 k e^{rt}}{[k + N_0(e^{rt} - 1)]}$$

Em resumo, considerando a ação do *atrator* k sobre o número de alunos vê-se que (figura 8):

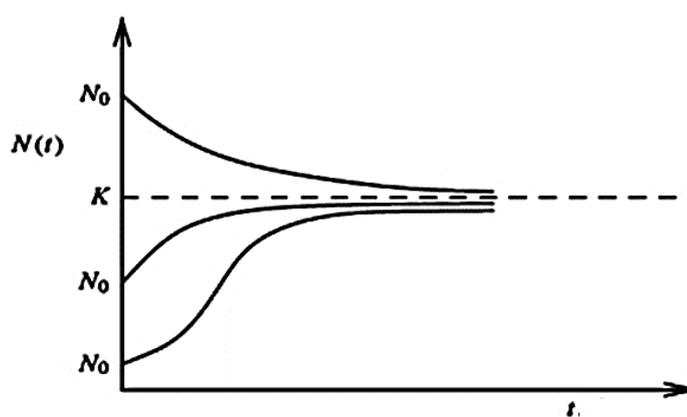


Figura 8 - Evolução temporal do número de alunos. Fonte: Lino (2015).

Nota-se aqui que o número de alunos em um tempo t , qualquer que seja o número de alunos no instante zero é atraído para um valor $N = k$.

Voltando ao mapa de comportamento logístico é possível compreender este comportamento pelas leis do Caos -, no instante $t = 0$ o número de alunos também é zero. Se $0 < r \leq 3,0$ o número de alunos é único e equivale a um parâmetro próximo de 0,6. Quando $3,0 < r < 3,4$, o número de alunos entra em uma bifurcação, isto é, número de alunos alterna entre dois valores em uma retroalimentação.

Quando $r = 3,4$ o sistema se torna instável e inicia uma alternância com quatro valores possíveis.

O mapa logístico da figura 7 indica auto similaridade. Isto quer dizer que decorrido um tempo suficientemente longo o comportamento do sistema tende a se repetir, ainda que em uma escala menor.

Este mapa também indica, e aqui é o ponto mais importante para a análise do que se deseja, isto é, do comportamento das flutuações do número de alunos na Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais a cada semestre letivo. Trata-se da *quebra de simetria* -, uma estrutura regular e ordenada dá lugar a outra que pode não o ser.

Caso uma estrutura ordenada evolua para uma desordenada, as mudanças e os resultados oriundos delas se tornam imprevisíveis, segundo Peixoto (2001).

E, não raro, esta organização evolui para um sistema dissipativo o que quer dizer que para sustentá-lo será necessário um aporte constante de recursos. Lembrando que o estudo desta organização só faz sentido pela Teoria do Caos em longo prazo, aportes de recursos em tempos muito dilatados pode significar o colapso da instituição.

Assim, faz-se necessário detectar a presença, ou não, de Caos no comportamento da captação e fidelização de alunos na Instituição de ensino superior do noroeste de Minas Gerais.

Este processo é feito via cálculo dos *expoentes de Lyapunov*, um procedimento heurístico realizado com o auxílio de uma planilha Excel e um algoritmo constante da biblioteca do Mathematica 11.

De um modo geral, estes expoentes indicam que (LURIE, 2013; WOLF, 1984):

$$\begin{cases} \lambda > 0: o \text{ sistema flutua de modo caótico;} \\ \lambda = 0: os \text{ sistema flutua de modo periódico;} \\ \lambda < 0: o \text{ sistema está em equilíbrio estável.} \end{cases}$$

O fator λ citado no esquema acima vem da equação:

$$\delta(t) = \delta_0(t_0) \cdot e^{\tau\lambda}.$$

Nesta equação, δ indica a distância entre dois valores conforme figura 8. τ é o número de passos no processo de *iteração* e λ é o expoente de Lyapunov.

Esta equação, associada a toda discussão até aqui deixa uma lição, por ser uma equação exponencial: uma pequena alteração nas condições iniciais de um sistema, algumas conforme Peixoto (2001), são comunicação informal, falta de cultura organizacional, falta de sensibilidade dos atores da instituição ao ambiente, incluindo aí, instituições de ensino superior privadas, podem ser fortemente amplificadas reduzindo a eficiência dos processos.

Em um processo de cálculo numérico esta discussão toma forma conforme a heurística que se descreve no código de programação para geração de mapas logísticos escrito para o software Mathematica 11 e disponível na biblioteca do software.

4 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO

A seguir estão listados os dados levantados para cinco cursos da presente Instituição (listados abaixo)-, estas tabelas indicam, cada uma, o número de candidatos inscritos no processo de seleção e também o número de aprovados neste processo e efetivamente matriculados.

Os cursos analisados foram, nesta instituição, aqueles cujo tempo de existência tem cinco anos, ou mais; exceto Medicina cujo processo de seleção é diferente do processo para os demais cursos.

Neste escopo de análise tem-se:

i. Bacharelado em Administração de Empresas.

Curso com 200 vagas autorizadas para a instituição a cada ano pela portaria/MEC Nº 267 de 03 de abril de 2017 e publicada no Diário Oficial Nº 65 de 04 de abril de 2017.

ii. Bacharelado em Direito

Curso no qual a portaria/MEC Nº 580 de 12 de novembro de 2013 autoriza 200 vagas a cada ano. Esta portaria foi publicada no Diário Oficial Nº 221 de 13 de novembro de 2013.

iii. Bacharelado em Educação Física

Curso com 240 vagas/ano autorizadas pela portaria/MEC Nº 367, de 26 de agosto de 2011. Esta portaria teve sua publicação feita no Diário Oficial Nº 166 de 29 de agosto de 2011.

iv. Bacharelado em Nutrição

Este curso tem um total de 100 vagas ao ano autorizadas pela portaria/MEC Nº 820 de 30 de dezembro de 2014 e publicada no Diário Oficial Nº 01 de 02 de janeiro de 2014.

v. Bacharelado em Sistemas de Informação

Para este curso a instituição analisada conta com 100 vagas ao ano para o seu processo seletivo autorizadas pela portaria/MEC Nº 1092 de 30 de dezembro de 2015 e publicada no Diário Oficial Nº 249 de 30 de dezembro de 2015.

O gráfico mostrado na figura 9 mostra o comportamento do número de inscritos no processo de seleção para os cursos citados acima em confronto com o número de aprovados efetivamente matriculados em cada um destes cursos.

Percebe-se, neste gráfico, que em um lapso de tempo igual a cinco anos, estas duas quantidades, aparentemente, não apresentam um padrão de correlação explicitamente verificável -, ressaltando-se que neste gráfico, para a correta compreensão da busca por um comportamento dinâmico, ou não, a origem do plano cartesiano corresponde ao final do ano 2017.

Isto posto uma vez que se deseja olhar para o passado, a partir do ano de 2017 e chegando ao ano de 2012 -, deseja-se recuar no tempo.

Curvas Inscritos x Matriculados

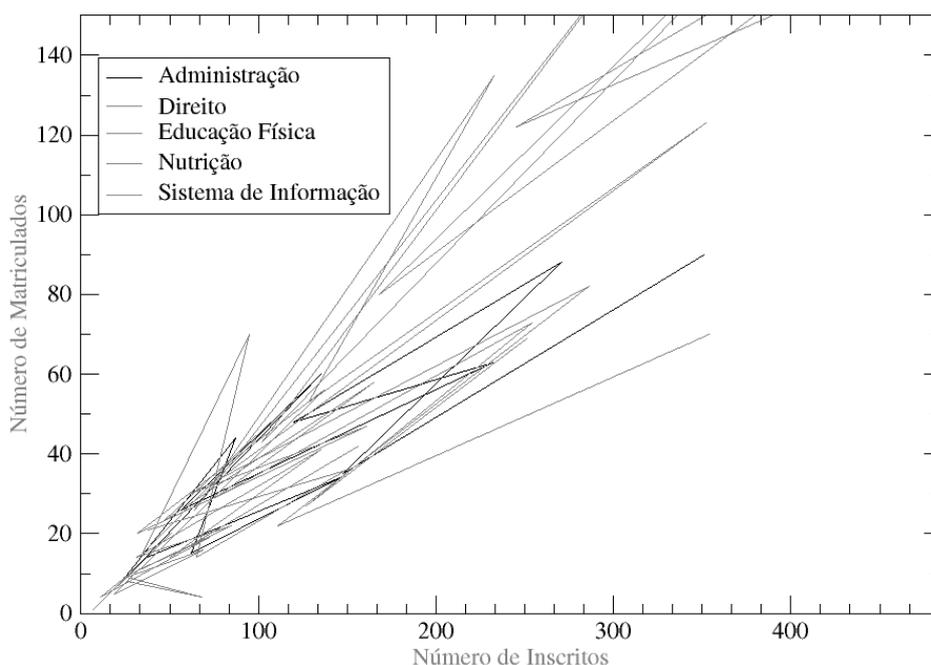


Figura 9 - Comportamento Inscritos x Matriculados.

Nesta figura, e.g., no curso de Administração, vê-se que no ano de 2012, no processo seletivo do primeiro semestre, o número de inscritos era superior a 340, ao passo que no ano de 2017, no processo seletivo do segundo semestre, este número se reduziu para algo em torno 40 candidatos.

4.1 Análise do comportamento de inscritos/matriculados no curso de Administração.

Na tabela 3 que se segue esmiúçam-se os dados colhidos junto à Comissão Permanente de Vestibulares e também junto à Secretaria Acadêmica da Instituição em estudo.

Nesta tabela lista-se o número de inscritos no processo de seleção, bem como o número de matriculados dentro do escopo de candidatos aprovados, não se considerando aí alunos eventualmente transferidos de outra instituição.

Isto, uma vez que este número é pequeno para o universo de inscritos e aprovados.

Com estas considerações, observa-se a tabela 3 dada.

Administração de Empresas		
Semestre/Ano	Inscritos no Processo de Seleção	Efetivamente Matriculados
1º/2012	351	90
2º/2012	148	35
1º/2013	271	88
2º/2013	120	48
1º/2014	232	63
2º/2014	56	26
1º/2015	135	60
2º/2015	21	7
1º/2016	87	44
2º/2016	62	15
1º/2017	146	34
2º/2017	36	14

Tabela 3 - Dados Concernentes ao Bacharelado em Administração de Empresas

Os dados desta tabela foram plotados, da direita para a esquerda na figura 10 abaixo mantendo-se o critério de recuo no tempo e vê-se uma diminuição acentuada no número de inscritos, mesmo mantendo-se o número de vagas igual à 200/ano.

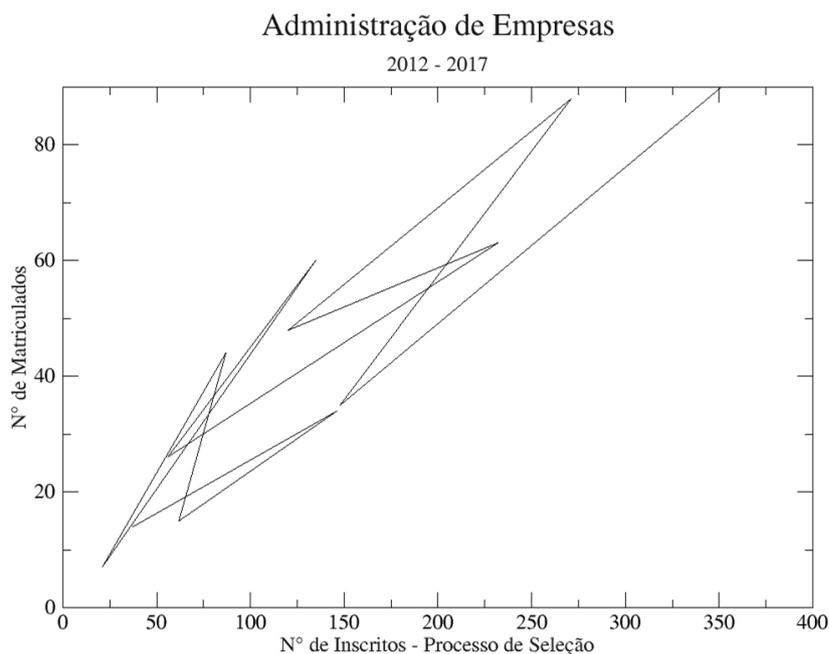


Figura 10 - Comportamento Inscritos x Matriculados

A figura 10 mostra, também, que a evolução da relação entre inscritos e matriculados não obedece a uma linha reta, o que poderia fazer supor que o nível de correlação entre estas quantidades é muito baixo e parece flutuar no tempo, isto é, parece haver um recuo na relação entre as quantidade observadas de tempos em tempos.

E assim é, uma vez que o processo de seleção para as matriculas no segundo semestre de cada ano não conta com a participação daqueles candidatos que estão finalizando o ensino médio, o que ocorre ao final de cada ano. Daí esse movimento retrógrado na linha do gráfico.

Com o intuito de se buscar uma possível correlação entre número de inscritos no processo de seleção e a quantidade efetivamente matriculada no curso de Administração, fez-se uma regressão quadrática do conjunto de dados com o software QtGrace.

Após esta regressão, a função quadrática obtida informa, em seu termo independente, o valor ótimo para o coeficiente r , neste caso, $r = 2,4798$, onde se deve ter $0 \leq r \leq 4$ (WOLF, 1984). Note-se que este valor de r encontra-se dentro do intervalo considerado ótimo na literatura.

Para que o processo de iteração continue (Wolf, 1984) lança-se mão da “função identidade” cujo papel é transformar um valor do eixo vertical em um do eixo horizontal (Miranda, 2016); para esta função, o gráfico é a linha reta passando pela origem do par de eixo (Wolf, 1984).

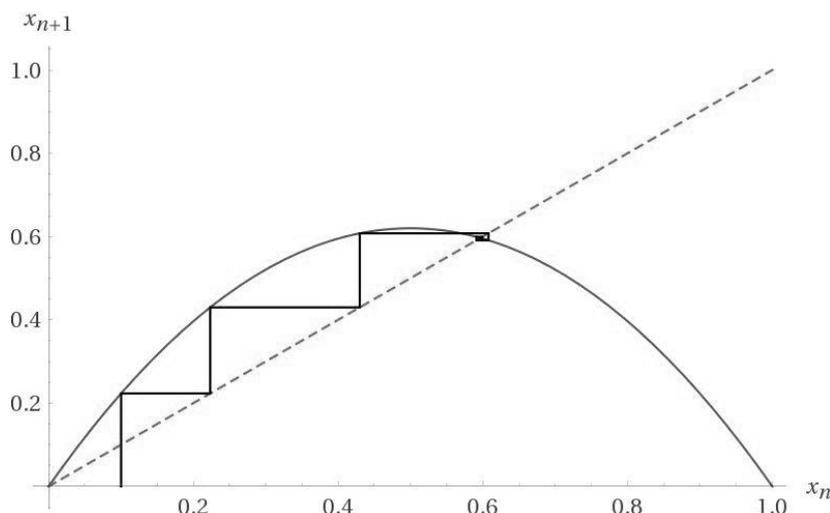


Figura 11 – Diagrama de Cobweb – Bacharel em Administração.

Observa-se na figura 11 que a reta da função identidade intersecta a parábola da função logística em dois pontos; estas intersecções indicam os pontos de equilíbrio no mapa de teia (figura 12). Estes pontos indicam que se houver um padrão caótico no interior do sistema, inicialmente tal sistema deverá oscilar periodicamente entre estes dois pontos e só então divergir para o caos.

A figura 12 indica que próximo a $x_n = 0,6$ o comportamento do número de inscritos no processo de seleção para o curso de Administração entra em um processo de repetição, isto é, surge o que se chama fractalidade (Miranda, 2016).

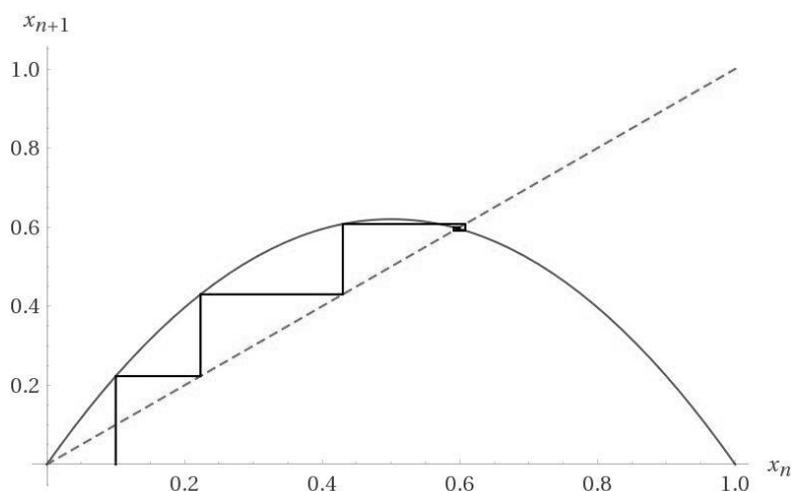


Figura 12 – Diagrama de Cobweb - Bacharel em Administração

Após o Mathematica 11 iterar a função 20000 vezes obteve-se o mapa logístico da figura 13. Por iteração entende-se processo de resolução de uma equação mediante operações em que sucessivamente o objeto de cada uma é o resultado da que a precede.

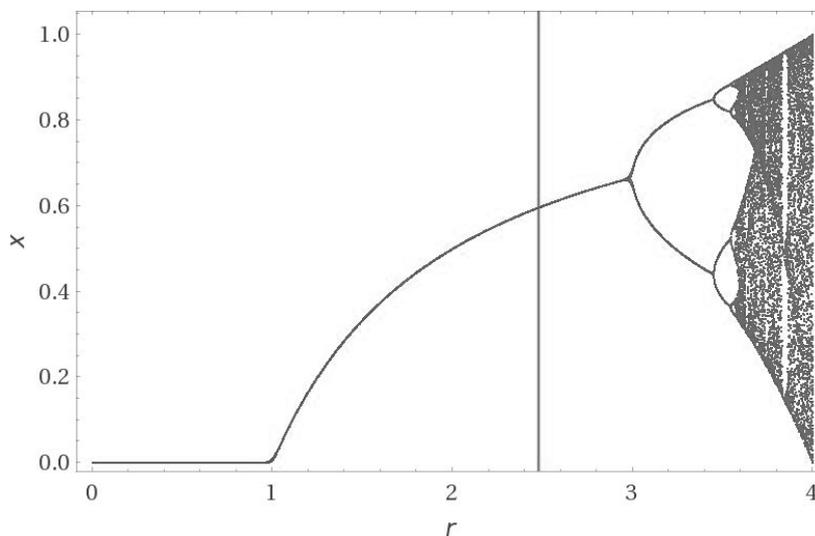


Figura 13 - Mapa logístico - Administração.

Na figura 13 tem-se que até próximo de $r = 3,45$ o sistema, isto é, o comportamento do número de inscritos no processo de seleção para o curso de Administração encontra-se em equilíbrio -, para $r > 3,45$ tal sistema passa a oscilar com período igual a 2. Em r aproximadamente igual a 3,545 o sistema ganha oscilação com período igual a 4 e assim sucessivamente.

Nota-se, também, que para $r > 3,58$ o sistema diverge e colapsa, portanto, o escopo deste trabalho é aquele em que $r < 3,58$.

Este conjunto de dados e seus respectivos cálculos numéricos retornam, via Mathematica 11, que o expoente de Lyapunov é $\lambda = 0,418$, o que quer dizer que o sistema formado pelo comportamento do número de inscritos *versus* número de efetivamente matriculados encontra-se muito próximo de sua inserção no universo caótico (PAIVA, 2001) que surge quando $r = 3$.

Este fato, portanto, leva à busca pela existência de atratores para um dado comportamento, *ad hoc*, a relação entre o número de alunos inscritos e aprovados no processo de seleção e aqueles efetivamente matriculados, e em que momento eles surgem no processo. Este comportamento é mostrado na figura 14 (MIRANDA, 2016; LORENZ, 2005).

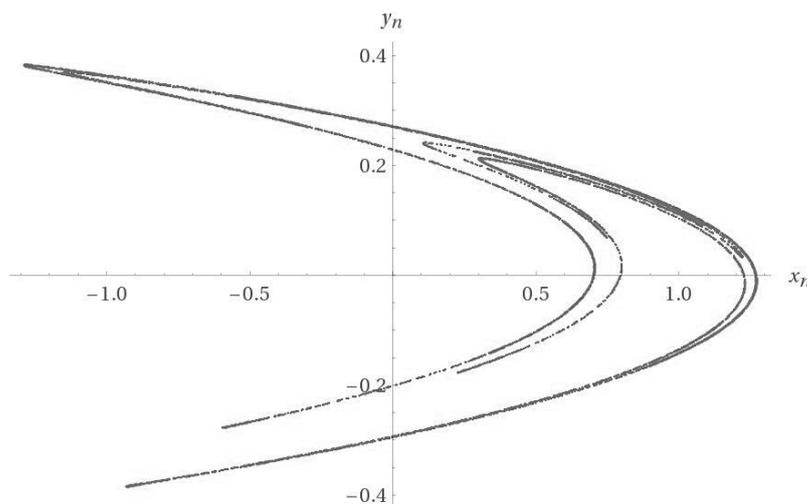


Figura 14 - Atratores - Curso de Administração.

Da figura 14, o Mathematica 11 retornou que o coeficiente de correlação entre as quantidades, isto é, o número de inscritos e aprovados no processo de seleção e os candidatos efetivamente matriculados é 1,25.

Isto indica que deve existir pelo menos uma variável diferente daquelas elencadas a seguir e que interferem no processo de captação e fidelização de alunos para o curso de Administração (SOUZA, 2011). Uma possibilidade seria descontentamento subjetivo com o curso.

Estas variáveis foram elencadas a partir do questionário socioeconômico de preenchimento obrigatório para os candidatos inscritos no processo de seleção, bem como no perfil de cursos elaborado pelo Guia do Estudante, Editora Abril (PRADO et al, 2017) aliados à discussão precedente tendo como base o trabalho de Souza (2011) e Maiochi (2011):

- a) Valor da mensalidade em cada curso;
- b) Segurança profissional e futura do curso;
- c) Migração de um curso para outro dentro da própria instituição;
- d) Desemprego durante o curso;
- e) Possibilidade de Estágio;
- f) Diminuição do aporte dado pelo FIES;
- g) Projetos de Extensão.

Destarte, pelo ponto de vista da teoria do Caos, este curso requer um aprofundamento na observação e abordagem para se identificar qual ou quais variáveis estão sendo negligenciadas (MATOS, 2007).

Administração de Empresas

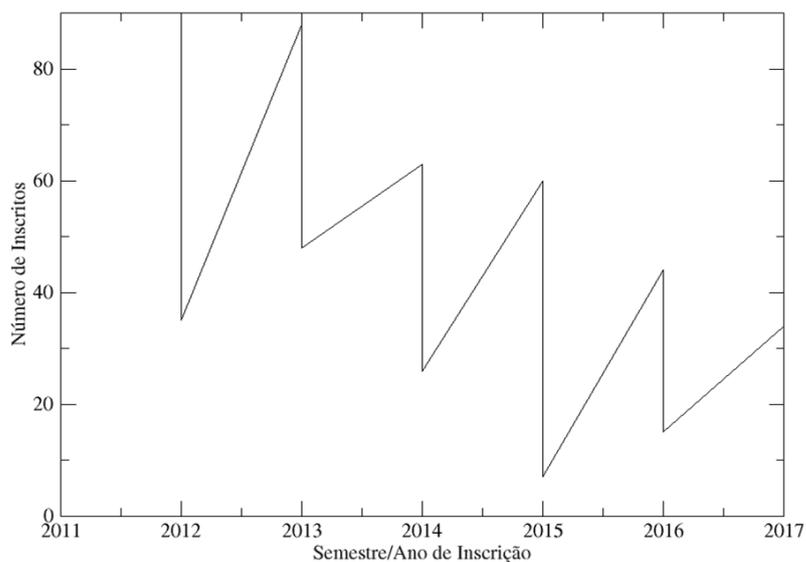


Figura 15 -Comportamento do Número de Inscritos no Processo de Seleção.

A figura 15 acima relata o comportamento do número de inscritos por processo de seleção e mostra como houve um declínio significativo nesta quantidade em um período de cinco anos.

Pelo que se viu da análise anterior, este comportamento tem um componente caótico, isto é, trata-se de um sistema dinâmico (PRIGOGINE, 2002; MIRANDA, 2016; LORENZ, 2005; LURIE, 2013).

Administração de Empresas

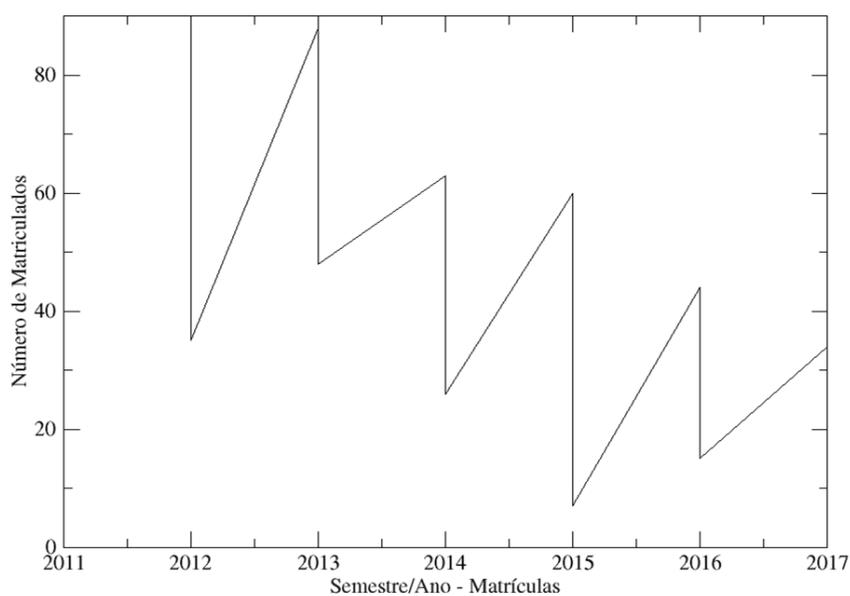


Figura 16 - Comportamento do Número de Matriculados.

O mesmo comportamento pode ser visto na figura 16 acima, no que se refere ao número de matriculados.

Neste sentido, Marietto (2003) propõe que o processo de gestão, por um viés no âmbito da teoria do Caos, se apoie em duas potencialidades a serem transformadas em ato pelos gestores:

- a)** Controle e desenvolvimento em situações abertas como um processo político, isto é, o gestor pode incrementar o processo decisório permitindo que o plano de metas de cada setor da organização seja mais afeito a ações de curto prazo, minimizando os efeitos da bifurcação como mostrado na figura 8 para $r = 3$. Por bifurcação entende-se o surgimento de mais de uma alternativa para um mesmo ponto de partida.
- b)** Restrições fornecidas pelas necessidades de construir e sustentar apoio. Autocontrole por aprendizado. Neste ponto, Lucena (1999, p. 3) sugere a análise do fator caótico por um ponto de vista multicriterial, e.g., indica o uso de métodos de abordagem tais como o 'Critério de Pontos' baseado na ponderação dos fatores envolvidos dentro de uma escala de valores, portanto mais subjetivo. O ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité), método matemático de hierarquização de todas as ações pela classificação destas como elementos de um conjunto numérico cujos espaços geram uma matriz onde se analisa os fatores de dominância de uma ação sobre outra no processo decisório, método, portanto, mais sofisticado e numérico.
- c)** Estratégia emergente espontaneamente do caos, das mudanças e das contradições, através de processo político e de aprendizagem em tempo real. Esta pode ser uma postura associada ao modelo de análise multicriterial (Lucena, 1999) em que se implementa o processo estratégico de tomada de decisões no qual tudo se baseia em propósitos previamente estabelecidos. O imprevisto ganha status de variável no processo de gestão.

De modo prático, Marietto (2006) afirma que a epistemologia da teoria do Caos, nestas circunstâncias, indica um olhar de gestão com os seguintes quesitos:

- i. Apropriação da compreensão temporal e evolucionária dos processos e tomadas de decisão;
- ii. Percepção do aumento do alcance das opções analíticas;
- iii. Percepção do aumento dos recursos conceituais que dão base à tomada de decisões em um ambiente complexo.

4.2 Análise do comportamento de inscritos/matriculados no curso de Direito

A seguir, na tabela, 4 tem-se os dados pertinentes ao curso de Direito na instituição em estudo.

Nesta tabela constam os dados de inscritos e matriculados no período compreendido entre o ano 2012 (inclusive) e o ano de 2017. Vale notar que este curso tem uma autorização para preenchimento de 200 vagas/ano.

Direito		
Semestre/Ano	Inscritos no Processo de Seleção	Efetivamente Matriculados
1º/2012	483	168
2º/2012	245	122
1º/2013	486	185
2º/2013	168	80
1º/2014	459	206
2º/2014	102	43
1º/2015	320	172
2º/2015	64	26
1º/2016	233	135
2º/2016	128	53
1º/2017	352	123
2º/2017	79	34

Tabela 4 - Dados Concernentes ao Bacharelado em Direito

Olhando a figura 18 da direita para a esquerda, mantendo-se fiel à regressão temporal, vê-se uma queda tanto no número de inscritos quanto no número de matriculados no curso de Direito.

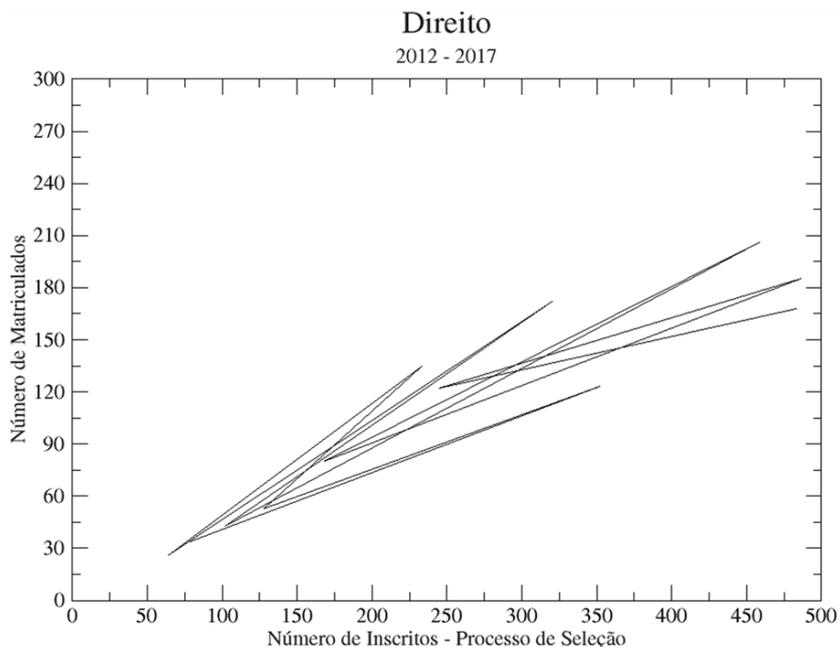


Figura 17 - Comportamento Inscritos x Matriculados

Deste conjunto de dados e do respectivo gráfico da figura 17, elaborou-se uma regressão quadrática, porém a mesma retornou um termo independente para a função com sinal negativo -, isto quer dizer que no espaço temporal de análise, cinco anos, a parábola não informa adequadamente o comportamento das quantidades para o escopo de análise deste trabalho.

Com esta fragilidade, optou-se, então, por se refazer a regressão dos dados a partir de uma aproximação por série de potências (LURIE, 2013; WOLF, 1984) de modo que a mesma convergisse, desprezando-se os termos de maior grau, para uma função quadrática e, neste caso, o valor do parâmetro r na função logística retornado foi 0,4915 que obedece ao critério $0 \leq r \leq 4$ (MIRANDA, 2016).

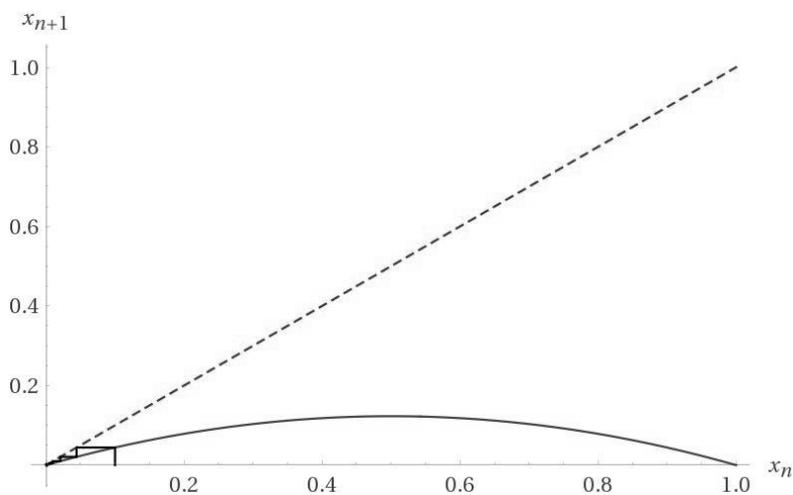


Figura 18 – Diagrama de Cobweb – Direito.

Entrando-se com esse parâmetro no Mathematica 11 e iniciando-se um processo de iteração em 20000 vezes, obtém-se o diagrama de Cobweb mostrado na figura 18.

Nota-se, na figura 18, que só há intersecção entre a curva de regressão e a reta identidade na origem do plano cartesiano. Isto quer dizer que não haverá um processo de fractalidade no conjunto de dados analisado (MIRANDA, 2016; LORENZ, 2005).

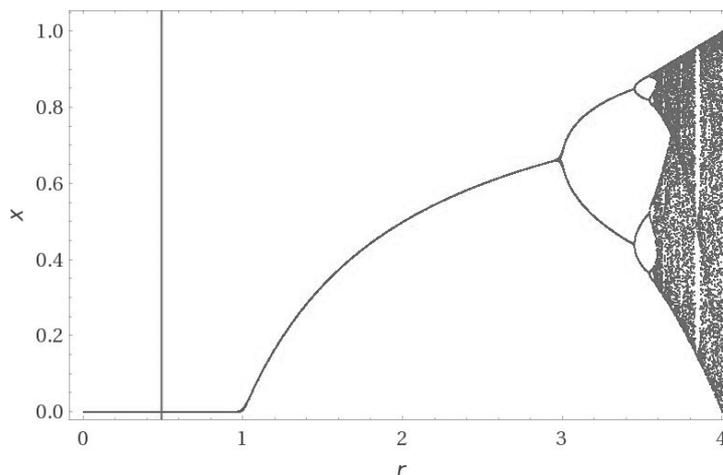


Figura 19 – Mapa Logístico - Bacharel em Direito.

Para este conjunto de dados, isto é, para o escopo de análise do curso de Direito, o mapa logístico é aquele mostrado na figura 19 acima.

A análise do mapa logístico da figura 19 mostra a distância entre o ponto em que $r = 1$ e o ponto em que $r = 3$, onde inicia-se o processo de bifurcação e o surgimento de oscilação com período igual a 2.

Neste curso o processo de cálculo numérico retornou um expoente de Lyapunov igual a $-0,709$ que indica ser este um sistema em equilíbrio estável, ou seja, suscetível apenas às variáveis elencadas a seguir (Miranda, 2016 ; Paiva, 2001):

- a). Valor da mensalidade em cada curso;
- b) Segurança profissional e futura do curso;
- c) Migração de um curso para outro dentro da própria instituição;
- d) Desemprego durante o curso;
- e) Possibilidade de Estágio;
- e) Diminuição do aporte dado pelo FIES;
- f) Projetos de Extensão.

Na figura 20 vê-se um declínio no número de inscritos e matriculados, entretanto este comportamento obedece às variáveis comuns do processo de captação de alunos: situação econômica, desemprego, diminuição do aporte dado financiamento estudantil (FIES) etc. já que não se verifica perfil caótico no comportamento estudado.

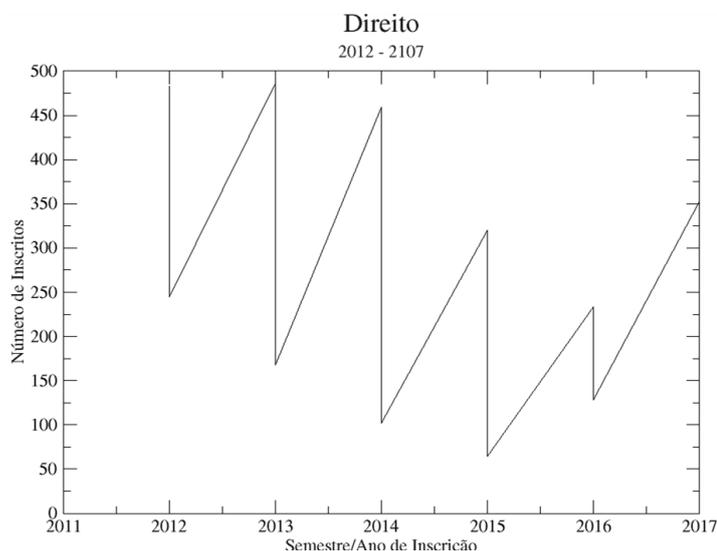


Figura 20 - Comportamento do número de Inscritos no Processo de Seleção.

Com isto, não se faz necessário, pelo intervalo de tempo de análise, cinco anos, buscar possíveis atratores para este curso e sua dinâmica de movimentação de entrada de novos alunos, o que se vê na figura 21.

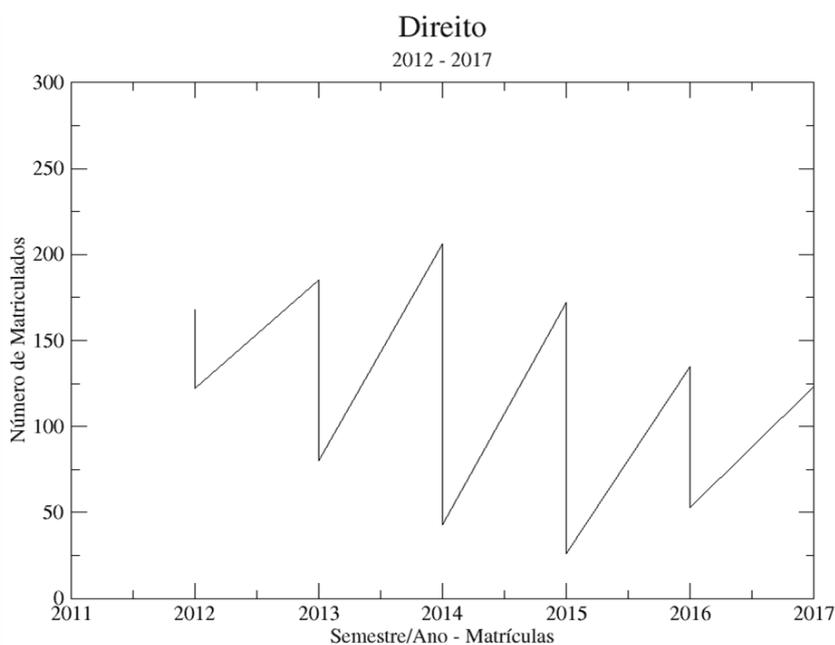


Figura 21 - Comportamento do Número de Matriculados.

4.3 Análise do comportamento de inscritos/matriculados de Educação Física

Educação Física		
Semestre/Ano	Inscritos no Processo de Seleção	Efetivamente Matriculados
1º/2012	251	69
2º/2012	127	27
1º/2013	254	73
2º/2013	76	29
1º/2014	165	58
2º/2014	46	23
1º/2015	119	53
2º/2015	35	15
1º/2016	95	70
2º/2016	65	14
1º/2017	149	36
2º/2017	38	21

Tabela 5 - Dados Concernentes ao Bacharelado/Licenciatura em Educação Física

A tabela 5 traz o conjunto de dados concernentes ao curso de Educação Física na instituição em análise. Para este curso a instituição disponibiliza 240 vagas/ano em dupla habilitação: Licenciatura e Bacharelado.

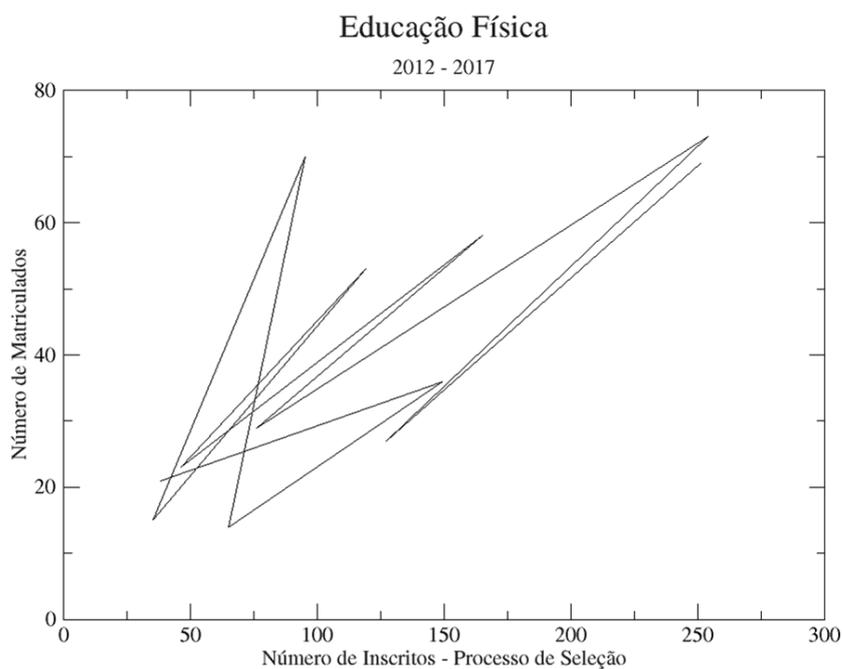


Figura 22 - Comportamento Inscritos x Matriculados.

Observa-se, na figura 22, mostrada acima, que o conjunto de dados da tabela tem um grau de concentração maior que os dados até aqui analisados: Administração e Direito.

Este conjunto de dados teve sua regressão desenvolvida por uma função quadrática. A função logística.

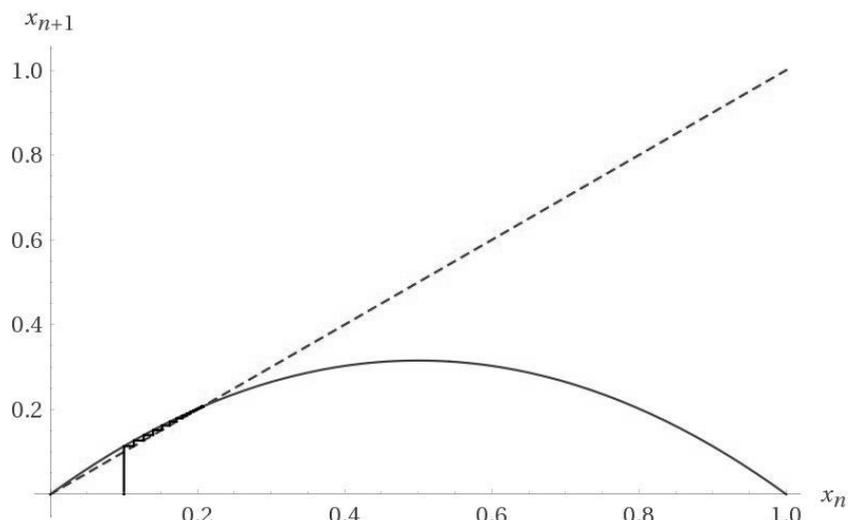


Figura 23 – Diagrama de Cobweb.

A figura 23 é o diagrama de Cobweb para o conjunto de dados.

Ao observá-lo verifica-se que próximo de $x_n = 0,1$ há um início de fractalidade, mas que este processo não se amplia com o passar do tempo -, nota-se que a curva fractal fica paralela à curva identidade e tangente à curva logística.

Estes dois fatos ficam mais bem explicitados na figura 24 que se segue.

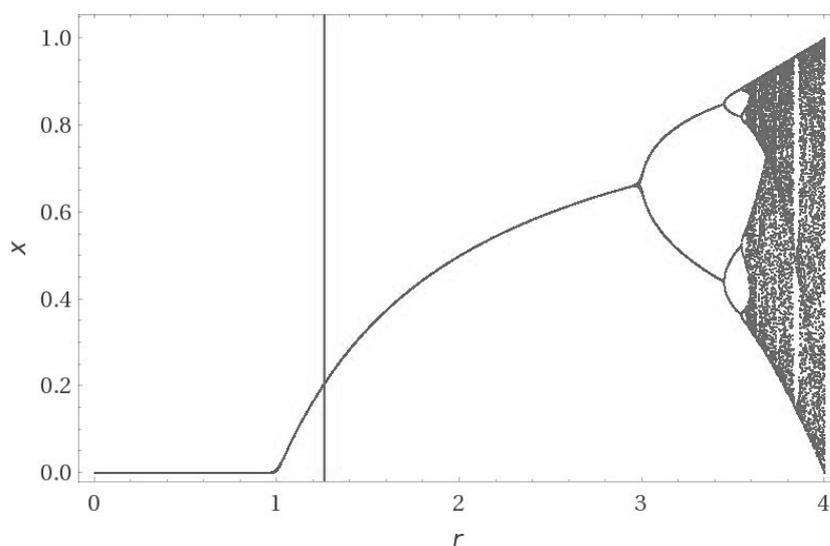


Figura 24 – Mapa Logístico – Bacharel em Educação Física.

O mapa logístico acima esclarece que o curso de Educação Física na instituição em análise mostra um leve deslocamento do comportamento de equilíbrio para a relação entre inscritos no processo seletivo e o número de efetivamente matriculados para a direita na figura 24 em direção ao surgimento de mais de um estado possível para o sistema, ou seja, o sistema populacional deste curso já se encontra dirigindo-se à flutuação periódica.

O conjunto de dados mostra, por este perfil logístico, que é um curso com boa estabilidade no fluxo e dinâmica de entrada de alunos, porém, a título de comparação, esta estabilidade é menor que aquela do curso de Direito onde a mesma linha vermelha encontra-se no intervalo $0 \leq r \leq 1$ (MIRANDA, 2016; PINTO, 2009).

No caso de Educação Física há uma leve flutuação no comportamento da dinâmica do fluxo de alunos novos, mas ainda bem distante da bifurcação que aconteceria em $r = 3$. Esta bifurcação levaria à oscilação periódica do sistema com período igual a 2.

Neste sentido, então, há que se acompanhar esta dinâmica tendo em vista um discreto deslocamento da estabilidade do sistema em direção à oscilação (TOMÉ, 2001; CIPOLLI, 2012).

Nas figuras 25 e 26 mostra-se o comportamento semestral do fluxo de entrada de alunos na instituição para o bacharelado em Educação Física.

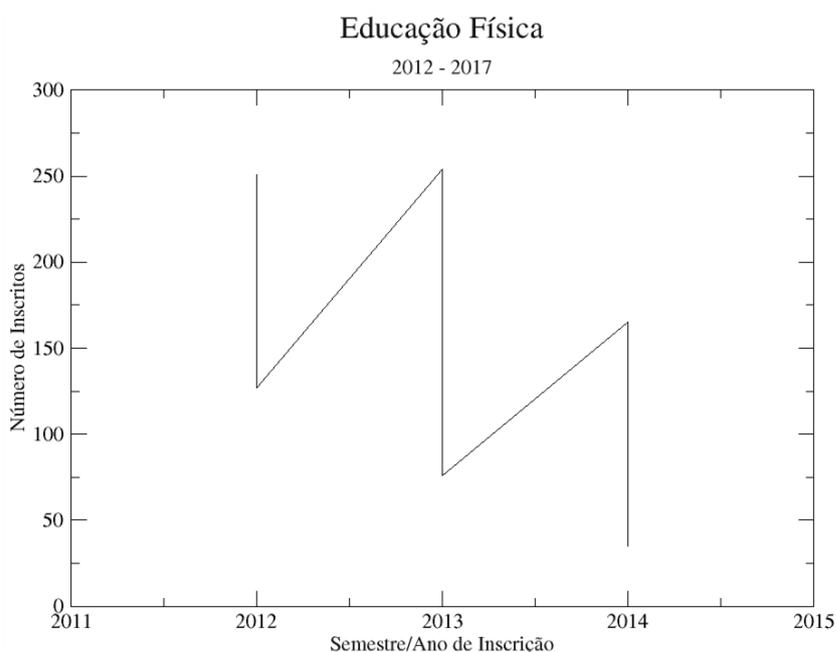


Figura 25 - Comportamento do Número de Inscritos no Processo de Seleção

Marietto (2006) indica, conforme a tabela 2, que nestes casos é razoável avaliar-se uma postura administrativa e de gestão com a possibilidade de vislumbre multicriterial, ou seja, pode-se considerar alguns dos critérios desta tabela no processo de análise da gestão pelo viés da teoria do Caos.

Quais destes critérios serão utilizados é uma decisão política dos gestores e deve contar com o engajamento dos envolvidos no processo, uma vez que a visão pela teoria do Caos requer um vislumbre de possibilidades.

Isto posto e, tendo em vista que o processo de iteração através do Mathematica 11, partindo-se de uma regressão por potências e convergindo para uma função quadrática, retornou um parâmetro $r = 1,2614$. Nota-se que este parâmetro encontra-se dentro dos valores previstos pela literatura, isto é $0 \leq r \leq 4$ (Miranda, 2016) e um valor $\lambda = -0,303$ para o expoente de Lyapunov (Miranda, 2016 ; Paiva, 2001).

Este valor negativo para o expoente de Lyapunov indica equilíbrio estável no processo de captação e fidelização de alunos para o curso de Educação Física (Miranda, 2016). Não há, portanto, componente caótico no lapso de tempo de 5 anos.

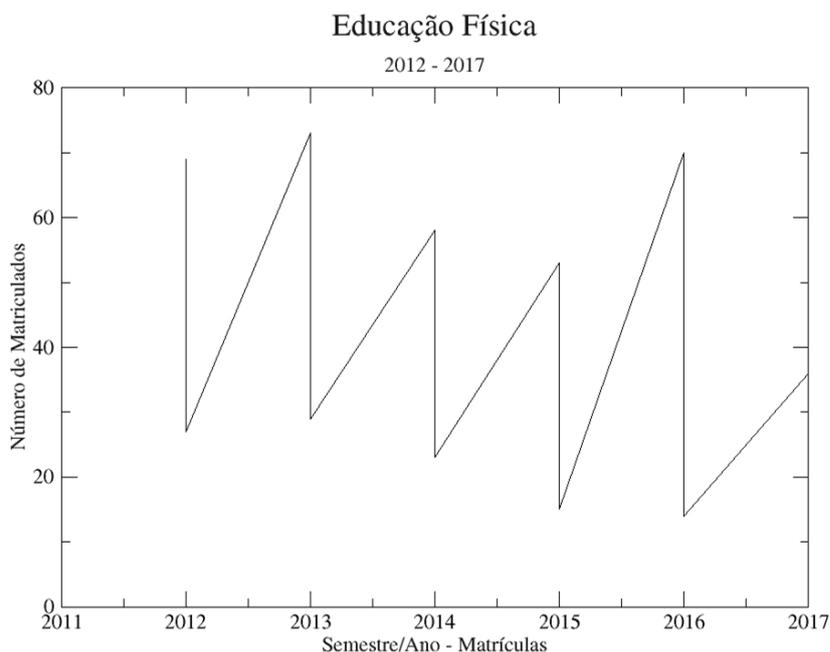


Figura 26 - Comportamento do Número de Matriculados.

4.4 Análise do comportamento de inscritos/matriculados no curso de Nutrição

Na tabela 6, tem-se os dados referentes ao Bacharelado em Nutrição. Este curso tem aprovadas 100 vagas/ano.

Nutrição		
Semestre/Ano	Inscritos no Processo de Seleção	Efetivamente Matriculados
1º/2012	354	70
2º/2012	111	22
1º/2013	286	82
2º/2013	62	30
1º/2014	161	47
2º/2014	32	20
1º/2015	137	56
2º/2015	19	5
1º/2016	69	16
2º/2016	26	9
1º/2017	68	4
2º/2017	26	8

Tabela 6 - Dados Concernentes ao Bacharelado em Nutrição.

Pela tabela, vê-se uma queda acentuada tanto no número de inscritos no processo seletivo quanto no número de matriculados.

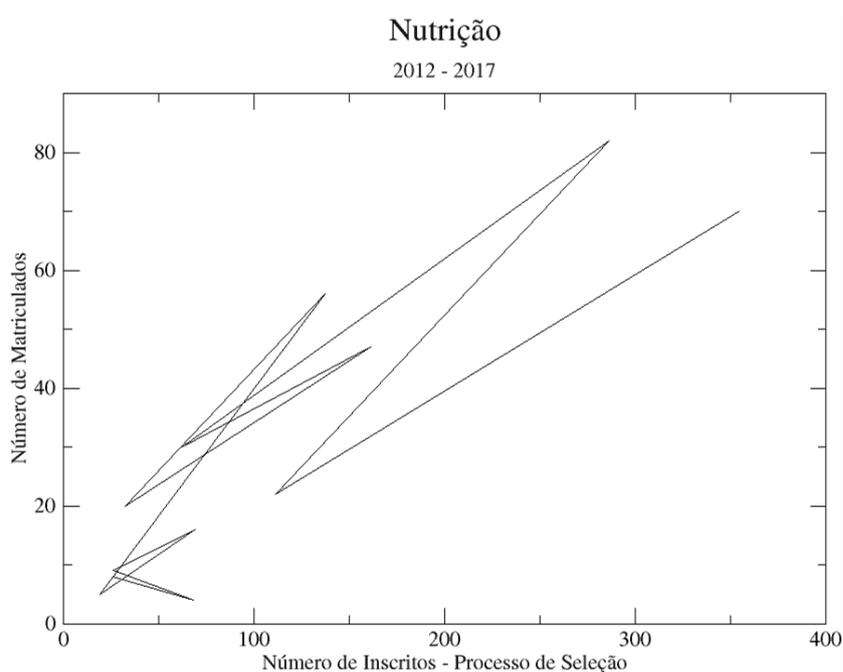


Figura 27 - Comportamento Inscritos x Matriculados.

Plotando-se os dados da tabela 6 com o software QtGrace e analisando-se a curva resultante no sentido da direita para a esquerda, novamente obedecendo a uma escala temporal regressiva, obtêm-se a curva da figura 27 -, nesta curva nota-se uma concentração de queda em inscritos e matriculados a partir de 2015.

Promovendo a regressão destes dados por uma série de potências de modo que convirja para uma função quadrática, exigência para se ter a função logística, encontra-se o diagrama de Cobweb mostrado na figura 28.

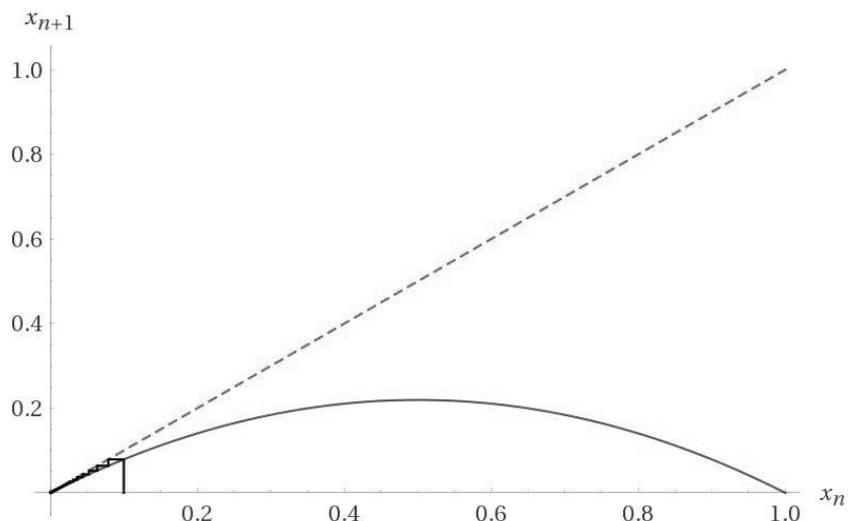


Figura 28 – Diagrama de Cobweb.

Neste diagrama nota-se que houve intersecção entre a função identidade (representada pela reta) e a curva logística (parábola) apenas na origem do par de eixos.

Isto quer dizer que este é o único ponto de equilíbrio para o comportamento entre a relação do número de candidatos inscritos e aprovados na seleção e o número destes efetivamente matriculado.

Percebe-se, ainda, que o diagrama de Cobweb mostrado na figura 28 indica extinção do processo de fractalidade próximo de $x_n = 0,1$. Isto leva à conclusão de que embora a fractalidade não se faça presente, o sistema encontra-se tendendo vagarosamente à bifurcação.

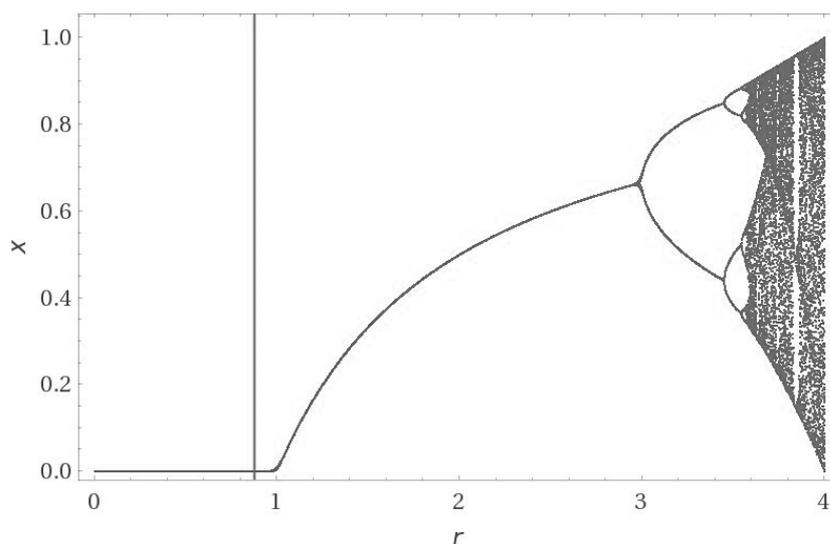


Figura 29 – Mapa Logístico - Bacharel em Nutrição.

Por outro lado, o mapa logístico da figura 29 mostra que o sistema formado pelo conjunto de candidatos inscritos e aprovados em relação ao número de matriculados caminha para o surgimento de flutuação que ocorrerá quando $r \gtrsim 1$.

O Mathematica 11 retornou $r = 0,458$, valor este dentro do intervalo considerado ótimo pela literatura (MIRANDA, 2016) o que aponta necessidade premente de observação atenta sobre o comportamento da dinâmica de captação e fidelização de alunos no curso de Nutrição -, o que pode ser feito pela abordagem multicriterial adotada por Marietto (2003) conforme se vê nas tabelas 1 e 2.

Note-se, também, que o Mathematica 11 após o processo de 20000 iterações retornou um valor $\lambda = - 0,130$ para o expoente de Lyapunov e que este expoente segundo Miranda (2016) e Paiva (2001) colocam o comportamento da dinâmica populacional do curso de Nutrição como equilíbrio estável, porém tendendo rapidamente à instabilidade.

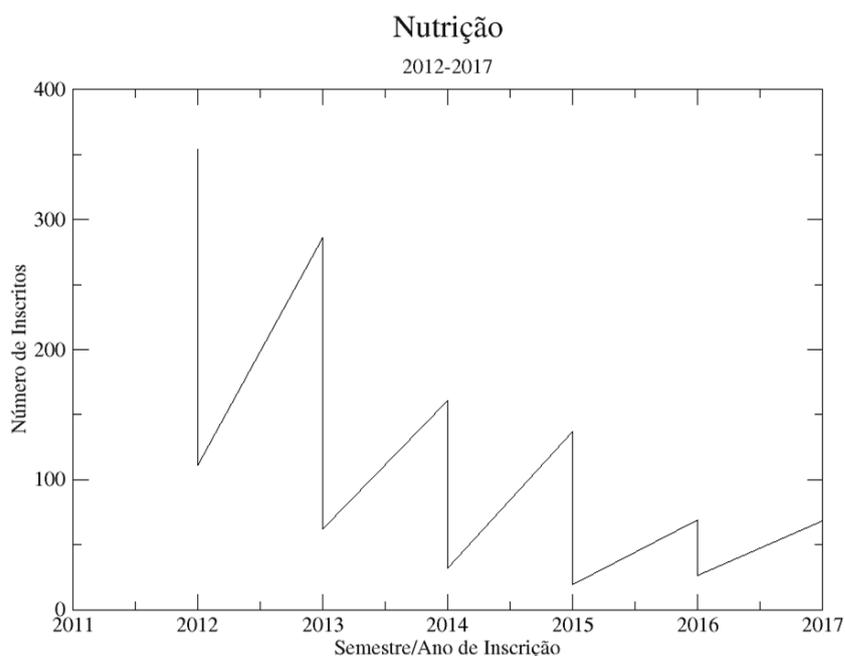


Figura 30 – Comportamento do Número de Inscritos.

Na figura 30 acima, vê-se o comportamento do número de inscritos para um intervalo de tempo de 05 anos.

Embora não se tenha verificado um componente caótico neste lapso de tempo considerado, o decréscimo no número de inscritos é muito acentuado o que, para o escopo deste trabalho e contrapondo-se a curva da figura 30 com o mapa da figura

29 é, conforme Marietto (2003), válido pensar-se em uma abordagem multicriterial de acordo com as tabelas 1 e 2.

Aqui, novamente, a escolha por uma abordagem de gestão multicriterial, se ocorrer, será por uma visão política da instituição (Marietto, 2003).

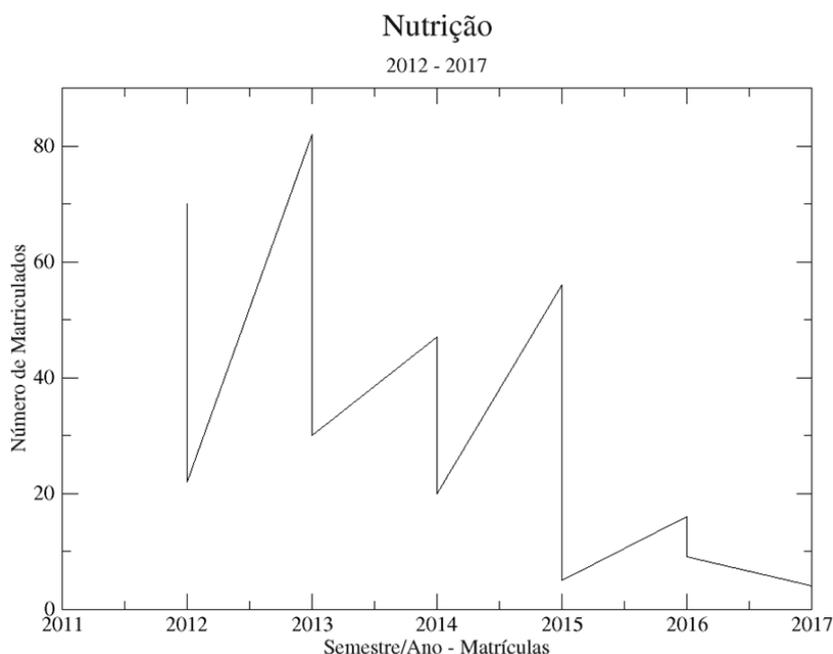


Figura 31 - Comportamento do Número de Matriculados.

4.5 Análise do comportamento de inscritos/matriculados no curso de Sistemas de Informação

O curso de Bacharel em Sistemas de Informação, com uma quantidade anual de vagas igual a 100, tem sua dinâmica de movimentação de alunos mostrada na tabela 7 abaixo.

Sistemas de Informação		
Semestre/Ano	Inscritos no Processo de Seleção	Efetivamente Matriculados
1º/2012	156	42
2º/2012	50	14
1º/2013	135	41
2º/2013	31	14
1º/2014	85	22
2º/2014	24	9
1º/2015	72	19
2º/2015	11	4
1º/2016	30	11
2º/2016	21	7
1º/2017	51	20
2º/2017	7	1

Tabela 7 - Dados Concernentes ao Bacharelado em Sistemas de Informação.

Esta tabela indica uma queda sensível na procura por este curso na instituição que hora se analisa.

A figura 32 que se segue corrobora este comportamento -, veja-se, fazendo uma leitura da direita para a esquerda, respeitando-se o lapso temporal de 05 anos que houve um processo de convolução aproximadamente no ano de 2015.

Após este processo a queda na captação de alunos foi acentuada.

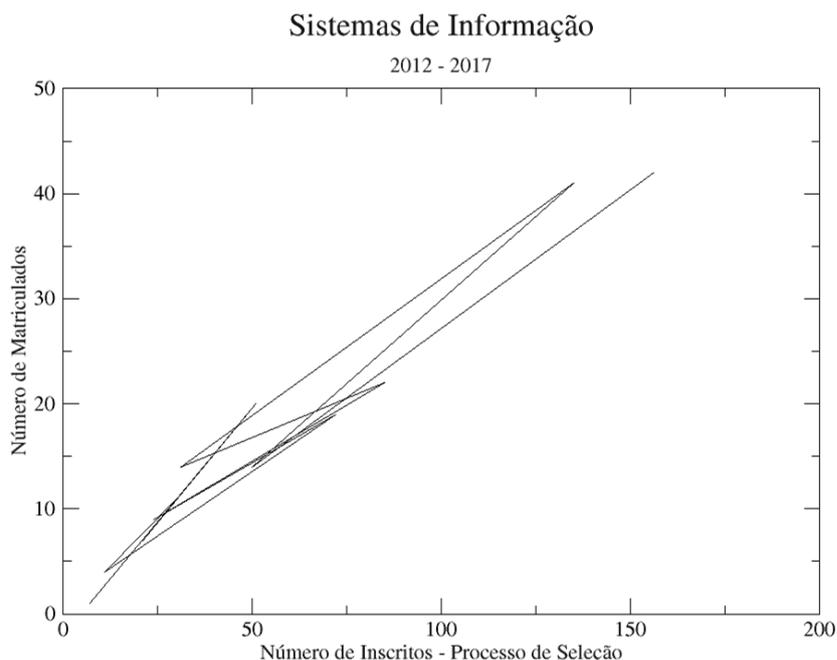


Figura 32 - Comportamento Inscritos x Matriculados.

De posse destas informações criou-se o diagrama de Cobweb mostrado na figura 33.

Ao observá-lo verifica-se que próximo de $x_n = 0,1$ há um início de fractalidade, mas que este processo não se amplia com o passar do tempo -, nota-se que a curva fractal fica paralela à curva identidade e tangente à curva logística.

Por outro lado, nota-se que a reta da função identidade intersecta a parábola da função logística em dois pontos: na origem do par de eixos e em $x_n = 0,25$. Uma reta tangente à parábola será paralela à reta identidade no ponto $x_n = 0,00$. Sendo aí um ponto de equilíbrio estável (MIRANDA, 2016; LORENZ, 2005).

O que era de esperar, pois aí $x_{n+1} = 0,00$.

Por outro lado, em $x_n = 0,25$ uma reta tangente à parábola não seria paralela à reta identidade (destacada em vermelho na figura 33); neste ponto, portanto, ter-se-ia equilíbrio instável (MIRANDA, 2016 ; LORENZ, 2005).

Isto significa que qualquer mínima alteração nas condições iniciais do processo de captação e fidelização de alunos para o curso de Bacharel em Sistemas de Informação caminhará abruptamente para um comportamento caótico (WOLF, 1984, PRIGOGINE, 2002; LURIE, 2013).

Por condições iniciais aqui apropriada-se, por transposição didática (CHEVAL-LARD,1991), daquelas ações atualmente tomadas durante o processo, isto é, campanhas de marketing, política de descontos, expectativas de mercado de trabalho etc.

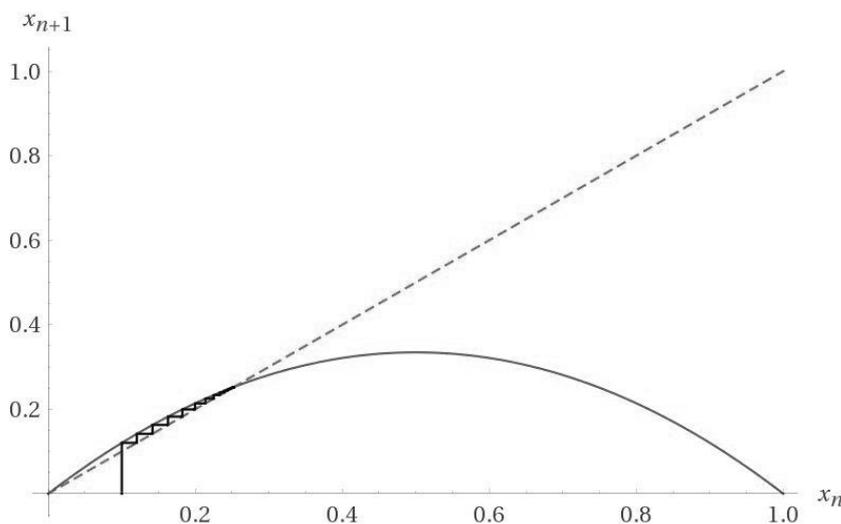


Figura 33 – Diagrama de Cobweb.

A seguir, figura 34, mostra-se o mapa logístico para o comportamento do conjunto de dados da tabela 7.

A análise que resultou neste gráfico, elaborada via Mathematica 11, também retornou para a equação logística, isto é,

$$\frac{DN}{dt} = rN - rN^2 = rN \left(1 - \frac{N}{k}\right),$$

Um valor $r = 1,3383$, valor este de acordo com a literatura (Miranda, 2016).

Ainda pela Mathematica 11 obteve-se o expoente de Lyapunov (Eckmann, 1986) com um valor igual a $-0,416$. Um expoente negativo, portanto.

Isto indica que o comportamento da série temporal de dados para o curso de Bacharel em Sistemas de Informação encontra-se em equilíbrio estável; entretanto, comparando-se a figura 34 com a figura 33 percebe-se uma tendência forte de deslocamento para o comportamento caótico.

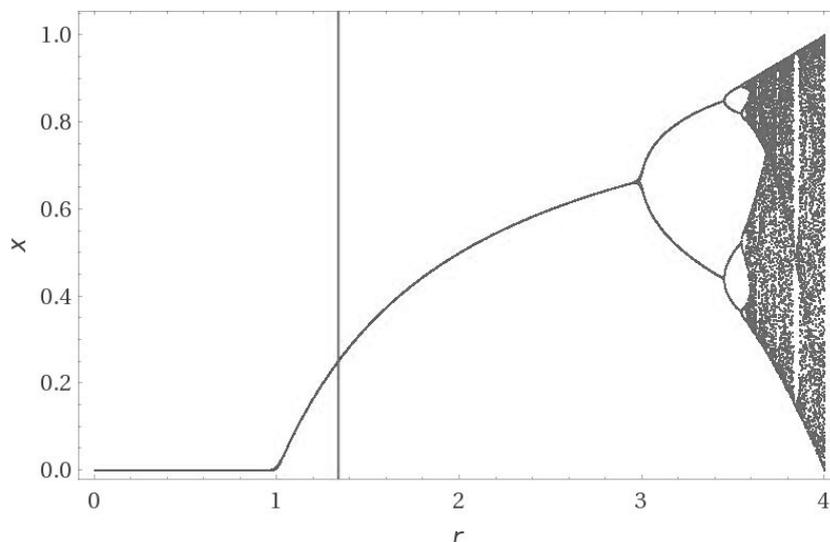


Figura 34 - Mapa Logístico - Bacharel em Sistemas de Informação.

Com esta correlação entre análises procedeu-se, então, à simulação do comportamento dos possíveis atratores presentes no sistema composto pela quantidade de alunos inscritos no processo de seleção e aqueles aprovados e efetivamente matriculados.

Conforme discutido nos parágrafos anteriores, o comportamento da dinâmica de captação e manutenção de alunos no curso de Bacharel em Sistemas de Informação apresenta forte tendência ao comportamento caótico.

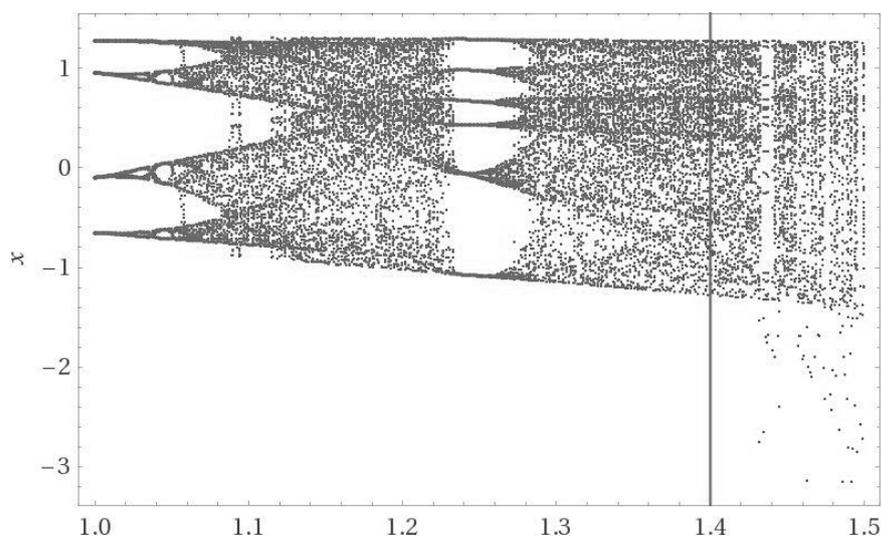


Figura 35 - Diagrama de Bifurcação.

Isto tendo em vista que os atratores estão puxando a trajetória da série temporal de dados para um uma oscilação com período igual 12, conforme a figura 35.

Deste modo, pode ser de valor aplicável um processo multicriterial de gestão da captação e fidelização de alunos para este curso, conforme o propõe Marietto (2003) e visto nas tabelas 1 e 2.

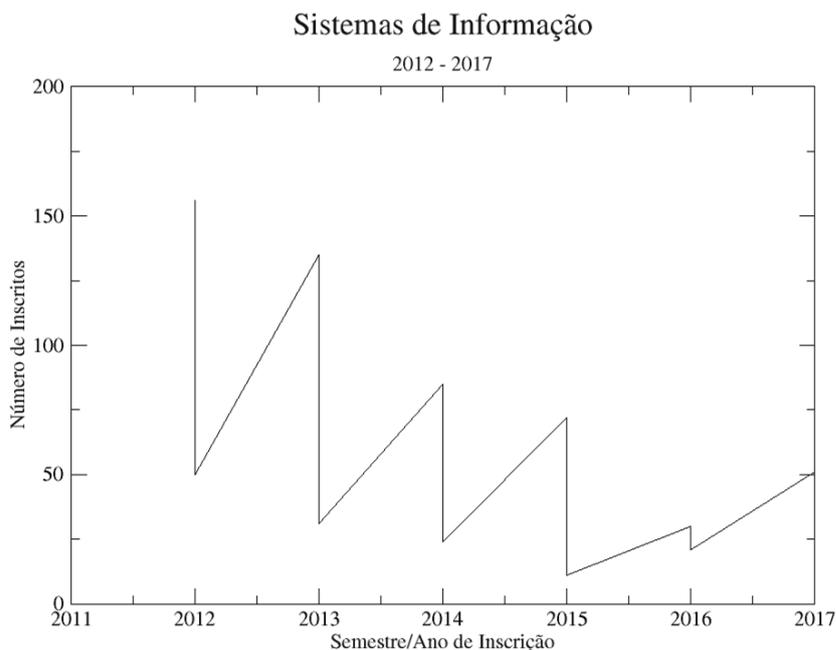


Figura 36 - Comportamento do Número de Inscritos.

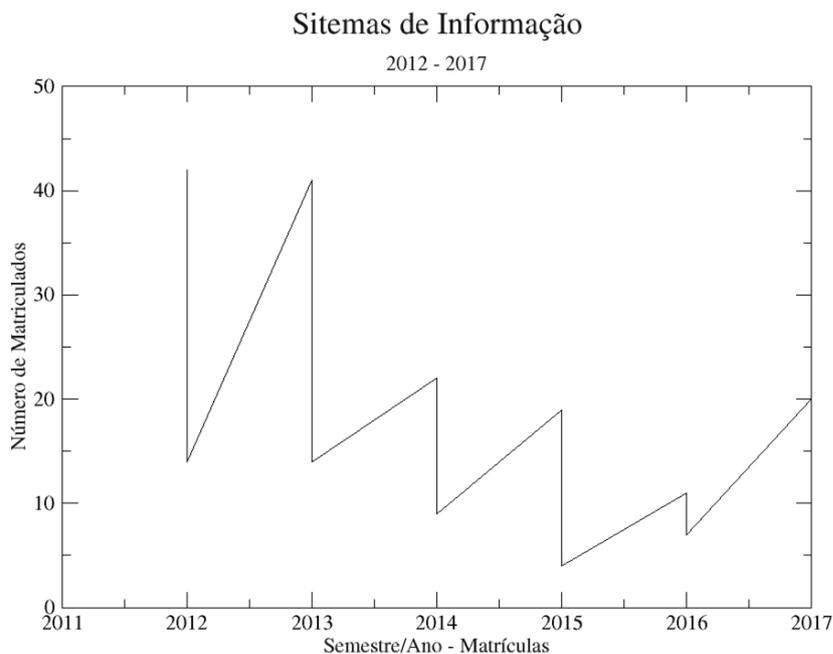


Figura 37 - Comportamento do Número de Matriculados.

Nas figuras 36 e 37 têm-se o comportamento do número de inscritos e matriculados para cada semestre letivo de 2012 a 2017.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos, aliados à metodologia desenvolvida, partindo-se de uma biblioteca específica, no caso o Mathematica 11, foi possível detectar a presença de pelo menos uma variável caótica no processo de captação e fidelização de alunos – fosse alcançado, como pode se ver na tabela 8.

	Coeficiente r	Expoente de Lyapunov	Comportamento
	$x_{(n-1)} = rx_n - r(x_n)^2$	$L_k = \lim_{n \rightarrow \infty} (r_k^n)^{\frac{1}{n}}$	
Administração	2,4798	0,418	Caótico
Direito	0,49195	- 0,709	Oscilação Periódica
Educ. Física	1,2614	- 0,303	Oscilação Periódica
Nutrição	0,45804	- 0,130	Oscilação Periódica
Sist. Informação	1,3383	- 0,413	Oscilação Periódica

Tabela 8 - Resultados e Comportamentos.

Do mesmo modo, o conjunto de dados analisado mostrou-se consoante àqueles abordados na literatura; também, este conjunto e os resultados obtidos ilustram o que se propõe em uma abordagem multicriterial de gestão.

Os dados, portanto, são relevantes e constituem-se fidedignos elementos de análise para a instituição em apreço uma vez que resistiram ao crivo de um modelo matemático considerado *default* pela literatura.

Na tabela 8 listou-se os resultados encontrados para cada expoente de Lyapunov em cada curso avaliado na instituição em apreço.

De acordo com a literatura (ECKMANN, 1986, WOLF, 1984, LORENZ, 2005, MIRANDA, 2016) em pontos de bifurcação o expoente de Lyapunov é nulo, em regiões periódicas este expoente é negativo e em regiões caóticas ele é positivo.

Disto decorre que pelos valores encontrados e mostrados na tabela 8 o processo de captação e fidelização de alunos para o curso de Administração de Empresas já se encontra comportando-se como um sistema dinâmico (Nazareno, 1986 ; Lorenz, 2005), isto é, este processo ganhou contornos cujo padrão de comportamento requer um olhar com horizontes mais amplos que pode ser fornecido pelas tabelas 1 e 2 e pela teoria do Caos.

Para os demais cursos vê-se que os expoentes de Lyapunov são negativos, o que indica que o mesmo comportamento se encontra na região de oscilação periódica; neste caso o sistema tende a apresentar mais de uma possibilidade de evolução no decorrer do tempo, e.g, devido à diminuição no aporte financeiro dado pelo Programa de financiamento Estudantil (FIES), era de se esperar uma diminuição no número de candidatos inscritos, bem como de matriculados em cada curso.

A bifurcação indica que se pode realizar um estudo mais detido da dinâmica do comportamento destes cursos em busca de outras possibilidades, o que também pode ser realizado a partir das considerações de Marietto (2003), Carlomagno (2005), Carvalho (2011), Alves (2006), Lucena (1999) e Matos (2007).

Na figura 38 dada a seguir mostra-se estes elementos geométricos como a bifurcação não com intuito de análise de dados, mas como recurso didático à compreensão.

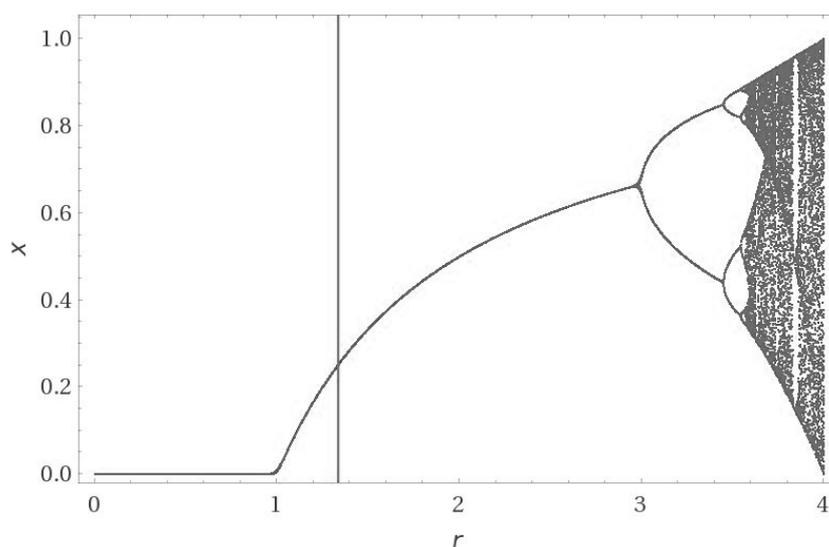


Figura 38 - Repetição do Mapa Logístico de Sistemas de Informação.

Neste tipo de mapa, a região para $r < 1$ é uma região de equilíbrio estável; para $1 < r < 3$ tem-se uma região de equilíbrio instável tendendo à bifurcação que acontece

em $r = 3$. No intervalo $3 < r < 4$ vê-se a oscilação periódica do comportamento do sistema -, na primeira bifurcação o sistema ganha dois novos estados possíveis, daí dizer-se que ele oscila com período 2. Lembrando que estes dois estados possuem possibilidades iguais de surgimento.

Em r igual a aproximadamente 3,4 o sistema bifurca novamente, ganhando, cada estado anterior, mais duas possibilidades de evolução.

Aprofundando-se um pouco mais nas ideias de Matos (2007) vê-se que este defende uma análise multidisciplinar no ambiente corporativo com vistas a implementação de uma abordagem multicriterial de gestão. Incluindo-se aí a visão proporcionada pela abordagem caótica.

Segundos estes autores,

A teoria do caos mostra que os sistemas naturais não-lineares (ou sistemas dinâmicos, grifo nosso), mesmo fugindo às descrições deterministas, são espontaneamente geradores de ordem, sob a forma de padrões recorrentes. É a fractalidade. No campo da teoria das organizações, a teoria do caos diz que pouco adianta tentar dirigir uma corporação sob condições instáveis. Nestas condições, ao contrário, o que prevalece é a auto-organização (Matos, 2007, p. 60).

Neste ínterim é a teoria do caos que responde da forma mais adequada ao que seja um padrão de repetição que possa fundamentar o que seja auto-organização -, por mais que o termo 'caos' tenha se vinculado à desordem no senso comum, em verdade, a teoria do Caos traz à luz o modo como se busca um padrão sutil em um sistema dinâmico (Miranda, 2016 e Matos, 2007).

Matos (2007, p. 51) ensina que a “ordem surge exatamente do ruído”. E, mais adiante adverte que “o que confere significado a qualquer organização não são as pessoas que a compõem, mas o que elas são capazes de criar e de produzir pelo fato de estarem juntas”.

Depreende-se disto que a teoria do Caos é robusta o bastante para contribuir com a busca pelo caminho que leva à identificação de sistemas caóticos em uma organização tendo como um de seus métodos a determinação dos expoentes de Lyapunov para uma série temporal de dados e, também, revela arcabouço teórico-filosófico firme para propor uma complementação multicriterial na gestão das organizações.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Carlos Alberto. **Teoria do Caos e as Organizações**. Revista Eletrônica de Administração, Franca, v. 3, n. 2, p.01-13, nov. 2006. Disponível em: <<http://periodicos.unifacef.com.br/index.php/rea/article/viewFile/207/59>>. Acesso em: 27 mar. 2016.
- ALVES, Carlos Alberto. **Teoria do Caos e as Organizações**. Revista Eletrônica de Administração, Franca, v. 3, n. 2, p.01-13, nov. 2006. Disponível em: <<http://periodicos.unifacef.com.br/index.php/rea/article/viewFile/207/59>>. Acesso em: 31 jan. 2016.
- CAMILO, Cássio Oliveira; SILVA, João Carlos da. **Mineração de Dados: Conceitos, Tarefas, Métodos e Ferramentas**. Goiânia: Ufg, 2016.
- CARLOMAGNO, Maximiliano. BRUHN, Paulo Roberto Lima. **Estratégia em ambientes complexos e imprevisíveis**. Anais do II Encontro de Estudos em Estratégia – 3E's. Rio de Janeiro: ANPAD, 2005.
- CARVALHO, Daniela Moreira de; PEDROZO, Eugênio Ávila. Caos, Complexidade e Tomada de Decisão: Como Conciliar. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 7, n. 1, p.204-230, jan. 2011.
- CIPOLLI, Valéria Guedes. **Sistemas Dinâmicos Discretos: análise de estabilidade**. 2012. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Matemática, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.
- ERBANO, Gabriel Hidequi. **Análise de Séries de Tempo Financeiras Uma Aplicação da Teoria do Caos em Finanças Empíricas**. 2004. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2004.
- ECKMANN, J. P., KAMPHORST, S. O., RUELLE, D., AND CILIBERTO, S. (1986). **Liapunov exponents from time series**. *Physical Review A*, 34(6):4971.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOMES, Emílio F. G, JUNIOR, Karlo M. **Mercados Financeiros: Sistema Caótico ou Aleatório?** Revista de Economia Mackenzie, São Paulo, v. 8 n. 1, p. 102-123. 2012.
- JAPIASSU, Hilton; MARCONDES, Danilo. **Dicionário Básico de Filosofia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1993.
- LORENZ, Edward N. **The Essence of Chaos**. London: Taylor ; Francis e-Library, 2005.

LUCENA, Luciana de Figueirêdo Lopes. **A análise multicriterial na avaliação de impactos ambientais**. Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, v. 13, 1999.

LURIE, Robert M.. A Review and Demonstration of The Essence of Chaos by Edward N. Lorenz. **Essence Of Chaos Review Of Book And Adaptation To Mathematica**, Los Alamos, v. 9, n. 6, p.01-33, mar. 2013. Disponível em: <<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0910/0910.2213.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

MAIOCHI, Ana Carolina Barbato; BARBATO, Christiane Novo. **ESTRATÉGIAS PARA FIDELIZAÇÃO DE ALUNOS DE GRADUAÇÃO: estudo de caso com alunos de Instituição de Ensino Superior particular da Região Metropolitana de Campinas**. *Revista Intellectus*, Jaguariúna, v. 20, n. 8, p.84-98, fev. 2011.

MARIETTO, Marcio. ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 30., 2006, Salvador. **Teoria do Caos: Uma Contribuição Para a Formação de Estratégias**. São Paulo: Anpad, 2006. 14 p.

MATOS, José R. Gilvomar, MATOS, Rosa Maria B, ALMEIDA, Josimar R. **Análise do Ambiente Corporativo: Do Caos organizado ao planejamento estratégico das organizações**. Rio de Janeiro: e-papers, 2007.

MIRANDA FILHO, Luciano Hugo. **Caos em Sistemas Hamiltonianos: Métodos Numéricos para o Cálculo dos Expoentes de Lyapunov**. 2016. Tese (Doutorado) - Curso de Física, Instituto de Física, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

MLODINOW, Leonard. **O Andar do Bêbado**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2009.

NAZARENO, Hugo N. **Mecânica Estatística e Funções de Green**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1986.

OCKHAM, Guillelmus de. **“Scriptum in Librum Primum Sententiarum”**. In: Opera Theologica, volume 2. New York: St. Bonaventure University, 1970.

PAIVA, Wagner Peixoto de. **A Teoria do Caos e as Organizações**. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 8, n. 2, p.85-96, abr. 2001. Bimestral.

PINTO, Richard Moisés Alves. **Análise de Séries Temporais Através de Representações do Espaço de Fases**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.

PIRES, Antonio S. T. **Evolução das Ideias da Física**. 2ª ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

PRADO, Ana; VELLEI, Carolina. **Como escolher o curso que melhor se encaixa em seu perfil?** Veja um passo a passo para fazer sua escolha e conheça os perfis ideais de cada área. 2017. Disponível em: <<https://guiadoestudante.abril.com.br/universidades/como-escolher-o-curso-que-melhor-se-encaixa-em-seu-perfil/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

PRIGOGINE, Ilya. **As Leis do Caos**. São Paulo: Editora Unesp, 2002.

Software Mathematica 11, Wolfram Research, USA.

Software QtGrace, GNU General Public License.

SALINAS, Silvio R. A. **Introdução à Física Estatística**. São Paulo: Edusp, 2013.

SOUZA, Bruno Carvalho Castro; ARANTES, Janaine Cristiane de Souza; DIAS, Sirley Aparecida Araújo. Captação de Alunos. **Ciências Gerenciais**, São Paulo, v. 15, n. 22, p.87-105, out. 2011

TOMÉ, Francisco José Sanches. **Caos e Métodos Não Lineares nos Mercados Financeiros**. Millenium: Educação, Ciência e Tecnologia, Lisboa, v. 12, n. 28, p.140-148, nov. 2001.

VERHULST, P. F. **Recherches mathematiques sur la loi d'accroissement de la population**. Nouv. Mem. Acad. R. Sci. B. Lett, 18, 1-45, Bruxelas, 1845.

VIANA, Krerley Oliveira e Marcelo. **Fundamentos da Teoria Ergódiga**. São Paulo: Edusp, 2015.

CHEVALLARD, Yves; JOSHUA, Marie-albert. **La Transposition Didactique: Du savoir savant au savoir enseigné**. Paris: Pensee Sauvage, 1991.

WOLF, Alan; SWIFT, Jack B.; SWINNEY, Harry L.. **DETERMINING LYAPUNOV EXPONENTS FROM A TIME SERIES**. Physica, Amsterdam, v. 16, p.285-317, out. 1984. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.152.3162;rep=rep1;type=pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2017

WOOD, Tomaz. **Caos: A Criação de Uma Nova Ciência? As aplicações e Implicações da Teoria do Caos na Administração de Empresas**. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 4, n. 33, p. 94-105, jul./ago. 1993. Bimestral.