



Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto
Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde

MÔNICA REGINA BOCCHI

**Aplicação de Gráficos de Recorrência na
Análise de Casos Notificados de Dengue,
Atendimento Antirrábico Humano e
Leishmaniose Visceral**

**São José do Rio Preto
2018**

MÔNICA REGINA BOCCHI

**Aplicação de Gráficos de Recorrência na Análise
de Casos Notificados de Dengue, Atendimento
Antirrábico Humano e Leishmaniose Visceral**

Tese apresentada à Faculdade de
Medicina de São José do Rio Preto
para obtenção do Título de Doutor no
Curso de Pós-graduação em Ciências
da Saúde, Eixo Temático: Medicina e
Ciências Correlatas.

Orientador(a): Prof. Dr. Moacir F. Godoy

São José do Rio Preto

2018

Ficha Catalográfica

Bocchi, Mônica Regina

Aplicação de Gráficos de Recorrência na Análise de Casos Notificados de Dengue, Atendimento Antirrábico Humano e Leishmaniose Visceral/ Mônica Regina Bocchi.

São José do Rio Preto, 2018.

85 p.

Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto - FAMERP

Eixo Temático: Medicina e Ciências Correlatas

Orientador: Prof. Dr. Moacir Fernandes de Godoy

1. Gráfico de recorrência; 2. Análise quantitativa de recorrência; 3. Estrutura Cynefin; 4. Séries temporais; 5. Doenças de notificação compulsórias.

MÔNICA REGINA BOCCHI

**Aplicação de Gráficos de Recorrência na Análise
de Casos Notificados de Dengue, Atendimento
Antirrábico Humano e Leishmaniose Visceral**

BANCA EXAMINADORA

TESE PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR

Presidente e Orientador:

Prof.º Dr.º. Moacir Fernandes de Godoy _____

2º Examinador: Prof. Dra. Michele Lima Gregório _____

3º Examinador: Prof. Dra. Margarete Ártico Baptista _____

4º Examinador: Prof. Dra. Adriana Regina Generoso _____

5º Examinador: Prof. Dr. Francisco Chiaravalloti Neto _____

Suplentes: Prof. Dr. Evanivaldo Castro Silva Júnior _____

Prof. Dr. Henrique Dezani _____

São José do Rio Preto, 28 /09 /2018.

SUMÁRIO

Dedicatória.....	i
Agradecimentos Especiais.....	ii
Agradecimentos.....	iii
Epígrafe.....	v
Lista de Figuras.....	vi
Lista de Quadros e Tabelas.....	vii
Lista de Abreviaturas e Símbolos.....	x
Resumo.....	xii
Abstract.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Saúde Pública e Doenças de Notificação Compulsória.....	2
1.2 Doenças de notificação compulsória (DNC).....	5
1.2.1 Dengue.....	5
1.2.2 Atendimento Antirrábico Humano.....	5
1.2.3 Leishmaniose Visceral.....	6
1.3 Estrutura Cynefin.....	6
1.4 Teoria do Caos.....	11
1.5 Análises dos Gráficos de Recorrência.....	14
2. MATERIAL E MÉTODO.....	18
2.1. Material.....	19
2.1.1 Coletas dos Dados.....	20
2.2 Metodologia.....	21
2.2.1 - Análise Quantitativa.....	21

2.2.2 Análise do gráfico de recorrência (Visual Recurrence Analysis).....	21
3. RESULTADOS.....	27
3.1 Números de casos de Dengue, Atendimento Antirrábico Humano (AARH) e Leishmaniose Visceral (LV).....	28
3.2 Gráficos de Recorrência.....	29
3.2.1 Análise dos Gráficos de Recorrência e Tacogramas.....	29
3.3 Análise Quantitativa.....	34
3.4 Análises pela Estrutura Cynefin.....	38
4. DISCUSSÃO.....	41
4.1 Análises específicas.....	59
4.1.1 Dengue.....	59
4.1.2 Atendimento Antirrábico Humano.....	63
4.1.3 Leishmaniose Visceral.....	65
5. CONCLUSÕES.....	69
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS.....	83

Com alegria, dedico esta tese aos meus filhos, que sempre foram a razão, a motivação das minhas lutas e que sempre me trouxeram a força e a coragem para seguir em frente.

Prazeres Simples

Uma carta escrita à mão
achar dinheiro no bolso
cochilo depois do almoço...
curtir um feriadão
ter bicho estimação
ser grato e compreender...
Um dia vamos morrer
e sentir na despedida
que as coisas simples da vida
nos dão forças pra viver.

Bráulio Bessa

Evolução e crescimento

Lembrar que cada graveto
de amor e de carinho
cada folha, cada galho
preparam o seu caminho
lhe deram sabedoria
pois já já será o dia
de fazer seu próprio ninho”

Bráulio Bessa

Agradecimentos Especiais

Agradeço imensamente à **Prof. Dra. Margarete Ártico Baptista**, por segurar minha mão e me conduzir pelos desconhecidos caminhos da complexidade, com muita dedicação, paciência e generosidade.

Deixo registrado meu infinito agradecimento ao meu orientador **Prof. Dr. Moacir Fernandes de Godoy**, pela descoberta desse maravilhoso universo não linear e principalmente por sua grande paciência, generosidade, bom humor, confiança, simplicidade e humanidade, abrindo novos horizontes profissionais, mas principalmente, mudando a minha maneira de olhar a “realidade” e compreender suas conexões e emaranhados, transformando os conceitos básicos sobre o funcionamento da vida. Com ele, aprendi, entre tantas outras coisas que, “se não encontramos a solução, é porque ainda não chegamos ao fim”.

Agradeço a Deus por renovar a motivação a cada dia, por fortalecer a vontade nos momentos de desânimo e cansaço, pelo retorno ao equilíbrio nos momentos de desafio maior, pela inteligência para aprender a cada dia mais um pouco, pela força para persistir, pela humildade que aprendi a conhecer, por toda estrutura de apoio, pela coragem de percorrer caminhos desconhecidos, pelos familiares e pelas amizades que me apoiaram e pelos professores que me iluminaram.

Agradeço aos meus filhos, Fernanda e Vinicius, pelas conversas, pelas traduções, pelas interpretações de textos, pelas leituras da tese, pelas aulas instantâneas de informática, pela paciência de assistir muitas vezes a mesma apresentação, pela ajuda sempre, pelo incentivo e confiança na vitória, pelo bom humor e amor.

Agradeço ao Jerry, meu amado parceiro, cúmplice e amigo, pela paciência nas minhas ausências, mesmo estando em casa, pelo apoio e pela solidariedade, por não assistir televisão, enquanto eu trabalhava, não reclamar da mesa cheia de artigos no meio da sala, por sua compreensão, tolerância, carinho e por seu amor.

Agradeço aos meus pais ao Eri, Vanessa, Vó Thereza, Amanda, todos da minha família, pela base de sustentação de todas as horas, pela compreensão com meus momentos de distanciamento, pelos fins de semana em que não pude estar com eles, pela paciência e apoio, pelo incentivo e fé no sucesso desse projeto. Agradeço carinhosamente, e em

especial, aos meus pais, Luzia e Frederico, e dedico a eles essa vitória, fruto de aprendizado de toda a vida.

Agradeço a Vera Rollemberg Trefiglio Eid e aos colegas do GVE 29 –SJRP, pelo apoio, pela base de dados, pela paciência e compreensão nos momentos de cansaço e desânimo e principalmente, por não terem desistido de me conceder sua confiança, apesar de todos os percalços.

Agradeço aos colegas de Fatec por todas as orientações, dicas, apoio para busca de caminhos para realização do doutorado.

Agradeço ao meu orientador de mestrado, Prof. Dr. Francisco Chiaravalloti Neto, por me ensinar os primeiros passos na pesquisa e me permitir participar das minhas primeiras parcerias científicas.

Agradeço a todos os amigos, fundamentais em toda a minha vida.

*"Acredito que toda arte é local, antes de ser regional, mas, se prestar,
será contemporânea e universal."*

(Ariano Suassuna)

Figura 1.	Representa o Gráfico de Recorrência (VRA) com todas as distancias (raios) representados por diferentes cores simultaneamente.....	22
Figura 2.	Gráficos de Recorrência das Séries Temporais Aleatória, Caótica, Periódica e Linear obtidos por formulação matemática.....	23
Figura3.	Gráficos de Recorrência das Séries Temporais de casos clínicos de Jovem Adulto, Criança, Recém-Nascido Prematuro e Morte Cerebral,dados obtidos pelo Nutecc.....	25
Figura 4.	Gráfico de recorrência de dengue da série temporal do município de São José do Rio Preto no período de 2000 a 2013 e respectivo tacograma.....	29
Figura 5.	Gráfico de recorrência de AARH da série temporal do município de São José do Rio Preto no período de 2000 a 2013 e respectivo tacograma.....	31
Figura 6.	Gráfico de recorrência de LV da região de São José do Rio Preto, de 2007 a 2015 e respectivo tacograma.....	31
Figura 7.	Gráficos de recorrência dos agravos de notificação compulsória (Dengue, AARH e LV) e da série de batimentos cardíacos, produzida pelo grupo de pesquisa Nuttec, distribuidos, consecutivamente, segundo a classificação pelos padrões caótica, periódica e linear.....	32
Figura 8.	Gráficos de recorrência dos agravos de notificação compulsória.(Dengue, AARH e LV) e da série de batimentos cardíacos, produzida pelo grupo de pesquisa Nuttec,distribuidos, consecutivamente, segundo a classificação pelos padrõesaleatório, caótica, periódica e linear.....	33

Figura 9.	Distribuição dos agravos de acordo com a proximidade que os mesmos apresentam em relação a padrões matemáticos de referencia de séries temporais aleatórias, caótica, periódicas e lineares.....	37
Figura 10.	Análise da série temporal de Dengue, AARH e LV utilizando a.estrutura cynefin.....	38

Lista de Tabelas e Quadros

Tabela 1.	Análise Quantitativa da Recorrência das Séries Temporais: Aleatória, Caótica, Periódica e Linear obtidas por formulação matemática.....	24
Tabela 2.	Representa a Análise Quantitativa da Recorrência de casos clínicos Jovem, Criança, Recém Nascido Prematuro, e Morte Cerebral.....	25
Tabela 3.	Número de casos de dengue e atendimentos antirrábicos humanos ocorridos no município de São José do Rio Preto e número de casos de Leishmaniose Visceral na região de São José do Rio Preto, por ano.....	28
Quadro 1.	Distribuição de agravos segundo a causa.....	19
Quadro 2.	Resultados da análise quantitativa produzida em VRA para as séries temporais de dengue, AARH e LV.....	34
Quadro 3.	Classificação dos resultados obtidos por VRA, para séries temporais de dengue, AARH e LV em comparação aos resultados do Nuttecc.....	35
Quadro 4.	Comparação entre análise quantitativa da série temporal de Dengue em relação aos padrões matemáticos para séries aleatórias, caóticas, periódicas e lineares.....	36
Quadro 5.	Comparação entre análise quantitativa da série temporal de AARH em relação aos padrões matemáticos para séries aleatórias, caóticas, periódicas e lineares.....	36
Quadro 6.	Comparação entre análise quantitativa da série temporal de LV em relação aos padrões matemáticos para séries aleatórias, caóticas, periódicas e lineares.....	37

Quadro 7. Dengue, AARH e LV, segundo a causa ou agente etiológico e classificações obtidas pela análise com gráficos de recorrência(VRA), análise quantitativa e pelo modelo Cynefin.....	39
--	----

Lista de Símbolos e Abreviaturas

<i>AARH</i>	- Atendimento Antirrábico Humano
<i>DENV</i>	- Vírus da dengue
<i>DNC</i>	- Doenças de notificação compulsórias
<i>EEG</i>	- Eletroencefalograma
<i>ERP</i>	- Potenciais relacionados com eventos
<i>GVE 29 – SJRP</i>	- Grupo de Vigilância Epidemiológica 29 – São José do Rio Preto
<i>HIV</i>	- Vírus da imunodeficiência adquirida
<i>LV</i>	- Leishmaniose Visceral
<i>MIT</i>	- Massachusetts Institute of Technology
<i>Nutecc</i>	- Núcleo transdisciplinar de estudos da complexidade e do caos
<i>OMS</i>	- Organização Mundial da Saúde
<i>Paho</i>	- Organização Pan-americana da Saúde
<i>RQA</i>	- Análise quantitativa de recorrência
<i>SE</i>	- Semana epidemiológica
<i>SINAN</i>	- Sistema de Informação Nacional de agravos de notificação
<i>SJRP</i>	- São José do Rio Preto
<i>SWS</i>	- Slow-wave sleep
<i>VRA</i>	- Visual Recurrence Analysis

WHO

- World Health Organization

Introdução: Agravos à saúde de interesse coletivo compõem a lista de Doenças de Notificação Compulsória. Entre elas, destacam-se as zoonoses, que são problemas complexos por envolver uma multiplicidade de fatores em entrelaçamento e interação dinâmica. São frequentes na região de São José do Rio Preto: Dengue, Atendimento Antirrábico Humano (AARH) e Leishmaniose Visceral (LV). **Objetivos:** Avaliar o padrão de comportamento de dengue, AARH e LV, segundo a análise não linear, como aleatório, caótico, periódico ou linear, sobretudo, para melhor bem dimensionar as ações de prevenção e controle, além de aprimorar a gestão dos serviços de saúde. **Material e Método:** Utilizamos a estrutura Cynefin e análise dos gráficos de recorrência. Foram analisadas séries históricas de 13 anos de casos confirmados de dengue e de AARH do município de São José do Rio Preto, além de sete anos de casos confirmados de LV notificados na região. **Resultados:** Pela análise dos gráficos de recorrência e análise quantitativa verificou-se que dengue apresenta comportamento próximo ao linear, e AARH e LV, apresentam comportamento próximo ao caótico. Pela estrutura Cynefin, a situação da dengue classifica-se como de simples a complicada, AARH, complicada a complexa e LV, de complexa a caótica. **Conclusões:** A análise não linear pode definir com clareza o comportamento de cada agravo, assim como, a complexidade dos problemas a serem enfrentados. O uso de dois métodos de análise simultâneos fortalece a confiabilidade do estudo. Os métodos epidemiológicos e os gráficos de recorrência são importantes ferramentas de análise e são complementares na predição de cenários futuros.

Palavras-Chave: 1. Gráfico de recorrência; 2. Análise quantitativa de recorrência; 3. Estrutura Cynefin; 4. Séries temporais; 5. Doenças de notificação compulsórias

Introduction: Diseases of public health concerns compose the list of notifiable diseases. These include zoonoses, which are complex problems since it is related to multiplicity of factors interlacing and in dynamic interaction. The most frequent in São José do Rio Preto region are: dengue, human rabies service (HRT) and visceral leishmaniasis (VL). **Objectives:** To evaluate the behavior pattern of dengue, HRT and VL, through nonlinear analysis, such as random, chaotic, periodic or linear, to better measure prevention and control actions, as well as to improve the management of health services. **Material and Method:** We used the Cynefin structure and the recurrence graphics analysis. A historical series of 13 years of confirmed cases of dengue and HRT in the city of São José do Rio Preto were analyzed, in addition to a series of seven years of confirmed cases of VL reported in the region. **Results:** By the recurrence analysis and the quantitative analysis we could ascertain that dengue has a behavior similar to linear, and both HRT and VL, have behavior similar to chaotic. By the Cynefin structure, the dengue situation can be classified from simple to complicated; AARH, complicated to complex and LV, from complex to chaotic. **Conclusions:** Non-linear analysis can clearly define the behavior of each disease, as well as the complexity of the problems to be faced. The use of two simultaneous methods of analysis strengthens the reliability of the study. Epidemiological methods and recurrence charts are important tools for the analysis and are complementary in predicting future pictures.

Keywords: 1. Graphic of recurrence; 2. Quantitative recurrence analysis; 3. Structure synefin; 4. Time series studies; 5. Compulsory notification diseases

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A saúde pública pode ser avaliada de muitas maneiras, por diferentes ângulos e o conjunto de informações e conhecimento somados vão permitir maior sabedoria nas decisões a serem tomadas pelos profissionais responsáveis. Nesse trabalho, abordaremos a saúde pública utilizando métodos não lineares que poderão trazer novas perspectivas para a compreensão de duas doenças e um agravo de notificação compulsória, importantes para a saúde da população.

1.1 Saúde Pública e Doenças de Notificação Compulsória

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define a saúde como "um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não somente ausência de afecções e enfermidades".⁽¹⁾

A saúde passou, então, a ser mais um valor da comunidade que do indivíduo. A saúde não é um bem individual, uma vez que nenhum indivíduo se sentirá bem enquanto outros sofrerem e a comunidade refletir esse sofrimento. A saúde é, portanto, um valor coletivo, um bem de todos, devendo cada um gozá-la sem prejuízo de outrem e, solidariamente, com todos.⁽²⁾

Neste contexto, a saúde coletiva pode ser ameaçada, como ocorre eventualmente, por doenças que, por seu potencial de disseminação, magnitude, gravidade, transcendência e ou vulnerabilidade, devem ser informadas às autoridades de saúde, por meio da notificação. São as doenças de notificação compulsória, as quais estão definidas na Portaria nº 204, de 17 de fevereiro de 2016.⁽³⁾

A portaria contempla, também, eventos de saúde pública, que são situações que podem constituir-se em ameaça à mesma, como a ocorrência de um surto ou epidemia,

doença ou agravo (dano à integridade física ou mental do indivíduo, causado por circunstâncias nocivas, tais como acidentes, intoxicações, abuso de drogas, violências e outros), alteração no padrão clínico-epidemiológico das doenças conhecidas, bem como epizootias ou agravos decorrentes de desastres ou acidentes.⁽⁴⁾

Dentre os agravos de notificação obrigatória, destacamos as zoonoses, por serem responsáveis por cerca de 60% das doenças humanas. Sabe-se também que 75% das enfermidades emergentes humanas são zoonoses e 80% dos patógenos que poderiam ser utilizados em bioterrorismo, também são de origem animal.⁽⁵⁾

Segundo a OMS,⁽⁶⁾ zoonoses são quaisquer doenças ou infecções naturalmente transmissíveis entre animais vertebrados e seres humanos. Os animais desempenham um papel essencial na manutenção de infecções zoonóticas na natureza. Para além de ser um problema de saúde pública, muitas das principais doenças zoonóticas impedem a produção eficiente de alimentos de origem animal e criam obstáculos ao comércio internacional de produtos de origem animal.

As zoonoses diretas são aquelas em que o agente pode persistir com passagens sucessivas por uma única espécie de animal vertebrado, como a raiva canina, enquanto nas metazoonoses, o agente necessita passar por um hospedeiro invertebrado para que seu ciclo se complete, como as Leishmanioses.⁽⁷⁾

A dengue pode ser compreendida como uma zoonose quando consideramos o foco enzoótico natural, onde o vírus circulava entre primatas não humanos. Porém com a participação de humanos no ciclo e a adaptação do vírus ao ciclo humano-vetor-humano, dispensando a presença de primatas não humanos para a perpetuação do ciclo, pode-se então considerar a dengue como uma doença transmitida por vetores. No Brasil, não houve identificação do ciclo silvestre natural, apenas a transmissão urbana por

Aedes aegypti.⁽⁸⁻¹²⁾ No ano de 2013, das 40.733 notificações realizadas pelos municípios da região de São José do Rio Preto, 36.786 delas se tratavam de zoonoses.

Dengue, Atendimento Antirrábico Humano (AARH) e Leishmaniose Visceral (LV) são doenças importantes no cotidiano dos serviços de saúde na região de São José do Rio Preto, por sua magnitude, gravidade ou emergência.

A dengue é um dos principais problemas de saúde do mundo, uma doença causada por quatro tipos de vírus (1,2,3 e 4) e transmitida por vetor, principalmente *Aedes aegypti*, que se encontra amplamente distribuído em todas as regiões do país.⁽⁸⁾

A raiva é uma encefalite viral transmitida pela saliva do animal infectado. Sua profilaxia combina uso de vacinas, soro, limpeza do ferimento e observação do animal agressor (quando se tratar de cão ou gato). A profilaxia da raiva humana, tendo em vista que é uma doença fatal na maioria dos casos, se constitui em um tratamento no qual a conduta médica deve considerar todos os aspectos envolvidos em cada acidente que envolva mamíferos. Embora a vacina antirrábica tenha sido descoberta em 1885, por Louis Pasteur, até os dias de hoje, vivenciamos casos de raiva humana no Brasil.⁽⁹⁾

A LV se tornou um crescente problema de saúde pública no país e vem se expandindo em áreas urbanas de médio e grande porte, sendo uma endemia em franca expansão geográfica.⁽¹⁰⁾ É uma doença sistêmica, caracterizada por febre de longa duração, perda de peso, astenia, adinamia e anemia, hepatoesplenomegalia, dentre outras manifestações. Quando não tratada, pode evoluir para óbito em mais de 90% dos casos.⁽¹¹⁾

1.2 Doenças de notificação compulsória (DNC)

1.2.1 Dengue

Em 2014, até a semana epidemiológica (SE) 32, foram notificados 511.080 casos confirmados de dengue no Brasil, sendo a maioria na região Sudeste. A partir desse ano, o país adotou nova nomenclatura dos casos dengue, os quais passaram a ser classificados como dengue, dengue com sinais de alarme e dengue grave, tendo sido registrados 473 casos graves e 6553 casos de dengue com sinais de alarme, com circulação dos quatro sorotipos,⁽¹²⁾ no mesmo período.⁽¹³⁾ Segundo Organização Pan-Americana da Saúde (Paho),⁽¹²⁾ deve-se adotar um enfoque multissetorial, estratégico e operacional para o controle da dengue.

A dengue é uma doença causada por um *Arbovírus*, do gênero *Flavivirus*, pertencente à família *Flaviviridae*. É um vírus RNA, com quatro sorotipos conhecidos: DENV 1, DENV 2, DENV 3 e DENV 4. A transmissão ocorre principalmente pela picada da fêmea do mosquito *Aedes aegypti*.⁽¹⁴⁾ O controle da transmissão é difícil, sendo necessárias ações voltadas ao controle dos vetores em vários ambientes distintos e o controle da disseminação do vírus.

1.2.2 Atendimento Antirrábico Humano

A raiva é uma encefalite viral grave, transmitida por mamíferos, únicos animais susceptíveis ao vírus, por meio do contato com a saliva infectante, ocorrido na mordedura, lambedura ou arranhadura. O agente etiológico é um vírus do gênero *Lyssavirus*, da família *Rhabdoviridae*.⁽¹⁴⁾ Após a instalação do quadro clínico, a evolução para óbito ocorre em praticamente 100% dos casos, raras exceções são

descritas na literatura.⁽⁹⁾ A raiva humana foi reduzida de 26 casos em 2000, para cinco casos em 2012, no Brasil.⁽¹⁵⁾

Essa redução se deu graças às ações de controle e ao tratamento profilático, o qual pode ser feito antes ou após a exposição ao vírus. O tratamento antirrábico humano de pré-exposição está indicado aos profissionais que lidam frequentemente com animais, enquanto que o tratamento de pós-exposição, aos que se expuseram acidentalmente.⁽⁹⁾

1.2.3 Leishmaniose Visceral

A Leishmaniose Visceral é uma zoonose, causada pelo protozoário do gênero *Leishmania sp.* É transmitida pelo flebotomíneo, conhecido como mosquito palha. Essa enfermidade é responsável por alta letalidade entre pessoas não tratadas e tem se tornado um agravante à coinfeção com o Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV). O controle depende de ações voltadas à população canina e de vetores, além do manejo ambiental e ações de educação em saúde.⁽¹⁶⁾

Diante do cenário de ocorrências dessas doenças, pode-se supor que as interações de vários fatores de risco são diferentes em várias doenças, tornando-as sistemas complexos, não lineares, dinâmicos, determinísticos e com sensível dependência das condições iniciais, devendo subordinar-se à Teoria do Caos, daí a importância de se realizar a avaliação das DNC à luz dessa teoria.

1.3 Estrutura Cynefin

A definição de saúde e os conceitos referentes às zoonoses apontam uma multiplicidade de fatores em entrelaçamento e interação dinâmica, cuja compreensão, pelo pensamento linear, se torna inviável.

Segundo Almeida Filho e Coutinho,⁽¹⁷⁾ a generalização dos resultados obtidos em casos individuais para populações, como ocorre na epidemiologia, que usa a lógica indutiva e a estatística para predizer o risco de ocorrência de doenças, não é capaz de abranger a multicausalidade das doenças e a natureza complexa das conexões, além disso, identifica uma relação de causa-efeito, que desconsidera relações sociais, econômicas e outras, que também influenciam o panorama a ser estudado.

Para ajudar a lidar com esse problema, uma importante ferramenta que pode ser utilizada para o estudo de questões de natureza complexa é a estrutura Cynefin. Cynefin é uma palavra gaulesa, que significa os múltiplos fatores do nosso ambiente e a experiência que nos influencia em caminhos que podemos nunca conhecer.⁽¹⁸⁾ A criação dessa estrutura foi baseada em categorizações do senso comum, identificadas a partir do trabalho de vários grupos, aplicadas em vários cenários sociais, pois estava comprovado que as decisões que as pessoas tomavam não eram baseadas em dados ou análises, mas sim em padrões desenvolvidos em suas experiências pessoais ou coletivas.⁽¹⁹⁾

A estrutura Cynefin distinguiu inicialmente três cenários, ordem (que depois foi refinada em Simples e Complicada), não ordem (depois dividida em complexidade e caos) e desordem. Com essa estrutura, foram apresentados cinco caminhos diferentes para entender as relações entre causa e efeito e diferentes possibilidades para se trabalhar em cada uma dessas situações.^(20,21)

Esta abordagem permite desenhar possíveis cenários futuros, pois auxilia na compreensão mais clara do contexto vivenciado.⁽¹⁸⁾ A estrutura Cynefin classifica as questões a serem analisadas em cinco contextos, dos quais quatro (simples, complicado, complexo e caótico) exigem que se faça um diagnóstico da situação. Já o quinto, desordem, se aplica quando o problema não se encaixa em nenhuma das anteriores.^(21,22)

A estrutura Cynefin, inicialmente foi estudada no ambiente empresarial. Líderes do ambiente dos negócios entendiam que, frequentemente, o mundo podia ser irracional e imprevisível, e então encontrariam nessa situação, uma aplicação para essa ferramenta.⁽¹⁸⁾

Já na área de promoção da saúde, verificamos situações que vão do simples ao caótico. Muitas práticas adotam uma visão reducionista, como naquelas baseadas em evidências, porém, essa forma de lidar com as questões da saúde, não consegue responder a todos os tipos de demandas.⁽²³⁾

No domínio das melhores práticas, encontramos os contextos simples, que se caracterizam pela clareza das relações de causa e efeito. Líderes em geral, categorizam e respondem às situações simples, estabelecendo rotinas, protocolos e diretrizes, assim as decisões podem ser facilmente delegadas e as funções executadas de forma automática. Podem, por exemplo, aderir às boas práticas ou reengenharia e não haverá necessidade de reuniões exaustivas, no entanto, as normas das boas práticas são definidas com base em experiências passadas.⁽¹⁸⁾

No ambiente empresarial, a estrutura Cynefin foi estudada visando reduzir as incertezas nas tomadas de decisões. As práticas gerenciais bem-sucedidas, muitas vezes são aplicadas em outras empresas, porém seu sucesso pode ser menor, quando não se consideram as relações e interações humanas. Esses casos são estudados, frequentemente, em retrospectiva, em função disso, podem levar a uma coerência que pode facilmente dar uma falsa ideia de ordem e linearidade.⁽¹⁹⁾

Num contexto complicado, podemos encontrar múltiplas respostas para um determinado problema e nem sempre todas as possibilidades estão claras. Nessa

conjuntura, estaremos lidando no domínio das especialidades, onde a resposta de um líder exigirá uma análise individualizada da situação.⁽¹⁸⁾

Nas situações de emergências, entramos no contexto complexo, quando a compreensão dos fatos ocorre *a posteriori*. Nesse contexto, às vezes se torna necessário dar um passo atrás para então se tomar uma decisão acertada e criativa. Essa situação abre muitas janelas de oportunidades, inovações, criatividade e novos modelos de negócios.⁽¹⁸⁾

Por último, temos o contexto caótico, o qual requer respostas rápidas. Para essas circunstâncias, onde as relações entre causa e efeito são impossíveis de serem determinadas, porque elas mudam constantemente, não existem padrões manejáveis, apenas turbulência. O líder terá que agir imediatamente para estabelecer a ordem, transformando a situação caótica em complexa, para que seja possível identificar padrões de emergência para prevenir futuras crises e descobrir novas oportunidades. Nesses momentos, são necessárias ordens diretas, pois não há tempo para perguntas. Uma situação crítica ocorre quando um líder tenta manter seu estilo de gerenciamento tradicional, sem permitirem-se novas formas de trabalho, mesmo diante de mudanças no cenário, ou, por não ter percebido as mudanças.⁽¹⁸⁾

A estrutura Cynefin pode ser aplicada em diversas áreas e situações. A aplicação mais básica da estrutura é como ferramenta para categorizar as questões e estratégias. Ela nos ajuda a entender quando devemos estimular abertura de discussões para buscar soluções inovadoras ou quando simplesmente utilizar os recursos já conhecidos. Também facilita a compreensão de que os sistemas são interligados e permanecem em fluxo, que o grau de complexidade é inerente ao assunto e que há uma diversidade de

pontos de vista e de soluções. Assim, em situações caóticas pode ser difícil trabalhar em grupos inflexíveis e não resilientes.⁽²³⁾

Dentre as ferramentas de gerenciamento em contextos complexos, Snowden e Boone destacam: abertura para discussões; colocação de barreiras para a limitação do processo (crise?) e indução à auto regulação; estímulo de atratores, que são fenômenos repetitivos que surgem quando pequenos estímulos incitam pessoas, e conforme ganham impulso, eles fornecem estrutura e coerência; encorajamento ao confronto de ideias e gerenciamento das condições iniciais e monitoramento das emergências.⁽¹⁸⁾

É necessário foco e ambiente criativo para que boas ideias possam surgir. Não se devem buscar resultados pré-determinados que possam causar perda de oportunidade de encontrar o inesperado. Cada situação pede um tipo diferente de resposta, sendo importante que se identifique e direcione corretamente o contexto, percebendo-se sinais de perigo e evitando-se reações inadequadas, assim pode-se enfrentar uma grande variedade de circunstâncias com efetividade.⁽¹⁸⁾

No caos encontramos um ótimo local para implementar inovações. As pessoas estão mais abertas às novidades quando saem da sua zona de conforto. Muitos líderes não estão preparados e não preparam sua equipe para enfrentar todos os tipos de contextos. As escolas e organizações preparam, em geral, para situações simples e complicadas, mas muitos profissionais possuem uma capacidade natural para operarem em contextos complexos e caóticos. Porém, somente intuição pode não ser suficiente, é preciso que se tenham ferramentas e abordagens para guiar as empresas em “águas menos familiares”.⁽¹⁸⁾

O processo encoraja a discussão e obtenção de consenso e pode ser desafiador. Mudando o foco para a área da saúde, o uso dessa ferramenta na promoção da saúde

pode ajudar a avaliar o risco potencial de se investir em uma ação ineficaz por ser inconsistente com o nível de complexidade do problema, contribuindo para diminuição de equívocos.⁽²³⁾

1.4 Teoria do Caos

A representação das ocorrências linearmente, no tempo e no espaço, gera uma capacidade de prever o futuro, chamada por alguns autores de “pseudopredição”, pois depende de uma definição linear do tempo e eles entendem que, uma predição real, deveria considerar a incerteza ou os acidentes. Essa pseudopredição não constitui uma antecipação das ocorrências no tempo, porém, tem sido considerada válida no sentido prático operacional da epidemiologia. A epidemiologia utiliza a noção de risco, expressa pelo coeficiente de incidência, como uma probabilidade de ocorrência de doença. Assim, podemos entender que duas generalizações comumente utilizadas, a predição e a expectativa de recorrência no tempo, em relação a novos casos esperados, extrapolam suas conclusões para uma amostra ou população homogêneas e não estudadas, porém nem sempre legitimadas.⁽¹⁷⁾

O pensamento linear, embora fundamental na vida prática para resolução dos problemas biológicos, não é capaz de captar a dimensão psicossocial que envolve a saúde. O pensamento sistêmico, também valioso, geralmente é empregado com finalidade operacional e estratégica, no entanto também não consegue explicar a saúde em toda a sua complexidade de aspectos.⁽²⁴⁾ A complexidade de um sistema está relacionada à dinâmica das relações entre as suas partes. Os sistemas complexos se adaptam, com maior facilidade, às mudanças ambientais (chamados sistemas complexos

adaptativos), conseguindo lidar melhor com incertezas, indefinições, mudanças e gerando uma estabilidade dinâmica.⁽²⁴⁾

O pensamento complexo facilita a identificação de padrões de comportamento e intervenção, ajuda a reduzir a repetição de padrões não adequados e a entender as situações com maior clareza e profundidade, permitindo, assim, que as predições se aproximem, o máximo possível, da realidade.⁽²⁵⁾

Esse tipo de pensamento resulta da complementaridade das duas outras formas de pensamento citadas, considera a diversidade, a incerteza, a mudança, a aleatoriedade, a emoção e a flexibilidade.⁽²⁵⁾

Os métodos tradicionais de análise muitas vezes não respondem a questões que surgem na realidade e isso reduz sua capacidade de preverem o futuro.

Nesse contexto, surge a Teoria do Caos, reconhecida como ciência apenas a partir das décadas de 60 a 70. A teoria do caos vem revelar a existência de sistemas determinísticos, contínuos e discretos, cujo comportamento é praticamente imprevisível devido à grande sensibilidade a mudanças nas condições iniciais, após certo intervalo de tempo. Essa sensibilidade às condições iniciais diz respeito à ampliação exponencial dos desvios iniciais.⁽²²⁾

Um comportamento caótico se refere a um processo determinístico com comportamento que se aproxima ao aleatório.⁽²²⁾ A teoria do caos estuda o comportamento de sistemas de *feedbacks* não lineares, onde há dificuldade de realização de previsões em longo prazo.⁽²⁰⁾

No sistema caótico, a entropia (taxa de produção de informação no sistema) tem valor positivo e finito, uma vez que há produção de informação devido à sensibilidade

às condições iniciais, enquanto que no sistema aleatório, há grande produção de informação e a entropia tende ao infinito.⁽²⁰⁾

Dentre os estudiosos da teoria, destacou-se Poincaré, o qual publicou seu trabalho relacionando a recorrência aos sistemas dinâmicos no “Teorema da Recorrência de Poincaré”, em 1890. Outro expoente foi Duhem, o qual provou que uma pequena incerteza na condição inicial, dá lugar a uma grande incerteza sobre a trajetória calculada, tornando, sem valor, a predição.⁽²²⁾

O meteorologista Edward Lorenz, do Instituto de Tecnologia de Massachusets (MIT), desenvolveu um modelo em computador, que simulava a evolução das condições climáticas, na década de 60, a partir da introdução dos valores iniciais de vento e temperatura. Ele descobriu que mudanças infinitesimais nos valores não geravam alterações discretas, mas sim alterações drásticas, nas condições futuras do tempo. Daí surgiu a conhecida expressão que dizia que o bater das asas de uma borboleta no Brasil poderia provocar um tornado no Texas.⁽²¹⁾

Outras avaliações posteriores persistiram constatando que mudanças diminutas nas condições iniciais podiam acarretar desvios radicais no comportamento de um sistema.⁽²⁶⁾ Esta dependência em relação às condições iniciais do sistema é uma das características da Teoria do Caos e ficou conhecida como “Efeito Borboleta”, o qual é a base da imprevisibilidade dos sistemas não lineares.⁽²¹⁾

As propriedades de um sistema caótico são:

- auto similaridade – ocorrência de padrões semelhantes, dentro de padrões (Exemplo: bifurcação dos galhos de uma árvore, bifurcação das nervuras das folhas);

- escalonamento – são as escalas cada vez menores, de repetições de padrões de auto-similaridade;
- fractal – capacidade de divisão em padrões de auto-similaridade e escalonamento ;
- quebra de simetria – ruptura em um padrão ordenado, dando origem a novo padrão;
- auto-organização – processo de reorganização de um sistema em busca de estabilidade;
- transição de fase – estado em que o sistema passa de uma fase a outra, a caminho de um nova situação de estabilidade; e
- estrutura dissipativa – comportamento do sistema em que há dissipação de entropia em regiões próximas às áreas de estabilidade, porém dependentes de energia para alcançar uma nova organização, em geral, mais complexa que a anterior.^(27, 28)

1.5 Análises dos Gráficos de Recorrência

Uma forma de se analisar uma série temporal (sequência de dados obtidos em intervalos regulares de tempo durante um período específico),⁽²⁹⁾ por processos não lineares, é a utilização de diagramas ou gráficos de recorrência, que se baseiam na concepção de que os sistemas, em geral, tendem a apresentar regularidades ou recorrências, reproduzindo trajetórias periodicamente. Dessa forma, entendendo que não há uma trajetória aleatória.⁽³⁰⁾ Os gráficos de recorrência são um método de análise de dados criado para estudar sistemas dinâmicos físicos dissipativos por Eckmann *et al.* em 1987, os quais, embora possam ser altamente susceptíveis às condições iniciais, acabam

repetindo trajetórias similares de tempos em tempos. ⁽²⁸⁾Esses gráficos nos permitem identificar essas regularidades nos sistemas dinâmicos e podem dar pistas precoces de uma possível situação caótica, além disso podemos obter resultados surpreendentes, já que esse método considera o tempo.

O gráfico de recorrência é a representação em duas dimensões de uma única trajetória em uma matriz (espaço de fase).⁽³¹⁾ Nessas representações bidimensionais de fase de sistemas dinâmicos, uma linha diagonal do canto inferior esquerdo ao superior direito, dividirá o espaço em duas metades espelhadas. Em geral, cores claras são utilizadas para representar distâncias curtas dentro do intervalo de delimitação e cores escuras, para representar distâncias superiores a esse intervalo de defasagem temporal (conforme o padrão de cores escolhido no software Visual Recurrence Analysis -VRA). A dimensão de imersão também vai influenciar no aspecto do gráfico.^(27,30,32)

A defasagem temporal representa o intervalo temporal entre as observações e a dimensão de imersão se refere ao número de observações a serem incluídas nos vetores. ⁽²⁸⁾De tal modo, os gráficos podem apresentar características de grande e pequena escala, sendo que as primeiras originam os tipos e as segundas, as texturas. ⁽²⁸⁾⁽³²⁾ Em intervalos de tempos curtos podemos encontrar um padrão uniforme, conforme o padrão de cores utilizado, com textura incomum.⁽³²⁾ O sistema atual cria uma trama sinalizando as recorrências e estabelece um código de cores, dessa forma podemos entender que esse gráfico representa uma matriz de cores criadas a partir das distâncias calculadas entre as distâncias dos vetores, a partir da série de dados inicial unidimensional.

As cores dos mapas são pré-definidas e exibidas como pixels correspondentes aos pontos locais, preservando as relações entre o tempo e a série temporal, em adição à dependência espacial. As cores devem ser significativas, sendo que cores quentes

podem estar relacionadas a pequenas distancias entre os vetores, enquanto cores frias representam grandes distâncias, conforme o padrão de cores escolhido, permitindo assim estudar os movimentos das trajetórias e inferir sobre as características do sistema dinâmico que gerou a série temporal.⁽³³⁾

Gráficos gerados por séries estocásticas não geram padrões identificáveis, enquanto séries com padrões identificáveis são construídas com atratores de Lorenz, nesse caso, o gráfico terá padrão caótico determinístico, retornando a trajetórias similares esporadicamente. Um gráfico com variação de parâmetros (lentidão) em um sistema não homogêneo, claro no canto inferior esquerdo e escuro no canto superior direito, demonstra existência de impulso (drift) em sua evolução temporal e um gráfico onde ocorrem mudanças abruptas, ou seja, descontinuidade ou ruptura, apresentará uma fase de forma estável e outra, turbulenta.^(30,32)

Existem formas de quantificar os resultados visuais apresentados nos gráficos por meio dos seguintes cálculos: Taxa de Recorrência; Grau de Determinismo; Dimensão Máxima das Linhas Diagonais; Grau de Laminaridade; Tempo de Aderência a Estruturas Horizontais.^(30,31)

Dessa forma, os objetivos desse estudo foram analisar agravos de notificação compulsória, utilizando-se o Gráfico de Recorrência, verificar se são sistemas que apresentam comportamentos Aleatório, Caótico, Periódico e/ou Linear e, assim tirando-se conclusões para possíveis correlações e decisões.

Além disso, verificar se os comportamentos Aleatório, Caótico, Periódico e Linear podem ser identificados na análise da série histórica para cada doença e agravo estudado; comparar o método de análise quantitativa com a análise baseada no gráfico de recorrência, para identificar a complementaridade dos métodos na predição de

cenários futuros e na detecção de padrões de comportamento nas séries históricas de dengue, atendimento antirrábico humano e leishmaniose visceral.

Verificar se o padrão de comportamento Aleatório, Caótico, Periódico e Linear não se repete em doenças com agentes etiológicos/causas diferentes, como a dengue (vírus), a leishmaniose visceral (protozoário) e do AARH (acidentes com mamíferos, podendo ou não ocorrer exposição ao vírus rábico) e aplicar a estrutura Cynefin para classificação das doenças e agravos em simples, complicados, complexos, caóticos ou em desordem, como parâmetro para comparação e interpretação a partir dos gráficos de recorrência.

2 MATERIAL E MÉTODO

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Material

Foi avaliado o banco de dados contendo todas as notificações de casos confirmados de dengue e atendimento antirrábico humano do Sistema de Informação Nacional de Agravos de Notificação (SINAN) Windows e Sinan Net, no período de 01 de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2013, de pacientes residentes em São José do Rio Preto, aplicando a estatística descritiva e utilizando-se o instrumento Gráfico de Recorrência e Estrutura Cynefin para análise das séries temporais. A análise da leishmaniose visceral foi baseada em notificações de casos confirmados de LV do Sinan Net do período de 2007 a 2015 autóctones da região de São José do Rio Preto, com dados exportados em 20/01/2016.

Para realização da análise selecionamos duas enfermidades com agentes etiológicos distintos e um banco de casos de acidentes envolvendo mamíferos que oferecem risco de exposição a vírus, visando identificar se o perfil de cada doença se altera conforme o tipo de agente causador.

Quadro 1. Distribuição de agravos segundo a causa.

Agravo	Causa
Dengue	Vírus
Leishmaniose Visceral	Protozoário
Atendimento Antirrábico Humano	Risco de exposição ao vírus rábico por contato com saliva de mamíferos infectados

Foi utilizado o programa Microsoft Office Excel 2003 para a tabulação dos dados. Os casos foram ordenados por semana epidemiológica de início de sintomas e ano. Foram construídas séries temporais das quantidades de casos por semana epidemiológica para cada uma das séries temporais estudadas.

As semanas epidemiológicas são critérios internacionais na apresentação da distribuição temporal dos casos utilizados para efeito de registro, tabulação e apresentação estatística quer sejam técnicos ou administrativos para as doenças de notificação compulsória e agravos. A semana tem início no domingo e termina no sábado.

Considera-se como sendo a primeira semana do ano epidemiológico aquela que contiver o maior número de dias do mês de janeiro do que do dezembro anterior, e a última semana do ano epidemiológico a que contiver o maior número de dias de dezembro do que do janeiro seguinte. Portanto, um ano geralmente tem 52 semanas epidemiológicas.

Posteriormente, fizemos um estudo comparando os resultados obtidos na análise dos casos pelo Gráfico de Recorrência, Estrutura Cynefin e os resultados obtidos pelos métodos de Análise Quantitativa da Recorrência (RQA), visando identificar a complementaridade de resultados possível, a partir do uso concomitante das diferentes metodologias.

2.1.1 Coletas dos Dados

Os dados foram fornecidos pelo Grupo de Vigilância Epidemiológica XXIX – São José do Rio Preto para análises das séries temporais por Gráficos de Recorrência.

2.2 Metodologia

2.2.1 Análise Quantitativa

Foi aplicada a análise quantitativa do Gráfico de Recorrência (% determinismo, % recorrência, Entropia de Shannon, Comprimento médio das linhas diagonais, Laminaridade, Tempo de Aprisionamento) além da ilustração com imagens dos gráficos.

2.2.2 Análise do gráfico de recorrência (Visual Recurrence Analysis)

A metodologia adotada está descrita a seguir, por meio da transcrição do tutorial do Núcleo Transdisciplinar para o Estudo do Caos e da Complexidade - Nutecc, extraído da tese de doutorado de Baptista, 2011.⁽³⁴⁾

Os Gráficos de Recorrência foram construídos com o auxílio do software, VRA 4.9 disponível gratuitamente na internet (<http://visual-recurrence-analysis.software.informer.com>)⁽³⁵⁾ desenvolvido por Eugene Kononov, e esse software tem como finalidade auxiliar os pesquisadores na análise qualitativa e quantitativa dos Gráficos de Recorrência.

Os pontos observados visualmente representam a recorrência e as cores, a distância entre eles.

A figura abaixo representa um Gráfico de Recorrência (VRA) com todas as distâncias (raios) representadas por diferentes cores simultaneamente.

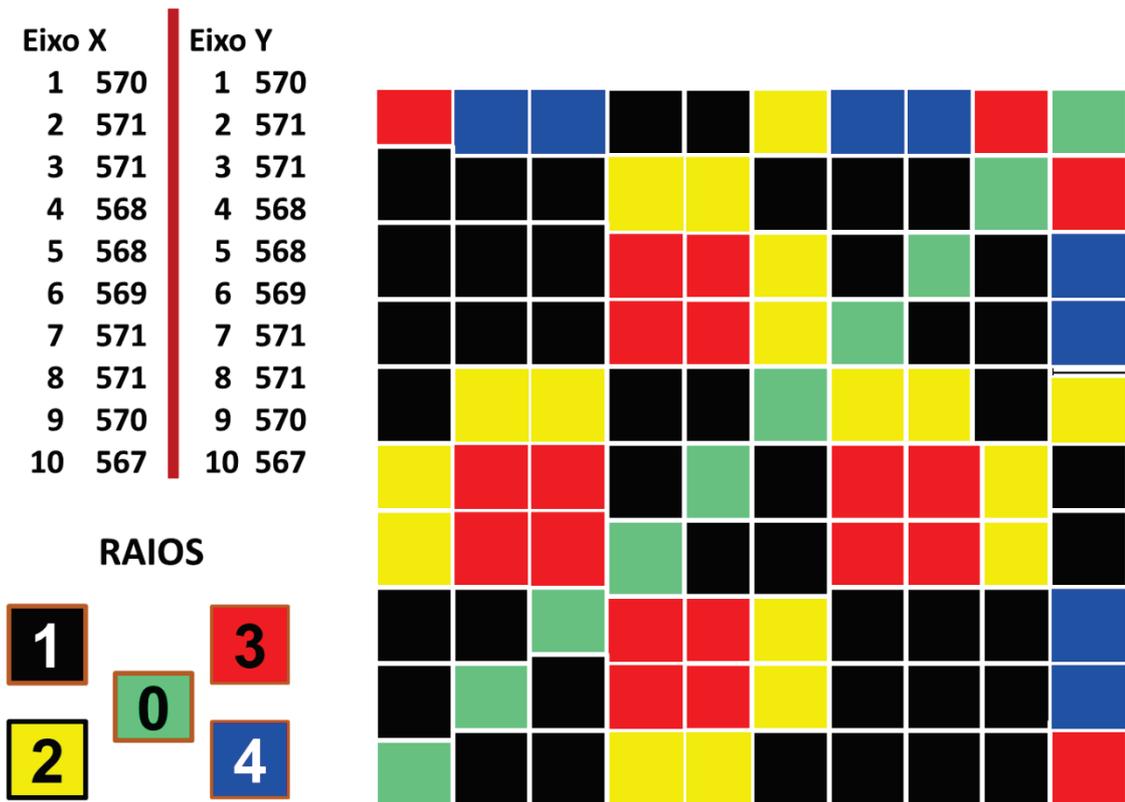


Figura 1. Representa o Gráfico de Recorrência (VRA) com todas as distancias (raios) representados por diferentes cores simultaneamente.

A tipologia de uma visão global permite analisar os estados no espaço de fase em toda série temporal, podendo-se ainda, realizar a análise por períodos.

Neste estudo foi realizada análise do comportamento das quantidades de ocorrências de agravos, utilizando como parâmetros: Dimensão de imersão (embedding dimension, M) =10 e Tempo de retardo (Time Delay) =1, raio = 70 e Linha = 2 e o esquema de cores foi o Volcano.

As séries temporais foram construídas com 689 valores equivalendo a 52 semanas por ano para um total de 13 anos para dengue e atendimento antirrábico humano e 477 valores para leishmaniose visceral, totalizando 9 anos.

Para realizar a comparação de padrões de comportamentos foram utilizados modelos matemáticos das Séries Temporais Aleatória, Caótica, Periódica e Linear. Essas séries temporais foram analisadas por meio do software VRA nos aspectos visual e quantitativo.

A Série Aleatória foi construída no Excel com a fórmula = Aleatória ()*100, excluindo-se as casas decimais e obtendo-se com isso, valores aleatório entre 0 e 100.

A Série Temporal Caótica foi construída por meio da equação logística: $x_{t+1}=x_t*(1-x_t)*r$ onde $x_t=0,2$ e $r=3,7$, que sabidamente corresponde a um estado caótico. Aqui os valores também foram multiplicados por 100, excluindo-se as casas decimais.

A Serie Periódica foi construída repetindo os números de 0 a 50 formando um total de 521 números.

A Série Linear foi construída por meio de uma serie temporal formada com números primos de 2 a 3.800 em um total de 521 números.

A figura 2, mostra os Gráficos de Recorrência realizados com as Séries Temporais Aleatória, Caótica, Periódica e Linear, obtidas por formulação matemática.

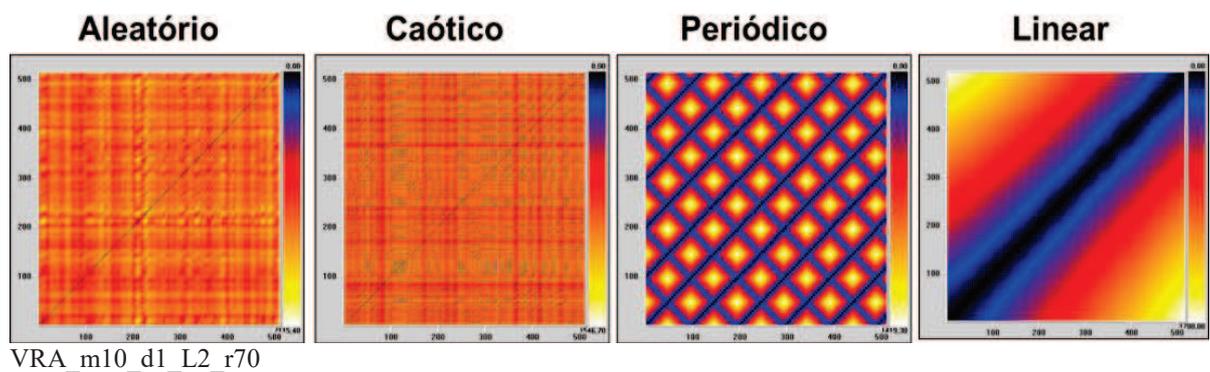


Figura 2. Gráficos de Recorrência das Séries Temporais Aleatória, Caótica, Periódica e Linear obtidos por formulação matemática.

A Análise Quantitativa da Recorrência foi realizada sem divisão da série temporal e com a utilização dos parâmetros: início da série na primeira semana e o termino 521ª semanas. Para análise da distância foram utilizadas as medidas de Distância Euclidiana, Linha =2 e o Raio =70.

Foram calculadas as Taxas de Recorrência (RR), Determinismo (DET), Linha Diagonal Máxima (MAXLINE), Entropia (ENTR), Laminaridade (LAM) e Comprimento Médio das Linhas Verticais ou Tempo de Aprisionamento (Trapping Time, TT).

Com esses parâmetros foi realizada a Análise Quantitativa da Recorrência das Séries Temporais Aleatória, Caótica, Periódica e Linear obtidas por formulação matemática conforme citado acima.

Tabela 1. Análise Quantitativa da Recorrência das Séries Temporais: Aleatória, Caótica, Periódica e Linear obtidas por formulação matemática.

	RR%	DET%	Lam%	TT	Entropia	MaxLine
Aleatório	6,2	87,1	20,2	2,327	2,879	25
Caótico	20,1	96,4	0,8	3,297	4,118	82
Periódico	40,6	99,9	99,9	23,431	2,601	511
Linear	41,4	99,9	99,9	107,1	7,312	516

VRA_m10_d1_L2_r70

Foram utilizados também, Gráficos de Recorrência de séries temporais de casos clínicos para a comparação de padrões de comportamentos: Adulto Jovem (Série Temporal Caótica), Criança, Recém-Nascido Prematuro (Série Temporal tendendo a Linearidade) e Morte Cerebral (Série Temporal Linear). Esses gráficos estão

demonstrados na figura 3. As series foram obtidas no banco de dados do Núcleo Transdisciplinar para Estudo do Caos e da Complexidade-NUTECC.

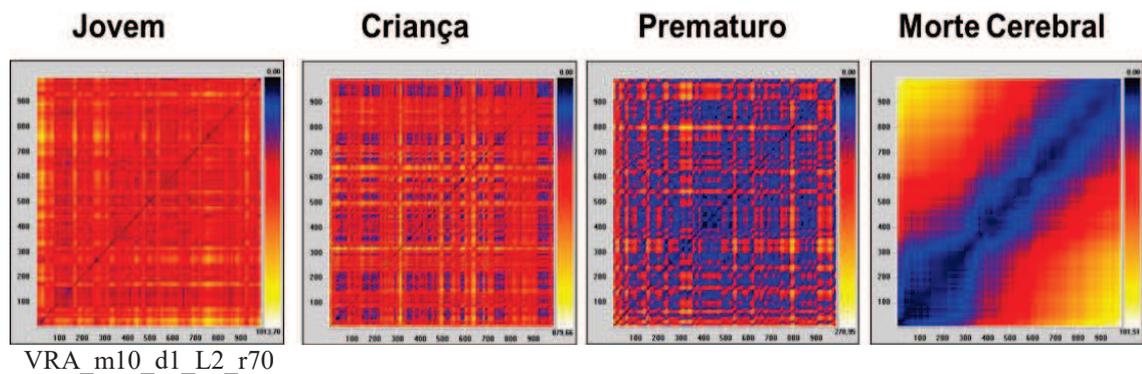


Figura 3. Gráficos de Recorrência das Séries Temporais de casos clínicos de Jovem Adulto, Criança, Recém-Nascido Prematuro e Morte Cerebral, dados obtidos pelo Nutecc.

A tabela abaixo representa a Análise Quantitativa da Recorrência dos modelos clínicos realizadas com os mesmos parâmetros dos modelos matemáticos: Taxas de Recorrência (RR), Determinismo (DET), Linha Diagonal Máxima (MAXLINE), Entropia (ENTR), Laminaridade (LAM) e Comprimento Médio das Linhas Verticais ou Tempo de Aprisionamento (Trapping Time, TT).

Tabela 2. Representa a Análise Quantitativa da Recorrência de casos clínicos Jovem, Criança, Recém-Nascido Prematuro, e Morte Cerebral.

	RR%	DET%	Lam%	TT	Entropia	MaxLine
Jovem	12,7	94,3	31,9	2,088	3,766	48
Criança	18,6	95,6	90,1	5,193	3,884	76
Prematuro	34,7	99,5	99,5	15,347	5,112	978
Morte cerebral	40,9	99,7	99,8	62,746	4,796	990

VRA_m10_d1_L2_r70

As séries temporais das ocorrências de agravos de notificação também foram analisadas em um período de 14anos, exceto para Leishmaniose Visceral. O início da série ocorreu na 1ª semana e o término na 52ª semana, com intervalo de 52 semanas para cada ano. Também foram construídos com as distancias Euclidiana, Linha =2 e o Raio =70.⁽³⁵⁾

3 RESULTADOS

As análises das séries temporais geraram Gráficos, Tabelas e Quadros, os quais serão apresentados na seguinte ordem: total de casos de cada DNC, gráficos de recorrência e respectivos tacogramas, análises quantitativas e análises pela estrutura Cynefin.

3.1 Números de casos de Dengue, Atendimento Antirrábico Humano (AARH) e Leishmaniose Visceral (LV)

Delineamos uma Tabela consolidando o número total de casos notificados e confirmados de cada doença ou agravo por ano de ocorrência. Essas informações encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Número de casos de dengue e atendimentos antirrâbicos humanos ocorridos no município de São José do Rio Preto e número de casos de Leishmaniose Visceral na região de São José do Rio Preto, por ano

Anos	AGRAVOS		
	Dengue	AARHA	LV
2000	490	1910	
2001	6921	2086	
2002	992	2018	
2003	455	2361	
2004	89	2384	
2005	373	2490	
2006	13078	2107	
2007	9695	2288	6
2008	271	2398	8
2009	1115	2561	3
2010	24065	2641	7
2011	856	2728	14
2012	423	2678	36
2013	18678	2504	34
2014			13
2015			15
Total	77501	33154	136

Fonte: Sinan Net e Sinan Windows

3.2 Gráficos de Recorrência

3.2.1 Análise dos Gráficos de Recorrência e Tacogramas

Os gráficos de recorrência das doenças e agravo estudados mostram padrões distintos, embora a análise quantitativa aproxime AARH e LV como sendo ambos com tendência ao padrão caótico, não obstante LV esteja um pouco mais próximo do referido padrão. Pelo VRA, geramos o gráfico das séries temporais de dengue, AARH e LV. Os casos confirmados de dengue por semana epidemiológica, em São José do Rio Preto, entre os anos 2000 e 2013, está ilustrado na Figura 4.

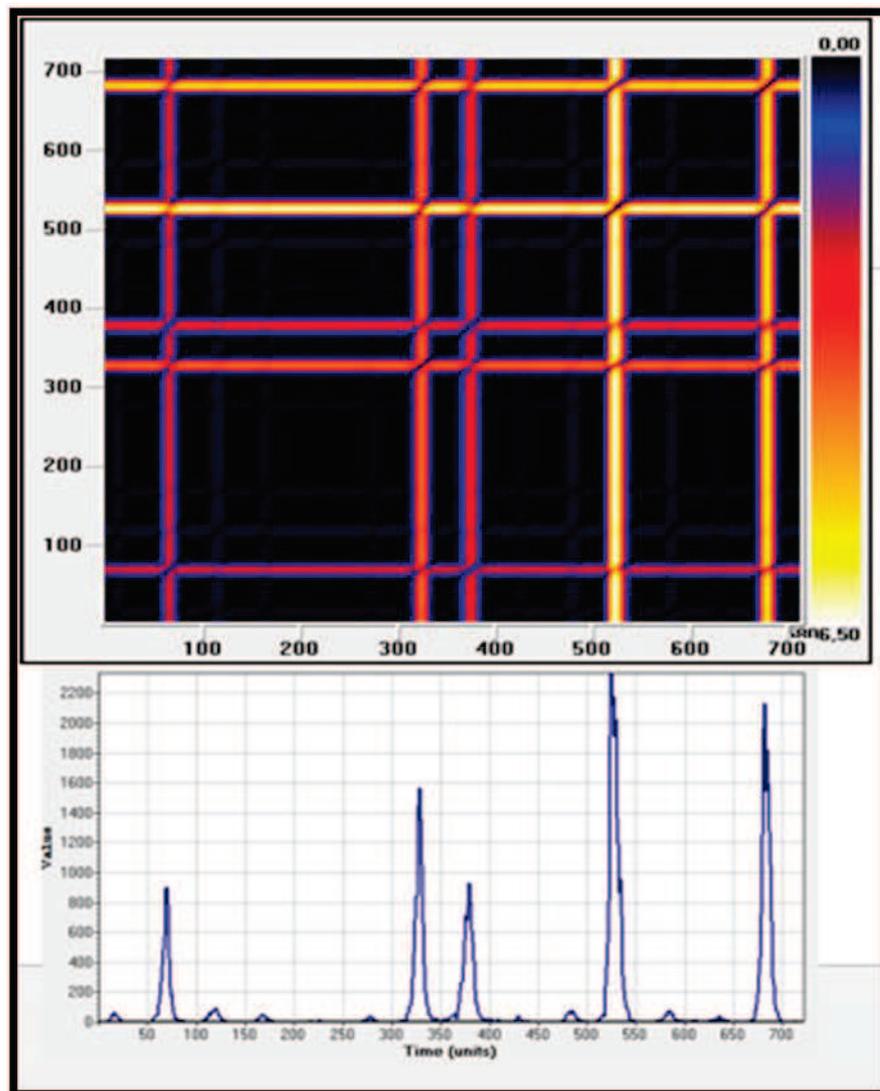


Figura 4. Gráfico de recorrência de dengue da série temporal do município de São José do Rio Preto no período de 2000 a 2013 e respectivo tacograma

O gráfico de dengue (figura 4) se aproxima da imagem do padrão matemático linear e possui linhas (bandas) bem delimitadas que na escala de cores utilizada (no caso vermelho e amarelo) representam os momentos epidêmicos da dengue no município com grande variabilidade de incidência entre as semanas. Por outro lado, a predominância da cor preta nessa escala de cores, demonstra a fase endêmica da doença (linear), com valores repetitivos. Nesses períodos o número de casos era baixo. Os momentos endêmicos e epidêmicos ficam evidentes na análise comparativa com o tacograma.

Os casos de atendimento antirrábicos humanos (AARH) se distribuem ao longo dos anos de 2000 a 2013, como se observa na Figura 5.

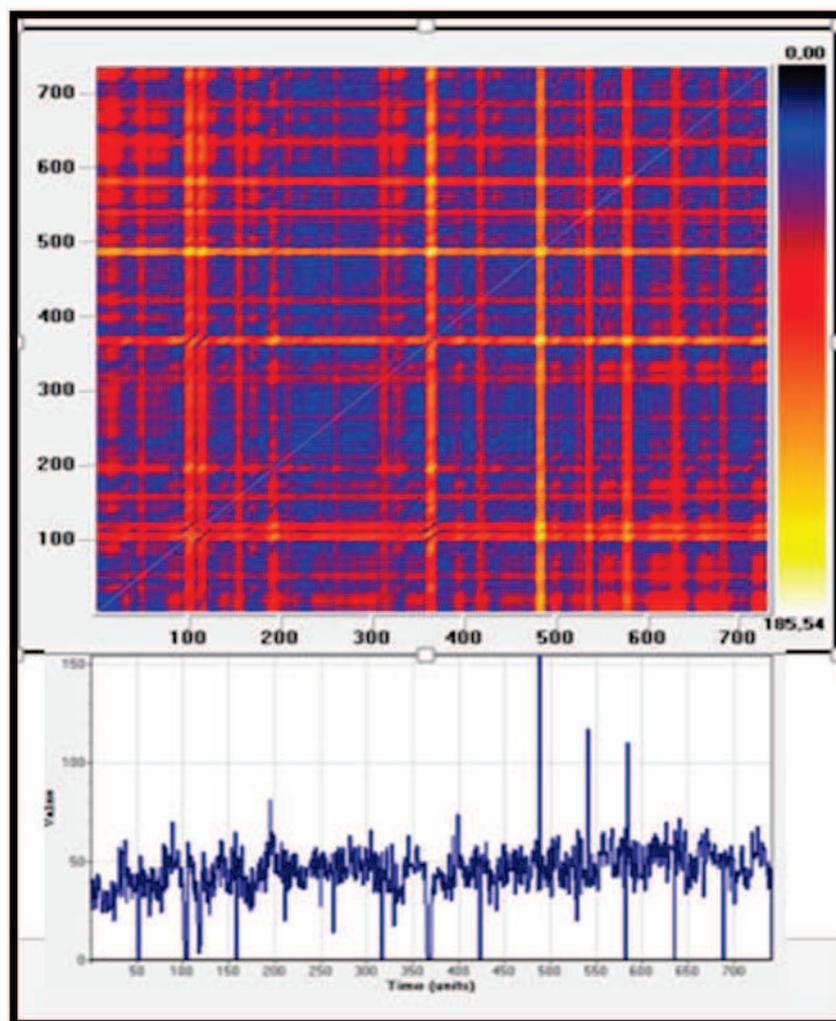


Figura 5. Gráfico de recorrência de AARH da série temporal do município de São José do Rio Preto no período de 2000 a 2013 e respectivo tacograma

No ano de 2006, houve uma atualização do sistema de informação e, conseqüentemente, modificações nos campos contidos na ficha de notificação e, então a partir de 2007, a digitação dos casos deixou de ser feita no Sinan Windows e passou para o Sinan Net.

A série de AARH apresenta um padrão aproximado ao caótico, chamando a atenção nitidamente por uma distribuição mais difusa e com padrão de cores mais variado (confirmando, portanto, maior variabilidade). O tacograma na base da figura ilustra bem essa variabilidade.

Na figura 6, verificamos os casos confirmados de Leishmaniose Visceral na região de São José do Rio Preto, totalizando 133 casos no período estudado (nove anos).

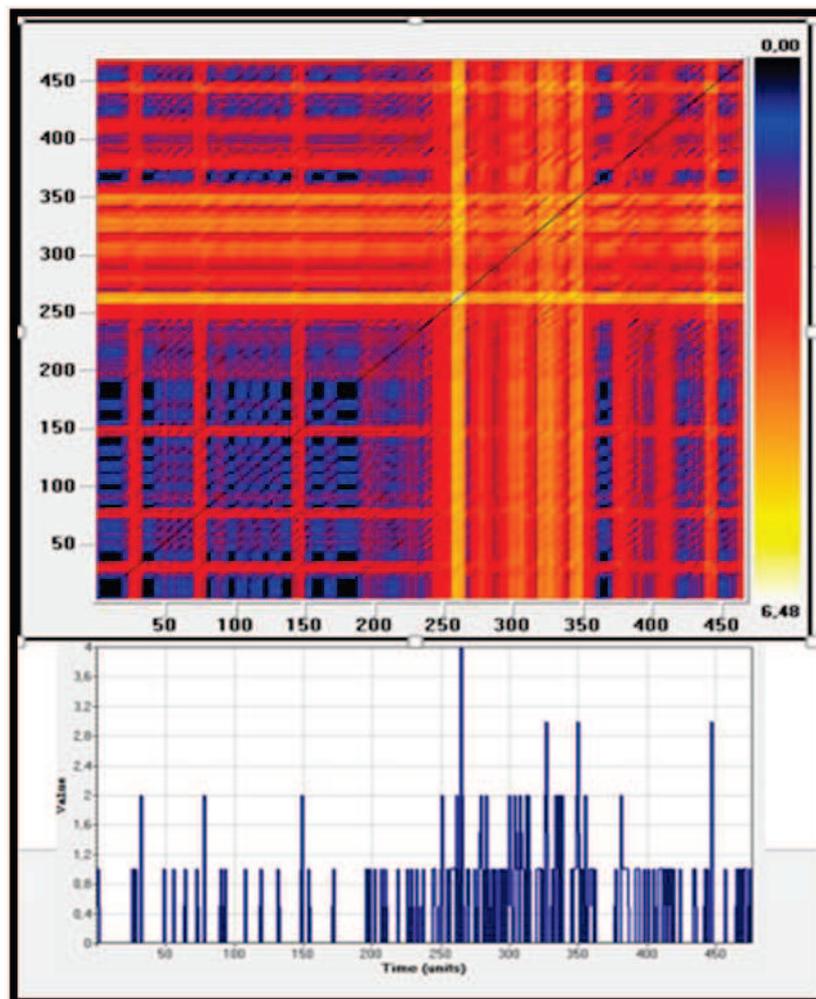


Figura 6. Gráfico de recorrência de LV da região de São José do Rio Preto, de 2007 a 2015 e respectivo tacograma

Os casos de Leishmaniose Visceral começaram a ocorrer de forma autóctone na região do GVE 29 – SJRP a partir de 2010, no município de Votuporanga, produzindo uma quebra no padrão inicial do gráfico. O gráfico de LV mostra claramente a existência de duas fases diferentes da doença na região, porém, no geral, tende ao caótico, embora um pouco menos que a AARH.

Entre as SE 312 e 364 (anos de 2012 e 2013), podemos notar uma definição forte de linhas que representam o período de aumento de casos de LV, pelo início da transmissão humana em Votuporanga, impactando nos dados regionais. A partir de 2014, o número de casos diminuiu e, no gráfico, podemos notar que passaram a predominar as linhas com padrões de cores indicativos de menor variabilidade (vermelho mais escuro e azul).

Comparando com os resultados do grupo de pesquisa Nutecc apresentados por Baptista ⁽³⁴⁾, notamos que dengue se assemelha levemente à imagem do gráfico de recorrência de prematuro, o AARH se aproxima da imagem do jovem e que LV se aproxima da série criança. Essa comparação foi apresentada na figura 7.

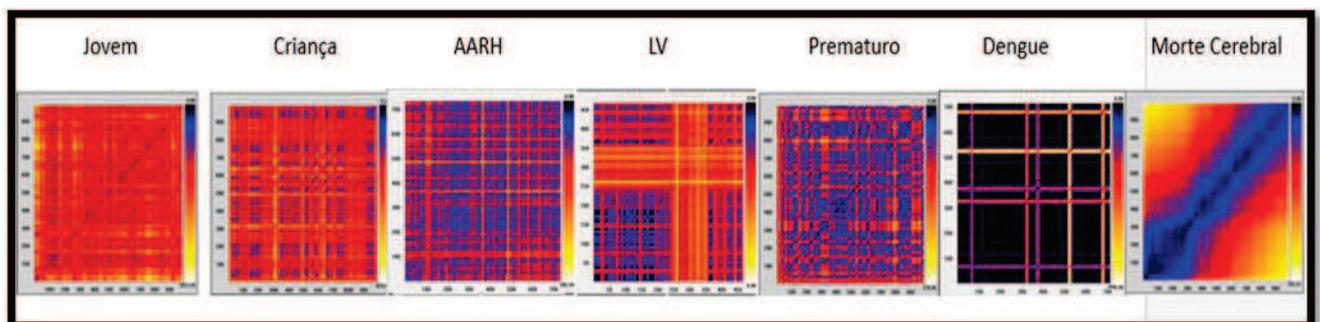


Figura 7. Gráfica de recorrência dos agravos de notificação compulsória (Dengue, AARH e LV) e da série de batimentos cardíacos, produzida pelo grupo de pesquisa Nuttec, distribuídos, consecutivamente, segundo a classificação pelos padrões caótico, periódico e linear

Na comparação com o trabalho de Baptista ⁽³⁴⁾, observa-se que o gráfico de dengue não tem semelhanças com os gráficos de doenças estudadas pela autora. LV tem padrão que se aproxima ao da doença neoplásica, que indica existência de duas fases diferentes de ocorrência da doença e que foi classificada como caótica/ linear. A série temporal de LV mostra um período inicial que permanece com pouca recorrência, seguido de um período com grande recorrência, que possivelmente retrata o período de transição de área indene para área com transmissão na região de SJRP, pois as linhas verticais podem estar relacionadas com os estados intermitentes e laminares.

O gráfico do AARH mostra uma textura entre a do gráfico de apendicite e o de doenças bacterianas, com padrão aleatório e caótico, consecutivamente.

Comparamos também os resultados dos gráficos de recorrência das DNCs, com os gráficos das séries de internações hospitalares por grupos nosológicos, produzidos pelo grupo Nutecc e o resultado estão disponíveis na figura 8.

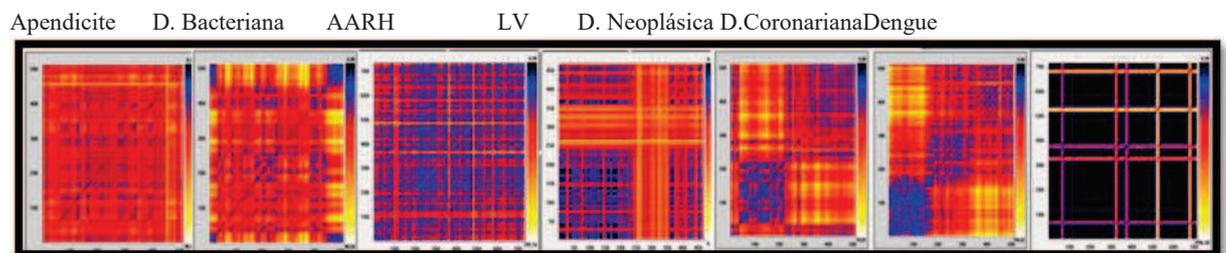


Figura 8. Gráficos de recorrência dos agravos de notificação compulsória (Dengue, AARH e LV) e de internações hospitalares por grupo nosológico, produzida por Baptista,⁽³⁴⁾ distribuídos, consecutivamente, segundo a classificação pelos padrões aleatório, caótico, periódico e linear.

3.3 Análise Quantitativa

A análise quantitativa da recorrência foi realizada da mesma maneira que Baptista⁽³⁴⁾ descreveu no tutorial do grupo Nutecc. Foram utilizados os parâmetros: início da série na semana um e término na semana 728, totalizando 14 anos, exceto no estudo dos casos de Leishmaniose Visceral, cujo período de avaliação foi de nove anos, entre 2007 e 2015, totalizando 468 semanas.

No quadro 2, estão apresentados os resultados quantitativos das três séries temporais estudadas.

Quadro 2. Resultados da análise quantitativa produzida em VRA para as séries temporais de dengue, AARH e LV

	DENGUE	AARH	LV
Epoch Number	1	1	1
Star Point	1	1	1
Mean	108,119	44,729	0,308
Standart Deviation	327,019	12,984	0,599
Means Rescaled Dist	99,999	100,005	99,997
Percent Recurrence	73,119	26,278	21,700
Percent Determinism	99,989	95,867	96,808
Percent Laminarity	99,969	83,704	84,856
Trapping Time	76,254	5,094	11,142
Ratio	1,367	3,648	4,461
Entropy (bits)	6,141	3,883	4,280
Maxline	249	56	61
Trend	-2,319	-34,029	-9,253

A maior taxa de recorrência ocorreu na série temporal de dengue, caracterizando-a como uma doença de recorrência previsível por longos períodos e com porcentagem de determinismo próximo a 100%.

A Dengue apresentou um padrão próximo do linear, ou seja, alta taxa de recorrência, de determinismo, de laminaridade, de tempo de aprisionamento, de entropia e com valor alto de comprimento da linha diagonal.

A linha diagonal indica que o sistema percorreu, em tempos distintos, mas do mesmo modo, uma mesma região do espaço de fases. Entre as doenças estudadas foi a mais determinística e previsível, pois tem a maior linha diagonal.

O menor tempo de aprisionamento foi identificado na série temporal de AARH, assim como menor taxa de determinismo e menor entropia mostrando que há maior variabilidade na diferença entre os intervalos entre as recorrências e indicando um comportamento com padrão mais voltado para o aleatório ou para o caótico.

Utilizando a tabela de dados do Nutecc (modelo matemático e modelo clínico) para ordenar e comparar as análises quantitativas desse estudo, encontramos os resultados apresentados no quadro 3.

Quadro 3. Classificação dos resultados obtidos por VRA, para séries temporais de dengue, AARH e LV em comparação aos resultados do Nutecc

Classificação	RR%	DET%	Lam%	TT	Entropia	MaxLine
Aleatório	6,2	87,1	20,2	2,327	2,879	25
Jovem	12,7	94,3	31,9	2,088	3,766	48
Criança	18,6	95,6	90,1	5,193	3,884	76
Caótico	20,1	96,4	0,8	3,297	4,118	82
AARH	26,278	95,867	83,704	5,094	3,883	56
LV	21,7	96,808	84,856	11,142	4,28	61
Prematuro	34,7	99,5	99,5	15,347	5,112	978
Periódico	40,6	99,9	99,9	23,431	2,601	511
Morte Cerebral	40,9	99,7	99,8	62,746	4,796	990
Dengue	73,119	99,989	99,969	76,254	6,141	249
Linear	41,4	99,9	99,9	107,1	7,312	516

O comportamento da série temporal de LV ficou bem próximo do comportamento do AARH, afastando-se nitidamente do comportamento da dengue.

Os resultados encontrados foram comparados individualmente aos resultados das análises dos padrões de variabilidade da frequência cardíaca do Nutecc. Podem ser avaliados: dengue no quadro 4, AARH no quadro 5 e LV no quadro 6.

Quadro 4. Comparação entre análise quantitativa da série temporal de Dengue em relação aos padrões matemáticos para séries aleatórias, caóticas, periódicas e lineares.

Classificação	RR%	DET%	Lam%	TT	Entropia	MaxLine
Aleatório	6,2	87,1	20,2	2,327	2,879	25
Caótico	20,1	96,4	0,8	3,297	4,118	82
Periódico	40,6	99,9	99,9	23,431	2,601	511
Linear	41,4	99,9	99,9	107,1	7,312	516
Dengue	73,119	99,989	99,969	76,254	6,141	249

Quadro 5. Comparação entre análise quantitativa da série temporal de AARH em relação aos padrões matemáticos para séries aleatórias, caóticas, periódicas e lineares.

Classificação	RR%	DET%	Lam%	TT	Entropia	MaxLine
Aleatório	6,2	87,1	20,2	2,327	2,879	25
Caótico	20,1	96,4	0,8	3,297	4,118	82
AARH	26,278	95,867	83,704	5,094	3,883	56
Periódico	40,6	99,9	99,9	23,431	2,601	511
Linear	41,4	99,9	99,9	107,1	7,312	516

Quadro 6. Comparação entre análise quantitativa da série temporal de LV em relação aos padrões matemáticos para séries aleatórias, caóticas, periódicas e lineares:

Classificação	RR%	DET%	Lam%	TT	Entropia	MaxLine
Aleatório	6,2	87,1	20,2	2,327	2,879	25
Caótico	20,1	96,4	0,8	3,297	4,118	82
LV	21,7	96,808	84,856	11,142	4,28	61
Periódico	40,6	99,9	99,9	23,431	2,601	511
Linear	41,4	99,9	99,9	107,1	7,312	516

Para mais bem visibilizar e comparar os três agravos estudados, foi criada a figura 9, onde os padrões de comportamento das séries desse estudo estão identificados por estrelas com as letras A = AARH, D= Dengue e L = Leishmaniose Visceral e a classificação, por círculos com as letras: A = Aleatório, C = Caótico, P = periódico e L= linear.

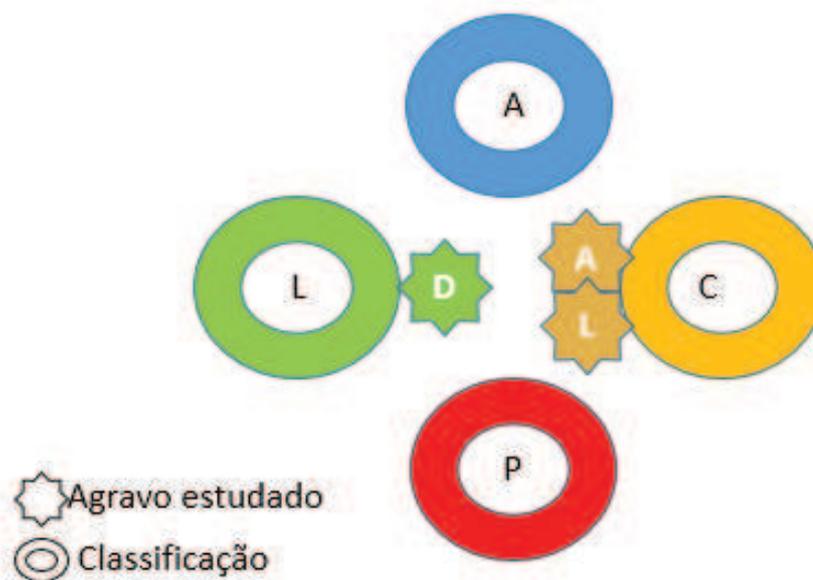


Figura 9. Distribuição dos agravos de acordo com a proximidade que os mesmos apresentam em relação a padrões matemáticos de referência de séries temporais aleatórias, caóticas, periódicas e lineares

3.3 Análises pela Estrutura Cynefin

As doenças e agravo estudados foram submetidos à análise do seu grau de complexidade por meio da estrutura Cynefin (figura 10), sendo que as classificações dos comportamentos de cada série temporal foram consolidadas no quadro 7, onde também consideramos as causas e as classificações obtidas pelo gráfico de recorrência e análise quantitativa.

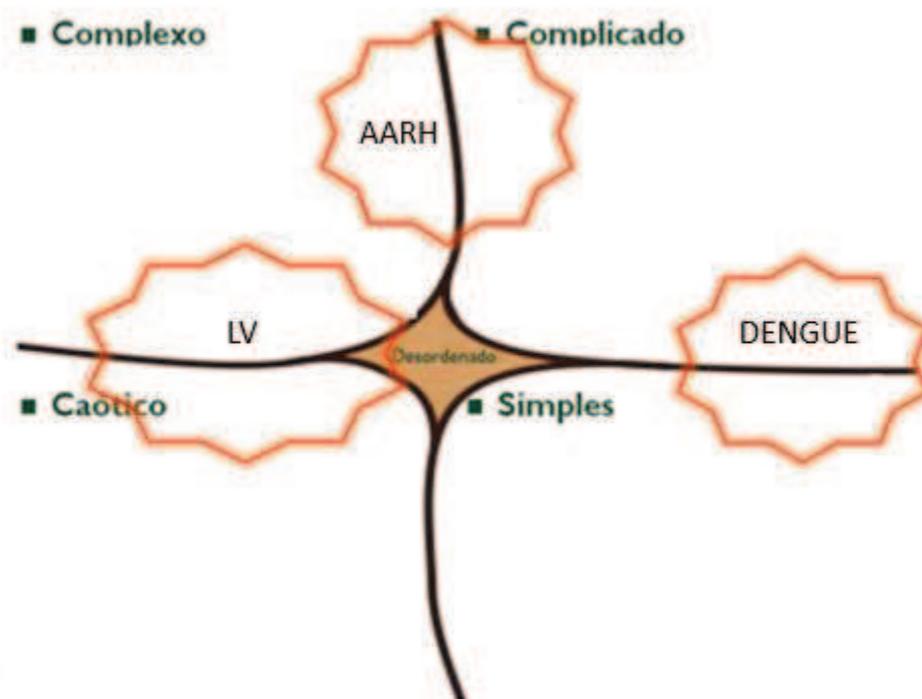


Figura 10. Análise da série temporal de Dengue, AARH e LV utilizando a estrutura Cynefin.

Quadro 7. Dengue, AARH e LV, segundo a causa ou agente etiológico e classificações obtidas pela análise com gráficos de recorrência (VRA), análise quantitativa e pelo modelo Cynefin

Agravado	Causa	Método de análise	
		VRA	CYNEFIN
DENGUE	VÍRUS	Linear	Simples/Complicado
AARH	Contato com Saliva Mamíferos	Caótico	Complicado/Complexo
LV	Protozoários	Caótico	Complexo/Caótico

A interpretação pela estrutura Cynefin apontou que a recorrência de casos de dengue caracterizou-se como uma situação do domínio do simples ao complicado, considerando-se que os casos de dengue ocorrem com grande previsibilidade, porém nos momentos epidêmicos, são necessárias decisões firmes e ação de especialistas.

A recorrência de AARH se direciona do complicado para complexo. A variação de animais e de protocolos exige atuação especializada, característica de situações complicadas pela análise Cynefin. A imprevisibilidade da ocorrência do AARH demonstra que essa enfermidade requer disponibilidade absoluta do serviço de saúde, conferindo um aspecto do domínio do complexo.

A análise da situação da LV traz referências do domínio do complexo e do caótico, pela imprevisibilidade de casos e pela multiplicidade de ações que devem ser desencadeadas, porém, ainda mais imprevisíveis são as consequências das ações de controle. Como exemplo podem-se citar os diversos tipos de reações da população, algumas vezes, completamente antagônicas, como nos casos de eutanásia desnecessária de cães ou de tratamentos e ocultação de animais doentes. Essas questões podem sugerir

aexistência de uma tendência à desordem futuramente. As relações causa-efeito ainda não estão completamente elucidadas como em relação ao habitat e criadouro do vetor. Múltiplas abordagens podem ser adotadas para tentar solucionar os problemas, que são de vários tipos e de diferentes características. Nesses casos, pequenas intervenções podem trazer resultados relevantes.

4 DISCUSSÃO

4 DISCUSSÃO

Os métodos epidemiológicos, embora importantes para diagnóstico da situação dos agravos nas populações, podem não fornecer todas as respostas necessárias para prevenção e controle dessas enfermidades ou para organização do sistema de saúde, de forma a dar conta do atendimento da demanda de casos, em todos os momentos.

As doenças infecciosas não possuem taxas constantes de transmissão, seus comportamentos podem mudar e podem abranger um aspecto sazonal.⁽²⁴⁾ Essas características levaram vários pesquisadores a tentar desenvolver modelos matemáticos para explicar a dinâmica de transmissão dessas doenças ou desenvolver algum método capaz de incorporar os efeitos das mesmas. Assim entende-se que a análise não linear pode ser um modelo de estudo adequado para as situações abordadas nessa tese, visto que possui a capacidade de demonstrar o caráter dinâmico dos sistemas.⁽³⁶⁾ Essa realidade também foi apontada por autores que se utilizaram de outros recursos para conhecer situações ou enfermidades em populações.

Os métodos não lineares permitiram realizar a classificação das enfermidades estudadas com base em duas ferramentas de análise da complexidade (gráficos de recorrência e estrutura Cynefin) capazes de produzir conclusões e identificar correlações que amparam as decisões. Além disso, foi possível perceber que os métodos existentes na epidemiologia e os métodos não lineares podem ser complementares, enriquecendo e detalhando as informações.

Harrison *et al.*,⁽³⁷⁾ utilizaram gráficos de recorrência para conhecer os padrões de comportamento, em séries de dados eletroencefalográficos de pacientes com epilepsia, antes, durante e depois da ocorrência da crise. Identificaram padrões regulares nos

gráficos de recorrência durante a convulsão, assim como maior número de linhas diagonais, que indicaram regiões onde os sinais permaneceram recorrentes por algum tempo. Por outro lado, o gráfico apresentou aspecto menos regulares nos períodos pré e pós convulsão, quando comparados a exames realizados fora da crise convulsiva. Com isso, o trabalho teve um valor prático e o método utilizado ofereceu um meio de identificar esses padrões, podendo ser usado como ferramenta para compreender a dinâmica das convulsões. No presente estudo, também foi possível identificar os padrões de comportamento das doenças, além de definir qual foi o padrão para cada agravo.

Babinec *et al.*,⁽³⁸⁾ também utilizaram dois métodos associados para obter uma compreensão mais ampla da realidade da fisiologia cardíaca, caracterizando a natureza fractal dos gráficos de recorrência e a dimensão fractal dessas imagens para a interpretação de várias séries temporais de pessoas jovens e idosas, as quais apresentaram, respectivamente, determinismo e aleatoriedade, mostrando que a idade tem impacto sobre interações neurais e hormonais que regulam os batimentos cardíacos, perdendo complexidade com o tempo, da mesma maneira que foi feito no presente estudo.

Rocha⁽³⁹⁾ utilizou quantificação de recorrência e dinâmica simbólica para demonstrar que a análise não linear é adequada também para o estudo de fenômeno social humano e que pode ser aplicada com sucesso para classificar padrões de comportamento da ocorrência das morbidades diagnosticadas nos atendimentos não agendados de idosos em uma unidade de saúde da família. Verificou que morbidade respiratória apresentou comportamento entre linear e periódico, a doença musculoesquelética, padrão aleatório (depois reclassificada como periódica) e diabetes e

hipertensão arterial, apresentaram padrão caótico. Em nosso estudo, encontramos o padrão linear para dengue e o padrão caótico para AARH e LV, sendo que LV se aproxima levemente do aleatório. A morbidade musculoesquelética se aproxima da situação do AARH e LV, pela imprevisibilidade das ocorrências.

Algumas situações são mais bem compreendidas quando as avaliamos pela dinâmica das relações e interações que ocorrem entre os entes que compõem um determinado sistema. Sistemas complexos são afetados pelo meio ambiente e pela história, os quais definem seu comportamento presente e ainda, são sensíveis às alterações em suas condições iniciais (Efeito Borboleta). Por isso, optamos por aplicar as duas ferramentas, visando encontrar possíveis interferências não detectadas pelo método epidemiológico, visto que as doenças continuam a ocorrer nas populações estudadas ao longo dos anos.⁽⁴⁰⁾

Para Neves,⁽⁴¹⁾ complexidade em sistemas biológicos refere-se a comportamento coletivo em algum nível. Diz ainda que, encontrar e classificar sinais determinísticos e estocásticos no comportamento animal, pode trazer consequências na interpretação da evolução comportamental e propõe a utilização de métodos para descrição do comportamento complexo de insetos. Para analisar a distribuição do oxigênio dissolvido em um lago na Itália em 2007, Facchinia *et al.*,⁽⁴²⁾ utilizaram gráficos de recorrência e identificaram um comportamento cíclico, alternando padrão de caos, periódico e laminar. Concluíram que o método utilizado ofereceu evidências da complexidade do processo ecológico estudado, onde havia a coexistência ou sucessão de diferentes regimes dinâmicos, que faziam o ecossistema do lago rico e adaptável às externalidades. Esse estudo e outros que possam surgir sob esse enfoque, poderão ser importantes para

complementar o estudo aqui apresentado de doenças envolvendo zoonoses transmitidas por mamíferos e vetores.

Para Zou *et al.*,⁽⁴³⁾ o gráfico de recorrência é importante, pois possibilita a distinção entre órbitas ordenadas e caóticas, principalmente pelo uso de medidas de quantificação de recorrência e recomenda a utilização em diversas áreas, destacando a astrofísica. Concordando com a recomendação anterior, o estudo de dois índices do ciclo solar, realizado em 2017, reafirma a importância das técnicas não lineares, como sendo robustas ferramentas para compreensão da atividade solar e sua dinâmica, e para mostrar a natureza intermitente do ciclo das atividades solares, além de fornecer informações úteis a serem incorporadas em modelos numéricos e simulações. Também foi capaz de identificar que o determinismo e a laminaridade foram importantes para detectar transições dinâmicas, sendo que o determinismo aumenta nos pontos de inflexão do ciclo solar.⁽⁴⁴⁾ O gráfico de recorrência também foi escolhido como uma boa opção para destacar as características dos perfis de pulsos das estrelas de nêutrons, as quais giram emitindo radiações eletromagnéticas. Essas radiações formam pulsares, os quais são registrados pelos pesquisadores. As series de dados sobre os pulsares são baseadas no tempo do pulsar, que é o monitoramento regular da rotação da estrela de nêutrons, por meio do rastreamento dos horários de chegada dos pulsos de radiação.⁽⁴⁵⁾

Fukino *et al.*,⁽⁴⁶⁾ estudou series temporais não lineares para avaliar efeitos da música que ultrapassam os aspectos físicos, mas que envolvam feições não lineares, como a emoção. Os gráficos de recorrência das peças musicais, trouxeram imagens abstratas das informações complexas não lineares musicais e os autores esperam que o uso dessa ferramenta seja ampliada para outras aplicações, como por exemplo, análise do uso da música por psicólogos em tratamentos terapêuticos. No presente estudo,

tentamos demonstrar que o gráfico e a quantificação de recorrência geram resultados muito importantes e, ainda, pouco explorados em várias áreas diferentes de estudos, assim como ocorre para saúde pública.

Estudando séries temporais de batimentos cardíacos por meio do uso de gráfico de recorrência, Lewenstein *et al.*,⁽⁴⁷⁾ analisaram que os gráficos de recorrência podem ser avaliados pela trama, e também, pelas análises quantitativas, sendo essa uma vantagem do método para reduzir a subjetividade, dessa forma, gerando uma informação prognóstica ou diagnóstica do problema cardíaco a baixo custo. Os autores obtiveram acurácia de 80% nos diagnósticos e consideraram que o método foi válido para atender ao objetivo proposto e que somado a outros métodos, poderia alcançar acurácia ainda maior. Godoy *et al.*,⁽⁴⁸⁾ comprovaram a validade da análise não linear para previsão de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. Os mesmos conceitos podem ser aplicados para diagnósticos de condições coletivas, como apresentado neste trabalho.

Leão *et al.*,⁽⁴⁹⁾ sugerem que o caos possa desempenhar um papel fisiológico no desenvolvimento sináptico e no processamento de sinais no tronco encefálico auditivo. Além disso, afirmam que a análise de quantificação de recorrência foi utilizada com muito sucesso para medir a quantidade de estrutura determinística em uma série de dados. Entre LV e AARH, foi possível identificar que havia determinismo, o que definiu o padrão em ambas as séries históricas como aproximadas ao padrão caótico.

Takakura *et al.*,⁽⁵⁰⁾ estudaram a recuperação de pacientes transplantados cardíacos, utilizando gráfico de recorrência e puderam confirmar a validade dessa ferramenta para identificar a melhora gradual dos pacientes, de acordo com a evolução da inervação do coração transplantado, que se dá por volta de 18 meses após a cirurgia.

Seus resultados mostraram que os gráficos de pacientes em pós-operatório recente apresentavam padrão aproximado ao linear e morte encefálica, enquanto os pacientes em pós-operatório tardio, apresentavam nos gráficos, padrão semelhante ao caótico e prematuro. Em nosso estudo, o padrão mais próximo ao linear foi o de dengue, enquanto AARH e LV apresentaram padrões próximos ao caótico.

Em uma abordagem diferente, um estudo sobre quantificação de modulações dos sistemas simpático e parassimpático, propõe explorar a regulação fisiológica da pressão sanguínea e dos intervalos entre sístoles, em sistemas não lineares, assim como após a utilização de medicamentos. Foram avaliados percentual de recorrência, de determinismo e comprimento máximo da diagonal. Foi comprovado que há participação do sistema nervoso simpático e parassimpático nas alterações dos índices não lineares de pressão arterial e intervalos entre sístoles, respectivamente. E, desta forma, comprovaram também que os indicadores não lineares podem ser bons marcadores específicos dos tónus simpático e parassimpático.⁽⁵¹⁾

Uma avaliação de padrões respiratórios na infância reforça a importância de utilização de análise não linear para compreensão do sistema de controle da respiração e de como o mesmo se altera com a idade ou com a fase do sono. Foram analisadas polissonogramas de 32 crianças saudáveis de 19 a 153 dias. O sono foi classificado por médico especialista em sono ativo, sono silêncio e acordado. Os movimentos respiratórios foram convertidos em intervalos entre as respirações e foi observado que a análise de recorrência desses intervalos, pode ser utilizada como um método de discriminação precisa entre o sono ativo e o silencioso. Além disso, oferece base matemática para criação de uma ferramenta automática para realização dessa distinção, utilizando um escore para classificar o sono.⁽⁵²⁾ Acreditamos que avaliar o

comportamento natural de doenças por meio de gráfico de recorrência, é uma opção consistente para ampliar o conhecimento sobre as mesmas.

Hirata *et al.*,⁽⁵³⁾ mostraram que, mesmo que existam algumas lacunas em uma determinada série temporal, o gráfico de recorrência é robusto o suficiente para gerar um gráfico representativo da estrutura avaliada, a qual, no estudo que realizaram, se tratava de um cromossoma celular e o método permitiu recriar a estrutura tridimensional com base em uma fita complementar. Schinkel *et al.*,⁽⁵⁴⁾ aplicaram análise quantitativa em série de dados de eletroencefalogramas que mediram potenciais relacionados com eventos (ERP) e mostraram que é possível realizar a pesquisa em um pequeno número de ensaios.

Em 2007, Schinkel *et al.*,⁽⁵⁴⁾ mostraram o poder descritivo do método para discriminar diferentes condições em um experimento de processamento de linguagem e apontaram que as medidas das diagonais ao longo do tempo, podem detectar as transições entre ordem e caos, enquanto medidas baseadas nas linhas verticais indicariam transição caos-caos, desde que se utilizasse um modo de estudar baseado em janelas móveis. Essa proposição pode ser interessante principalmente no gráfico referente a LV.

O gráfico de recorrência foi uma ferramenta muito importante para a realização de uma pesquisa que visava diferenciar bebês com restrição de crescimento intrauterino e bebês saudáveis pela análise dos batimentos cardíacos fetais. A sensibilidade, especificidade e acurácia na classificação dos fetos, foram avaliadas a partir do RQA. Identificaram que, em casos de angústia fetal, as recorrências dos batimentos cardíacos eram mais previsíveis, que os dos bebês saudáveis e que essa ocorrência se devia à perda da complexidade do sistema cardíaco, possivelmente causada por hipóxia. Foram

testados cinco tipos de RQA de diferentes tipos de gráficos de recorrência e todos foram sensíveis e específicos na classificação dos fetos, concluindo que o determinismo calculado pelo gráfico de recorrência cruzado foi mais eficiente. Esse trabalho contribuiu para auxiliar na decisão sobre o momento mais oportuno para realização do parto.⁽⁵⁵⁾

Almeida Filho e Coutinho,⁽¹⁷⁾ estudando o conceito de risco em epidemiologia, discutem sobre a possibilidade de um entendimento melhor do processo saúde-doença, quando o mesmo é observado em relação à natureza potencialmente complexa das conexões, abordando aspectos físicos, sociais, biológicos, ou seja, a multicausalidade dos fatos, embora essa característica não seja, obrigatoriamente, sinônimo de complexidade. Acreditam que a noção de fluxo, assimetria, temporalidade e direcionalidade, podem complementar a análise epidemiológica e concluem que modelos complexos de análise de risco são frutíferos em epidemiologia, especialmente no que se refere a epidemias de doenças infecciosas, posição essa, que é concordante com os achados deste estudo.

Prado,⁽⁵⁶⁾ estudando a previsibilidade do microdespertar durante o estagiamento do sono na fase de ondas lentas ou slow-wave sleep (SWS), comenta que o quantificador de recorrência, chamado determinismo, possui capacidade de detectar evolução espaço-temporal em trajetórias, mesmo em situações quase imperceptíveis, e essa sensibilidade foi importante para gerar os resultados neste estudo.

Um estudo sobre análise de sinais de voz para caracterização de doenças da laringe avaliou os pacientes individualmente e mostrou que a análise não linear é muito interessante para diagnóstico dessas enfermidades, embora ainda seja necessário avaliar quais os padrões de cada enfermidade. De forma semelhante, em nosso estudo,

buscamos definir esses padrões para agravos que atingem uma coletividade.⁽⁵⁷⁾ Esses pesquisadores, em 2012, fizeram a classificação entre vozes saudáveis e vozes afetadas por patologias laringeas e indicaram que as melhores taxas de classificação são obtidas com valores diferentes de raio de vizinhança, para cada medida de quantificação de recorrência. Cada medida representou uma desordem vocal causada por uma patologia específica. Desta forma, alcançaram uma acurácia média de 98% quando consideraram os valores “ótimos” de raio de vizinhança para cada medidas de quantificação de recorrência e identificaram que elas apresentam uma maior capacidade de classificação, principalmente em combinação de três medidas (comprimento máximo das linhas diagonais, tendência, comprimento máximo das linhas verticais), o que reforçou a viabilidade da técnica como ferramenta de apoio em atendimento clínico, para auxílio ao diagnóstico.⁽⁵⁸⁾ Em nosso estudo, verificamos que tanto AARH, quanto LV apresentaram um padrão aproximado ao caótico pelo VRA, porém pela análise Cynefin, seus resultados foram distintos.

Bueno,⁽⁵⁸⁾ ⁽⁵⁹⁾ estudando uma série histórica de bens de capital no Brasil, encontrou uma situação em que as observações não se distanciam muito umas das outras, sendo que o autor considerou que o sistema “visita aperiodicamente” trajetórias próximas (formando um atrator?) e que os indicadores mostram não linearidade, sendo esta, mais uma possibilidade de aplicação para os gráficos de recorrência. Porém, para o reconhecimento de que as observações se aproximam, mas não se caracterizam por repetições, são necessárias diversas iterações.⁽⁶⁰⁾ Santos *et al.*,⁽⁶¹⁾ reforça que as trajetórias, em sistemas dinâmicos, retornam infinitas vezes arbitrariamente próximas a quase todos os pontos iniciais, mas num sistema caótico, é impossível recorrer exatamente ao seu estado inicial, tornando-se obrigatório o uso de uma vizinhança m-

dimensional. Na saúde, além da aplicação para o estudo da situação epidemiológica, também podemos utiliza-la com foco em gestão.

Pinho⁽⁶²⁾ comenta que a ideia básica da reconstrução do espaço de fase de um sinal de voz é observar padrões visuais de dinâmica vocal, que representam consideravelmente componentes caóticos e determinísticos presentes na voz, assim, essa ferramenta de informação visual pode ser usada para complementar os métodos utilizados na análise e diagnóstico de patologias e desvios presentes na voz.

Latorre,⁽²⁹⁾ Faggini,⁽³¹⁾ e Thielo⁽⁶³⁾ discutem sobre o assunto e reafirmam que a análise de gráficos de recorrência permite detectar um tipo de correlação entre os dados, que outras metodologias não são capazes de mostrar. Reforça que essa metodologia independe de limitações como tamanho do banco de dados, estacionaridade (ausência de tendência) dos mesmos ou de hipóteses a respeito de distribuições estatísticas. A estacionaridade, no gráfico de recorrência, diz respeito a dependência temporal de uma série.⁽⁶⁴⁾ Além disso, essa metodologia pode contribuir na identificação de hipóteses, abordar e complementar as informações obtidas pelos métodos tradicionais e apontar novos caminhos de atuação para alcançar um maior controle e efetividade das ações.^(31,63)

Um estudo sobre padrão de mudança climática baseado em análise de recorrência, utilizou uma série histórica de variações de temperatura em várias regiões, o que permitiu identificar a tendência da série temporal, descobrir as diferenças e semelhanças entre duas regiões e provar o comportamento periódico das variações de temperatura em 120 anos.⁽⁶⁵⁾ Estes resultados nos levam a considerar a possibilidade de novas análises das DNCs, utilizando a comparação de séries históricas de diferentes municípios, identificando as semelhanças e diferenças entre as mesmas.

Em seu artigo, *Visual Recurrence Analysis*, Eckmann *et al.*,⁽²⁸⁾ salientam a característica especial desse tipo de análise, por conseguir captar as interferências de vários fatores de forma dinâmica e sequencial, mostrando um comportamento específico para um determinado sistema em estudo. Nesta pesquisa, consideramos importante que se consiga captar a dinâmica das enfermidades nas populações ao longo do tempo, para visualizar trajetórias repetitivas e ou sua periodicidade.

Analisando o Índice Bovespa, Guilherme⁽⁶⁶⁾ também verificou que, em sistemas dinâmicos, é possível, matematicamente, identificar a regra de evolução temporal que rege o sistema, permitindo perceber que um estado em um determinado instante, está ligado aos estados precedentes e Sierra Naranjo VM, López Ángel JC,⁽⁶⁷⁾ afirmam que a análise de recorrência é um gráfico idealizado para localizar tendências ou padrões recorrentes ocultos. Essas conclusões podem ser aplicadas em nosso estudo, porque as situações epidemiológicas aqui discutidas, são resultado das ações adotadas anteriormente, as quais geram os reflexos que se percebem no momento presente e que também serão percebidos futuramente, se forem mantidas as mesmas condições. Se houver uma interpretação correta da realidade avaliada, poderão ser colhidos bons resultados, desde que haja uma escolha adequada das ações a serem implementadas e da forma como serão desenvolvidas.

No entanto, embora Burkhard *et al.*,⁽⁶⁸⁾ reafirmem a capacidade de resposta dos gráficos de recorrência e tenha conseguido demonstrar que as regiões de estabilidade são mais uniformemente distribuídas em comparação às áreas de estímulo, em seu estudo sobre a resposta do órgão otolítico aos estímulos, os autores alertam que eles ainda não são adequados para que os médicos possam reconhecer a diferença entre o normal e o anormal. Pensando sobre esse aspecto, as situações estudadas na presente

tese, não demonstram essa possibilidade de classificar os agravos como normal ou anormal, ou, em termos de epidemiologia, padrões epidêmicos ou endêmicos, mas a aplicação da análise complexa traz muitas outras possibilidades de compreensão do padrão comportamental das séries históricas, que geram abordagens diferenciadas das convencionais, permitindo definir ações proporcionais às múltiplas questões envolvidas.

Estudando o eletroencefalograma de cinco pacientes com depressão maior antes e durante o tratamento com a droga antidepressiva mirtazapina, Figueroa Helland *et al.*,⁽⁶⁹⁾ compararam diferentes métodos e descobriram que os efeitos são claramente elucidados por uma abordagem não linear e nesse caso foi adotada a análise de recorrência. Destacaram que seu sucesso foi maior que o dos outros métodos utilizados para classificar os dados do EEG do sono dos pacientes. Porém aqueles casos que não responderam bem ao tratamento, ao contrário dos outros métodos analisados no estudo, foram coerentemente classificados pela análise não linear. Além disso, a análise de recorrência foi capaz de mostrar o padrão cíclico do sono desses pacientes antes do tratamento e depois demonstrar sua regularização, devido ao tratamento. Essa capacidade de demonstrar as diferenças entre padrões do sono ocorreu por meio da análise de duas séries históricas dos mesmos pacientes, geradas em momentos diferentes. No nosso estudo foi possível, avaliando a LV, observar diferenciação de comportamentos, mesmo em uma única série de dados.

A quantificação de recorrência, de dados simulados de diferentes eletrocardiogramas (ECGs), mostrou que esse tipo análise é muito promissor para caracterização de padrões de exames, principalmente quando os intervalos de tempo forem relativamente pequenos.⁽⁷⁰⁾ A simulação de dados pode ser uma opção para

estudo de séries históricas incompletas no futuro, ficando essa possibilidade a ser pesquisada.

A análise de quantificação de recorrência a curto e longo intervalo de tempo na avaliação de patologias laríngeas em estudo realizado em 2014, mostrou que a mesma, é uma técnica propícia para a discriminação entre sinais de vozes saudáveis e patológicos e que uma pequena quantidade de características foi suficiente para obtenção de resultados satisfatórios, embora o uso de intervalo longo resulte em maior precisão.⁽⁷¹⁾ Na análise de recorrência das Doenças de Notificação Compulsória, foram utilizados períodos longos de tempo, trazendo ganhos em precisão.

Um estudo sobre a inovação em sistemas de saúde, de 2013, que comparou dois métodos de avaliação, aponta a importância de se utilizar análises complexas para compreender o sistema de saúde e aplica a estrutura Cynefin para esse fim, assim como neste estudo. As abordagens baseadas na dinâmica não linear, no caos e na complexidade, que reconhecem a irregularidade, a subjetividade e a incerteza como intrínsecas e fundamentais, são consideradas muito importantes para compreensão do conjunto de fatores que compõem a Saúde e tem aplicação nos processos de Ensino. A autora reconhece que o conhecimento sobre saúde e cuidados de saúde abrange do simples ao caótico. Somente observando e compreendendo as questões na sua totalidade, se pode conhecer o que realmente acontece ao redor e afirma que “Conhecer a natureza dos sistemas complexos é um desafio para a inovação dos sistemas de saúde”. Reforça também que a comunicação tem uma complexa dinâmica social e que não podemos reduzir o todo a vários fragmentos.⁽⁷²⁾ Para que se possam fazer previsões na área da saúde, práticas baseadas em evidências, utilizam-se de métodos científicos reducionistas, porém os problemas de saúde envolvem diversos contextos e podem ser

mais bem estudados pelos sistemas adaptativos complexos, que por sistemas mecânicos.⁽⁷³⁾

Para Voss *et al.*,⁽⁷⁴⁾ atualmente discutir sobre a aplicação de métodos não lineares de análise, deixou de ser importante, pois já está evidente sua proficuidade, entretanto, deve-se avaliar qual o melhor método a ser empregado. No seu artigo sobre análise de variabilidade de frequência cardíaca, os autores provaram que a análise da complexidade é uma poderosa ferramenta para estratificação de risco, principalmente para eventos fatais, e para aumentar a qualidade do diagnóstico e do prognóstico da doença. Além disso, apontam que a ferramenta deve ser utilizada não apenas em enfermidades, porém também para trazer mais informações sobre sistemas fisiológicos e regulação fisiopatológica vascular. Defendem a combinação de métodos e de sistemas estudados sincronizadamente para ampliação dos resultados, já que identificam também limitações para o uso dessas metodologias, como por exemplo, a distinção entre estados patológicos e não patológicos dos pacientes. Neste trabalho, buscamos adotar a combinação de métodos, conforme recomendado por Voss *et al.*⁽⁷⁴⁾

A estrutura Cynefin permite categorizar os problemas nos sistemas de saúde de forma a esclarecer que os mesmos são interligados e estão em fluxo permanentemente, além de avaliar o grau de complexidade inerente ao assunto e a diversidade de pontos de vista e de caminhos em que se pode trabalhar para encontrar novas soluções. O uso dessa ferramenta na promoção da saúde ajuda a avaliar o risco potencial de se investir em uma ação ineficaz por ser inconsistente com o nível de complexidade do problema.⁽⁷³⁾

Embora a saúde pública possa contar com programas de monitoramento, prevenção e controle de doenças, a estrutura Cynefin pode ser muito importante para

avaliar cada programa, níveis de governabilidade nas várias instancias, emergências, situações onde podem ocorrer alterações do cenário, como quando há falta de insumos, por exemplo.⁽⁷³⁾

A estrutura Cynefin foi utilizada para analisar sistemas de informação, pois se trata de um campo muito dinâmico, o qual precisa se adaptar a diversas abordagens, então, os autores Hasan e Kazlauskas⁽⁷⁵⁾ apontaram que essa ferramenta tem potencial contribuição para pesquisas por conseguir analisar as situações de forma realista e apresentar as mesmas como uma força, justamente por que estão em constante evolução e possuem grande diversidade, além de colaborar no entendimento de diferentes problemas em diferentes domínios, respeitando pontos de vistas diferentes. Dessa forma, a estrutura Cynefin fornece um meio de dar sentido a mudanças históricas, permite combinar problemas e soluções, problemas e metodologias no seu contexto e tempo atuais. Ao mesmo tempo em que reconhece o valor da ordem e melhores práticas em métodos científicos, consegue também incorporar conceitos de complexidade e caos para melhor compreensão do universo estudado.

Estudando sobre promoção da saúde, Resnicow e Vaughan,⁽⁷⁶⁾ discutiram sobre como é comum a utilização de medidas estatísticas lineares de preditores psicossociais para avaliar a mudança de comportamento da população em situações como etilismo, obesidade, atividade física, ainda que, essas ferramentas não tenham a capacidade de introduzir um componente aleatório na pesquisa. Consideram que esse componente aleatório pode decorrer de insights ou de experiências traumáticas, por exemplo, e defende que incluir a visão de complexidade e de caos, poderia tornar mais consistentes as intervenções dos profissionais de saúde, sendo esse, um dos pontos que motivaram a realização do presente estudo.

A teoria da complexidade pode preparar uma determinada organização para levantar e administrar informações capazes de promover a renovação, gerando maior capacidade para trabalhar com as incertezas. Um exemplo disso é a estrutura Cynefin, a qual pode contribuir para ruptura de um padrão mental simplificador, o qual induz ao encontro de soluções rápidas, porém muitas vezes passageiras ou parciais.⁽⁷⁷⁾

As novas teorias e modelos são desenvolvidos para ajudar a introduzir novos padrões de pensamentos entre os profissionais e, dessa forma, evitar modelos únicos de práticas de estratégias. A estrutura Cynefin permite a descrição e a compreensão do fluxo de conhecimento dentro de uma organização de maneira holística, não tendo sido projetada para determinar modos de comportamento. A consciência do fluxo de conhecimento pode levar à ação, a qual pode ser determinada pelo entendimento coletivo. Dessa forma, Snowden⁽⁷⁸⁾ explica que a estrutura Cynefin, oferece um espaço para o cultivo cíclico de recursos, onde se utiliza o paradoxo, a metáfora, a ambiguidade e onde se reconhecem a interdependência dinâmica e a interatividade das pessoas e das suas ferramentas.

Muitas vezes na saúde pública, há necessidade de envolvimento com organizações e comunidades na criação de consensos e corresponsabilidades. A estrutura Cynefin, é um caminho para alcançar esse tipo de resultado coletivo. Conforme relatado por Beurden et al, o criador da ferramenta, Dave Snowden, trabalha por meio de oficinas onde os participantes utilizam a estrutura como instrumento para tornarem-se conscientes das transições entre os domínios, dos fluxos e ainda, criam-se oportunidades de compreensão das questões pessoais e também, das dos outros participantes, evitando a armadilha de “um só tamanho para todos”.⁽⁷³⁾ Ela ajuda os

promotores da saúde a comunicar o valor e significado do seu trabalho dentro de um sistema, no qual ainda se privilegia uma abordagem reducionista.

Foram estudados três modelos de doenças que ocorrem em ciclos que envolvem animais ou vetores. As mesmas foram escolhidas por se tratarem de três agentes etiológicos distintos, ou seja, vírus, exposição à saliva de mamíferos e protozoários.

As análises utilizadas foram aplicadas com resultados satisfatórios nas três séries históricas estudadas, sendo capazes de definir padrões característicos a cada uma delas. No entanto, novas pesquisas comparando especificamente por agentes causais (por exemplo, dois tipos de vírus), para verificar se há confirmação de padrões, poderiam ser realizadas.

A estrutura Cynefin foi um método importante para complementar os dados dos gráficos de recorrência e da análise quantitativa e contribuiu na interpretação dos resultados gerados pelos mesmos.

Esses achados mostram que a análise complexa pode ser uma alternativa muito eficaz, se adotada pelos profissionais de saúde pública e gestores, pois utiliza uma linguagem comum a várias outras áreas de estudo e demonstra com clareza o comportamento do padrão epidemiológico da doença e suas nuances, mediante a variação dos determinantes de cada uma. Ferrari,⁽⁷⁹⁾ em sua tese de doutorado, defende a importância dos professores de física estudarem os conceitos da teoria do caos e da complexidade e reforça a indiscutível relação com a realidade concreta e a importância desse conhecimento, para compreendê-la, explicá-la e transformá-la, citando Paulo Freire. Ressalta também a importância de se levar temas contemporâneos à sala de aula.

As principais limitações identificadas para o uso da metodologia dizem respeito ao número de elementos do banco de dados ou série histórica e da dificuldade em

realizar a interpretação dos resultados, visto que os profissionais devem estar bastante familiarizados com essa metodologia para que possam aplica-la em suas análises.

É interessante analisar que todos os agravos aqui avaliados, entendidos como programas de prevenção e controle, seriam por fim classificados como, no mínimo, complexos, pelo fato de que em todos existem ciclos de transmissão envolvendo a população humana e de vetores/animais, ou seja, avaliando pelo quadro Cynefin, poderíamos afirmar que para todos existem redes de participantes envolvidos na cadeia de transmissão, e sempre que analisamos situações que envolvem vários componentes ou entes interligados, estamos estudando uma situação complexa.

4.1 - Análises específicas

4.1.1 Dengue

Os cenários de processos lineares são aqueles em que as mudanças nas condições iniciais produzem resultados proporcionais. Foi possível identificar que a recorrência da dengue apresenta padrão de comportamento linear pelo VRA e complicado pela análise com estrutura Cynefin (ao invés do padrão simples esperado para comportamentos com padrões lineares), visto que exige grande esforço das equipes de controle municipais e profissionais especializados para manter a condição de endemia e evitar epidemias.

Uma situação complicada é uma situação do domínio do provável, que pode ser resolvida por especialistas, sendo que, a causa e o efeito estão separados no tempo e espaço, mas são repetíveis e analisáveis. Nesses casos a intervenção será baseada em

técnicas analíticas para determinar fatos e o conjunto de opções é suficiente para dar uma resposta ao problema.

No caso da recorrência de casos de dengue, a relação de causa e efeito é muito clara: havendo, no ambiente, condições de criação do vetor e circulação do vírus na região, existirá a possibilidade de transmissão da virose aos seres humanos. Poderíamos considerar que se tratasse de um contexto do domínio das situações simples, pela estrutura Cynefin, onde a eliminação da causa não depende de conhecimento altamente especializado, porém o controle da doença em qualquer município está no domínio das situações complexas, visto que envolve várias frentes de ações, coordenadas por várias instituições distintas, que, minimamente, seriam representadas pela vigilância epidemiológica, responsável pelos dados epidemiológicos; o controle de vetores; a assistência médica e laboratórios. A educação em saúde é trabalhada, principalmente, pela equipe de controle de vetores, e por meio da utilização de diversos materiais de divulgação de informações referentes à prevenção.

Por outro lado, durante as grandes epidemias, podemos considerar que o problema se caracteriza como complicado, pois demanda decisões rápidas e, às vezes, impopulares, porém, são ações previstas para esses momentos e definidas nos planos de contingência municipais. Quando as ações padronizadas não são suficientes para conter uma epidemia, pode haver uma letalidade alta e saturação dos serviços de saúde. Nesse caso, seria importante reavaliar a situação, pois a mesma poderia vir a se classificar como uma situação complexa, caótica ou como desordem.

Os anos epidêmicos de dengue foram 2001, 2006/2007, 2010 e 2013. Parece haver uma correlação entre ocorrência de picos de casos da doença e o período de introdução de novos sorotipos na região do estudo, sendo que o pico da curva de

ocorrência de casos parece ocorrer cerca de dois anos após a introdução do novo sorotipo. Também se pode perceber a antecipação do início da curva epidêmica ao longo dos anos, em 2001 o pico epidêmico ocorreu na semana 18, enquanto o pico de 2010 se deu na semana sete, seguido de um retorno para a semana 11 no ano 2013, mas quanto maior a gravidade da epidemia, mais precoce foi seu início, caracterizando uma correlação temporal e de intensidade.

No Estado de São Paulo, a introdução dos sorotipos de dengue seguiu esta ordem cronológica: DENV 1 em 1987, DENV 2 em 1997, DENV 3 em 2003 e DENV 4 em 2012.⁽⁸⁰⁾

A recorrência dos casos de dengue apresentou um padrão de evolução semelhante ao padrão das séries temporais lineares no VRA. Esse padrão pode ser interpretado, portanto, como previsível e passível de ações preventivas. Ao mesmo tempo, a entropia alta, indicativa nos gráficos de recorrência de alto determinismo, pode ser interpretada como uma tendência a uniformização dos intervalos ao longo tempo, ou seja, uma evolução para uma nova ordem, qual seja, de um padrão de transmissão endêmico e com pouca variabilidade.

O determinismo, na dengue, é muito alto, mostrando alta probabilidade de ocorrência do comportamento linear. A laminaridade e tempo de aprisionamento altos reforçam essa classificação apontando para uma reprodutibilidade do comportamento, ou seja, um comportamento que não se altera ou se altera discretamente. A entropia alta, decorrente do alto determinismo, confirma um modelo de comportamento que recorre com frequência.

Dos três agravos, dengue apresentou a maior diagonal, e essa característica também identifica um sistema mais linear.

O padrão linear de comportamento da dengue no município de São José do Rio Preto poderá permitir novas definições na gestão da recorrência de casos confirmados de dengue, pois neste estudo confirmamos a característica de comportamento repetitivo e previsível. Somado a isso, torna-se importante identificar hipóteses que expliquem sua tendência de endemização, pois poderiam contribuir com novas propostas de ações de controle ou educação em saúde. Essa análise é relevante, pois, segundo Dorn,⁽⁸¹⁾ os métodos de controle não têm sido suficientes para suprimir a dengue. O padrão de ocorrência de internações por doença coronariana estudada por Baptista,⁽³⁴⁾ mostrou comportamento similar ao da ocorrência da dengue, reforçando que doenças com padrão linear são mais previsíveis e que, havendo alterações, podemos identificar uma causa para as mesmas, assim como foi exemplificado pela autora, que identificou que um financiamento para realização de angioplastias justificava parcialmente o aumento de recorrência da doença coronariana ao longo da série temporal.

O uso de análise de recorrência para determinar padrões de atividade de formigas, aplicado por Neves *et al.*,⁽⁸²⁾ trouxe resultados que podem se somar aos encontrados nesse trabalho. Os autores estudaram e compararam as séries temporais de atividades de diferentes espécies de formigas em laboratório para compreender melhor o comportamento animal, mostrando clara rejeição à ideia de um processo randômico. O gráfico da *T. molitor* apresentou fases de atividade e inatividades, gerando um gráfico de aspecto visual semelhante ao de dengue, tendo sido considerado como padrão determinístico quase periódico. Porém, salientam que é necessária uma interpretação muito ampla dos resultados, e que, na natureza, um comportamento imprevisível, pode ser mais eficiente, por exemplo, no caso do surgimento de um predador.⁽⁸²⁾

Um estudo realizado em Roraima, Brasil, identificou que a pesquisa do vírus da dengue em larvas do mosquito vetor não é eficaz como ferramenta de vigilância, porém o uso de insetos adultos, sim. A circulação de vários sorotipos foi considerada como uma situação hiperendêmica. Não considerou as notificações de casos adequadas em períodos epidêmicos e sugere utilização de amostragens de casos.⁽⁸³⁾ A situação pode ser comparada à de São José do Rio Preto, onde temos circulação de vários sorotipos, porém com grande número de notificações, ao contrário de Roraima e assim, propomos a utilização do gráfico de recorrência para contribuir na análise da dinâmica da dengue em outras regiões.

4.1.2 Atendimento Antirrábico Humano

A relação de causa e efeito também está clara no AARH. A análise Cynefin dos casos de AARH aponta que o problema pode ser interpretado como complicado, no que diz respeito a recorrência dos casos. Dessa maneira, o gestor poderá delegar as decisões aos profissionais subordinados e descentraliza-las desde que os mesmos, estejam aptos a desenvolver as ações necessárias em uma emergência, que é o que caracteriza o AARH e não permite que o classifiquemos como simples.

O sistema de saúde precisa estar a postos em tempo integral para ocorrências leves e graves, dispondo obrigatoriamente de insumos, como vacinas e soros, além de equipe treinada disponível com capacidade de dar cobertura para a população das diversas regiões.

Por outro lado, a imprevisibilidade da ocorrência de um AARH, a dificuldade da prevenção e da organização dos serviços para o atendimento, torna a série temporal passível de ser interpretada como caótica.

Uma série temporal caótica está relacionada a um sistema determinístico, porém, onde a ordem e a frequência dos acontecimentos, não podem ser percebidas facilmente, são sistemas sensíveis às alterações nas condições iniciais, os quais produzem respostas proporcionalmente maiores ou menores que o estímulo que as desencadeou.⁽³¹⁾

Um estudo sobre AARH realizado em Primavera do Leste, MT mostra que, a avaliação realizada por métodos epidemiológicos não ofereceu respostas sobre o ritmo da ocorrência desses atendimentos no serviço de saúde e que os profissionais que fazem o atendimento precisam de capacitação para seguir protocolos estabelecidos.⁽⁸⁴⁾ Em 5 anos de estudos em um hospital terciário no Sri Lanka, foram atendidos 19.661 casos de AARH, sendo a maioria causadas por cães (72%) ou gatos (24,1%). O número de ocorrências foi aumentando gradualmente ao longo dos anos estudados. No Sri Lanka, cerca de 50 a 60 óbitos por raiva ocorrem anualmente, sendo que esse número declinou para 28 em 2013.⁽⁸⁵⁾

Nos Estados Unidos da América, nos últimos 50 anos, cerca de uma a duas pessoas morreram por raiva. Têm se tornado importantes os casos de raiva humana sem evidências de contato com animais. Os morcegos insetívoros podem ser importantes transmissores de raiva a humanos e casos, sem detecção de contatos, são um desafio para os médicos, pois há dificuldade em se estabelecer a necessidade do tratamento.⁽⁸⁶⁾

Há estimativas de que, dentre os óbitos por raiva no mundo, cerca de 60% ocorram nas regiões sudestes da Ásia. Na Índia, são estimadas cerca de 20.000 mortes por raiva, anualmente, sendo que em torno de 80% das ocorrências são causadas por mordeduras de cães e 2% por gatos. As pessoas têm pouca noção do perigo potencial causado pelas mordeduras de animais e ocorre muito abandono de tratamento, além da falta de soro e vacina.⁽⁸⁷⁾

Especialistas da WHO, alertam que a vigilância da raiva em humanos baseia-se no relato do contato com animais e que os casos suspeitos devem ser notificados imediatamente.⁽⁸⁸⁾ Essa recomendação pode levar a uma reflexão sobre a possibilidade de que as informações produzidas poderiam ser complementadas utilizando-se os gráficos de recorrência.

O padrão de análise quantitativa do VRA para o AARH, tende ao caótico e reforça a necessidade de treinamento para equipes de saúde e ações de conscientização e educação em saúde para a população, visando evitar a ocorrência de acidentes, e, em caso de ocorrência, que o paciente possa receber tratamento imediato e adequado em qualquer serviço para o qual se encaminhe.

A partir dessas conclusões, pode-se deixar como sugestão para futuras pesquisas, o estudo pela análise não linear, das séries históricas dos AARHs por espécie do animais agressores: cães, gatos, equinos, bovinos, roedores, quirópteros, primatas não humanos e outros, visto que poderia existir algum determinismo oculto e particular para uma determinada espécie ou diferentes padrões de recorrências para as diferentes espécies, além de possibilitar identificar comportamentos e perfis de recorrência que poderiam contribuir para novas abordagens deste problema ou identificação de novas hipóteses que trouxessem luz sobre fatores que influenciam ou interferem na questão, porém não percebidos até o momento.

4.1.3 Leishmaniose Visceral

A estrutura Cynefin, utilizada como uma ferramenta para avaliação do grau de complexidade das situações, pode contribuir para embasar as escolhas das ações a serem

tomadas para controlar LV e também é válida para a compreensão do nível de complexidade da resposta a ser adotada para, efetivamente, solucionar os problemas. Além disso, permite analisar a hierarquia das decisões e a possibilidade de descentralização das mesmas, somadas à utilização de práticas já conhecidas e protocolos padronizados.⁽¹⁸⁾

Considerando o exposto, a interpretação foi de que a LV se amolda entre os contextos complexo e caótico. Uma análise de algumas ações de controle de forma isolada, apontam um cenário complexo, pois, embora haja relação clara de causa e efeito entre agente etiológico, vetor e doença, o desconhecimento a respeito da forma pela qual se pode evitar a proliferação do vetor é o primeiro desafio para se iniciar a contenção da transmissão. Mesmo que a epidemiologia tradicional leve em consideração as relações causais, em geral, os protocolos são criados com base em experiências passadas e a complexidade que foi identificada nesse estudo indica que são necessárias inovações e ações integradas.

Entre outros desafios, a eutanásia de cães como forma de redução da transmissão, não é bem aceita pela população, parece não ser eficaz para o controle e ainda gera novos problemas, tanto afetivos para os proprietários de animais, quanto o desgaste emocional para os profissionais dos serviços envolvidos. Mais grave é o transporte de animais doentes para outras regiões, na tentativa de livra-los da eutanásia, acarretando em expansão da área de transmissão da doença para áreas antes indenas.

Nesse sentido, pode-se elucidar que se trata de uma situação caótica segundo a abordagem Cynefin, na qual não conhecemos com exatidão todas as variáveis envolvidas, de modo a impedir a definição de uma ação completamente resolutive. Assim, podemos conhecer as condições da recorrência da doença num determinado

momento (condições iniciais), porém não conseguimos prever os resultados finais. De tal modo, pode-se avaliar que, em alguns momentos, predominam a reação às circunstâncias estabelecidas, ao invés de ações planejadas e implementadas com efetiva eliminação da possibilidade de surgimento de novos casos humanos.

Por outro lado, a tendência da LV ao padrão caótico aponta a dificuldade da realização da gestão de um programa de controle. Nessa condição, muitas decisões não podem ser descentralizadas e torna-se difícil estabelecer um protocolo que atenda a todas as possíveis situações que podem surgir. O gestor de saúde, provavelmente, sentirá necessidade de acompanhar todas as intercorrências e sua presença, possivelmente, será imprescindível para tomar decisões e definir ações. Em muitos casos, poderá haver necessidade de organização de um comitê com representante de várias instituições, para que seja possível uma maior clareza e acerto nas resoluções.

Assim como na estrutura Cynefin, o gráfico de recorrência apontou um padrão próximo ao caótico para o comportamento da LV na região, no entanto, o mesmo apresenta uma quebra no padrão visual da imagem representada no espaço de fase. A história da doença na região mostra uma grande mudança no panorama epidemiológico a partir do início da transmissão dessa enfermidade em 2011, inicialmente de forma explosiva, seguida de acomodação gradual, com progressiva redução dos casos, confirmando os achados do tacograma e do gráfico de recorrência.⁽¹⁰⁾

Dessa forma, o gráfico mostrou-se capaz de representar a situação de transição de área indene para área de transmissão, que concorda com a realidade da região e, portanto, confirma mais uma vez a validade e credibilidade dessa ferramenta para abalizar possíveis tendências dos cenários futuros.

A linha diagonal máxima e, principalmente, a entropia têm valor próximo ao da série caótica, reforçando essa interpretação. A entropia direciona para compreensão de que esse sistema tem um caráter que pode dificultar a realização de previsões, corroborando com a conclusão obtida por meio da uma taxa de recorrência, a qual é inferior à da dengue e do AARH. Então, alterações nas condições iniciais podem gerar resultados imprevisíveis no final, ou seja, há sensibilidade às condições iniciais e o sistema tem comportamento caótico. Assim sendo, ratifica-se que há possibilidade de intervenção para buscar o controle da doença, porém, com as limitações e dificuldade discutidas quando analisamos o modelo da estrutura Cynefin.

Baptista,⁽³⁴⁾ encontrou um padrão caótico nas internações por doenças bacterianas, esclarecendo que pequenas alterações nas condições iniciais eram capazes de alterar significativamente o resultado final e muitos casos de doença bacteriana se referiam a internações para esclarecimento de diagnóstico com posterior tendência a linearidade. Uma repetição desse estudo no futuro poderá resultar em um padrão de comportamento diferente, se houver investimento e estudos para esclarecer os pontos obscuros do ciclo dessa doença na natureza e na área urbana, aonde vem se adaptando gradualmente.

5 CONCLUSÕES

5 CONCLUSÕES

- O gráfico de recorrência contribuiu na identificação do padrão comportamental de cada um dos agravos estudados, sendo que a série temporal de dengue apresentou padrão linear, enquanto AARH e LV apresentaram padrões de ocorrência distintos, embora ambos tendendo ao caótico.
- A LV apresentou padrão caótico tendendo para o aleatório, justificando assim, a dificuldade existente em realizar previsões e ações preventivas eficientes.
- Os métodos epidemiológicos e os gráficos de recorrência são importantes ferramentas de análise e são complementares na previsão de cenários futuros.
- A análise quantitativa contribuiu para a definição dos padrões atuais de cada enfermidade.
- A estrutura Cynefin contribuiu para o entendimento das implicações inerentes a cada um desses padrões de comportamento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organização Mundial da Saúde -OMS. Universidade Estadual de São Paulo. Biblioteca Virtual de Direitos Humanos. Constituição da Organização Mundial da Saúde (OMS/WHO). 1946; <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/OMS-Organiza%C3%A7%C3%A3o-Mundial-da-Sa%C3%BAde/constituicao-da-organizacao-mundial-da-saude-omswwho.html>.
2. Medicina Tropical. Conceito de saúde segundo a OMS. 2013; <http://www.alternativamedicina.com/medicina-tropical/conceito-saude>.
3. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 204, de 17 de fevereiro de 2016. Define a Lista Nacional de Notificação Compulsória de doenças, agravos e eventos de saúde pública nos serviços de saúde públicos e privados em todo o território nacional, nos termos do anexo, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 fev. 2016. Seção 1: 24.
4. Brasil. Ministério da Saúde [homepage na Internet]. 2014 [acesso em 2015 Out 28]. Portaria nº 1.271, de 6 de junho de 2014. Define a Lista Nacional de Notificação Compulsória de doenças, agravos e eventos de saúde pública nos serviços de saúde públicos e privados em todo o território nacional, nos termos do anexo, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 jun. 2014. Seção 1: 67.
5. Conselho Regional de Medicina Veterinária do Paraná. Conselho Regional de Medicina Veterinária de Santa Catarina. Manual de Zoonoses. 2. ed. Itacorubi: CRMV-PR; 2010.

6. World Health Organization . Zoonoses. Managing public health risks at the human-Animal-environment interface. 2018; <http://www.who.int/zoonoses/en/>.
7. Vasconcellos S. Centro de Vigilância Sanitária de Ibiuna - SP. Zoonoses: conceito. 2014; http://www.praia grande.sp.gov.br/arquivos/cursos_sesap2/Zoonoses%20Conceito.pdf
8. Ministério da Saúde.Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2009.
9. Costa W. Profilaxia da raiva humana. São Paulo: Instituto Pasteur; 2000.
10. Oliveira A, Guirado MM, Dibo MR, Rodas LAC, Bocchi MR, Chiaravalloti-Neto F. Occurrence of *Lutzomyia longipalpis* and human and canine cases of visceral leishmaniasis and evaluation of their expansion in the Northwest region of the State of São Paulo, Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2016;49:41-50.
11. Ministério da Saúde. Portal Saúde. Leishmaniose visceral (LV). 2014; http://portalsaude.saude.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=11022&Itemid=668.
12. Organização Pan-Americana da Saúde - OPAS. Dengue. 2014; http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_topics&view=article&id=1&Itemid=40734.
13. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Dengue: monitoramento até a Semana Epidemiológica (SE) 32 de 2014. *Bol Epidemiol.* 2014;45:1-6.

14. Ministério da Saúde. Guia de Bolso. Doenças infecciosas e parasitárias. 8. ed. Brasília (DF): Editora MS; 2010.
15. Alves MRL. Raiva humana VS - Componente Epidemiológico. Brasília (DF): Governo do Distrito Federal; 2014.
16. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. Manual de Vigilância e Controle da Leishmaniose Visceral Americana do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo; 2006.
17. Almeida Filho N, Coutinho D. Causalidade, contingência, complexidade: o futuro do conceito de risco. *Physis: Rev Saúde Coletiva*. 2007;17:95-137.
18. Snowden D, Boone M. A leader's framework for decision making. Boston: Harvard Business Review; 2007.
19. Snowden D. Strategy in the context of uncertainty. In: *Handbook of Business Strategy*. United Kingdom: Emerald Grup Publishing; 2005. p. 47-54.
20. Paiva W. A teoria do caos e as organizações. *Cad Pesq Adm*. 2001;8:85-96.
21. Godoy MF de. Teoria do caos aplicada a medicina [tese]. São José do Rio Preto: Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto - FAMERP; 2003.
22. Ferrari PC. Temas contemporâneos na formação docente a distância - uma introdução à teoria do caos [tese]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2008.
23. Van Beurden EK, Kia AM, Zask A, Dietrich U, Rose L. Making sense in a complex landscape: how the Cynefin Framework from Complex Adaptive Systems Theory can inform health promotion practice. *Health Promot Int*. 2013;28:73-83.

24. Mariotti H. Complexidade e pensamento complexo. In: Mariotti H. As paixões do ego: complexidade, política e solidariedade. São Paulo: Palas Athena; 2000.
25. Mariotti H. Complexidade não é complicação. In: Mariotti H. Pensamento Complexo. São Paulo: Atlas; 2007.
26. Siffert C. Teoria da complexidade. 2006; <https://teoriadacomplexidade.com.br/wp-content/uploads/2016/10/TeoriaDoCaos-e-Complexidade.pdf>.
27. Pecar B. Visual recurrence analysis as an alternative framework for time series characterisation. Wit Press. 2004;38:1-11.
28. Eckmann J, Kamphorst S, Ruelle D. Recurrence plots of dynamical systems. Europhys Lett. 1987;4:973-7.
29. Latorre M, Cardoso M. Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos. Rev Bras Epidemiol. 2001;4:145-52.
30. Bueno N. Visitando vizinhos: uma análise da série histórica de produção de bens de capital no Brasil utilizando diagramas de recorrência. Economia Soc. 2009;18:399-416.
31. Faggini M. Recurrence analysis for detecting non-stationarity and chaos in economic times series. Salerno: Università degli Studi di Salerno; 2003.
32. Eckmann J, Kamphorst S, Ruelle D. Recurrence plots of dynamical systems. Europhys Lett. 1987;4:973-7.
33. Eckmann J, Kamphorst S, Ruelle D. Recurrence plots of dynamical systems. Europhys Lett. 1987;4:973-7.

34. Baptista MÁ. Gráficos de recorrência e de poincaré na análise da quantidade de internações por diferentes grupos nosológicos, ocorridas ao longo de uma década, em um hospital de ensino [tese]. São José do Rio Preto: Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto – FAMERP; 2011.
35. Visual Recurrence Analysis 4.9 .A software for topological analysis, qualitative and quantitative assessment. 2018; <http://visual-recurrence-analysis.software.informer.com/>.
36. Alexander M, Moghadas S. Periodicity in an epidemic model with a generalized non-linear incidence. *Math Biosc.* 2004;189:75-96.
37. Harrison MA, Frei MG, Osório I. Detection of seizure rhythmicity by recurrences. *Chaos.* 2008;18:033124.
38. Babinec P, Kučera M, Babincová AM. Global characterization of time series using fractal dimension of corresponding recurrence plots: from dynamical systems to heart physiology. *HarFA e-journal.* 2005:87-93.
39. Rocha SA. Procura espontânea de atendimento por idosos da estratégia. Saúde da Família: análise não linear do comportamento temporal das morbidades [dissertação]. Botucatu: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Medicina; 2015.
40. Juarrero A. Complex Dynamical Systems Theory. 2010; <http://cognitive-edge.com/articles/complex-dynamical-systems-theory/>.
41. Neves FM. Comportamento complexo da atividade individual de insetos em ambientes delimitados [tese]. Paraná: Universidade Federal do Paraná; 2016.

-
42. Faccinia A, Mocenni C, Marwan N, Vicino A, Tiezzi E. Nonlinear time series analysis of dissolved oxygen in the Orbetello Lagoon (Italy). *Ecological Modelling*. 2007;203:339-48.
 43. Zou Y, Thiel M, Romano MC, Kurths J. Caracterização of stickiness by of recurrence. *Chaos*. 2007;17:043101.
 44. Stangalini M, Ermolli I, Consolini Gea. Recurrence quantification analysis of two solar cycle indices. *J Space Weather Space Clim*. 2017;7:1-13.
 45. Sparavigna AC. Recurrence plots of pulsar profiles. *Philica*. 2015:533.
 46. Fukino M, Hirata Y, Aihara K. Music visualized by nonlinear time series analysis. *Siam news*. 2016; <https://sinews.siam.org/Details-Page/music-visualized-by-nonlinear-time-series-analysis-4/>.
 47. Lewenstein L, Jamrozny M, Leiko T. The use of recurrence plots and beat recordings in chronic heart failure detection. *Bull Polish Acad Sci Techni Sci*. 2016;64:339-45.
 48. Godoy MF, Takakura IT, Correa PR. Relevância da análise do comportamento dinâmico não-linear linear (Teoria do Caos) como elemento prognóstico de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. *Arq Ciênc Saúde*. 2005;12:167-71.
 49. Leão RN, Leão FN, Walmsley B. Non-random nature of spontaneous mIPSCs in mouse auditory brainstem neurons revealed by recurrence quantification analysis. *Proc R Soc B*. 2005;272:2551-9.
 50. Takakura IT, Hoshi RA, Santos MA, Pivatelli FC, Nóbrega JH, Guedes DL, et al. Recurrence plots: a new tool for quantification of cardiac autonomic nervous system recovery after transplant. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2017;32245-52. (49)

51. Dabiré H, Mestivier D, Jarnet J, Safar ME, Chau NP. Quantification of sympathetic and parasympathetic tones by nonlinear indexes in normotensive rats. *Am J Physiol.* 1998;275(4 Part2):H1290-7.
52. Terrill PI, Wilson S, Suresh S, Cooper DM. Developing robust recurrence plot analysis techniques for investigating infant respiratory patterns. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2007;2007:5963-7.
53. Hirata Y, Oda A, Ohta K, Aihara K. Three-dimensional reconstruction of single-cell chromosome structure using recurrence plots. *Sci Rep.* 2016;6:34982.
54. Schinkel S, Marwan N, Kurths J. Order patterns recurrence plots in the analysis of ERP data. *Cogn Neurodyn.* 2007;1:317-25.
55. Zaylaa A, Charara J, Girault J. Advanced discrimination between healthy and intrauterine growth restricted fetuses by unbiased recurrence plots. *Adv Tech Biol Med.* 2016;4:2-10.
56. Prado TL. Dinâmica em rede de redes neuronais e acoplamentos de redes biofísicas [tese]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2016.
57. Costa SC, Costa WCA, Correia SEN, Araújo JMFR, Vieira VJD. Análise de sinais de voz para caracterização de patologias na laringe. *Rev Tecnol Inf Comunic.* 2014;4:63-70.
58. Vieira V, Costa S, Costa W. Análise de Quantificação de recorrência e análise discriminante aplicadas à classificação de sinais de vozes saudáveis e sinais de vozes patológicas. In: VII CONNEPI' - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação; 2012; Palmas; 2012.

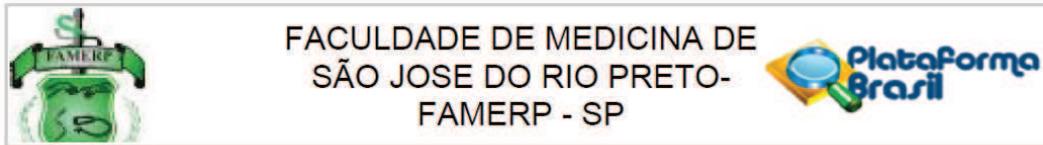
59. Bueno NP. Visitando vizinhos: uma análise da série histórica de produção de bens de capital no Brasil utilizando diagramas de recorrência. *Economia e Sociedade*. 2009;18:399-416.
60. Kitzberger A, Mathias M. Aplicação da teoria de sistemas não-lineares e caóticos na análise de sistemas estruturais. In: *Jornada de Iniciação Científica e De Pós-Graduação da FEG [CD-ROM]*; 2003; Guaratinguetá; 2003.
61. Santos L, Macau E, Barroso J. Uso associado de métodos de dinâmica não linear e redes neurais na identificação dinâmica de diferentes situações clínicas. In: *XI Workshop de Computação Aplicada (WORCAP 2011) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)*; 2011; São José dos Campos; 2011.
62. Pinho PHU. Avaliação de desordens vocais por meio de características do espaço de fase reconstruído [dissertação]. Paraíba: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB; 2017.
63. Thielo M. Análise e classificação das séries temporais não estacionárias utilizando métodos não lineares [dissertação]. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2000.
64. Moraes F. Obesidade infantil: fatores de risco perinatais, obesidade central, maturação sexual e análises linear e não linear na modulação autonômica da frequência cardíaca [tese]. Rio Claro: Universidade "Julio de Mesquita Filho"; 2016.
65. Bai A, Hira S, Parag SD. Recurrence based similarity identification of climate data. *Discrete Dynam Nature Soc*. 2017;2017(Article ID 7836720):1-22.

66. Guilherme AP. Análise do índice Bovespa pelo método dos gráficos de recorrência [dissertação]. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2008.
67. Sierra Naranjo VM, López Ángel JC. Análisis del impacto del tamaño de los activos em la cuenta de resultados mediante la utilización de espacios de fase y análisis de recurrencia [dissertação]. Rosário: Universidade Del Rosário; 2014.
68. Burkhard F, Cameron J, Soullis T. Temporal Frequency Analysis of an Otolithic Organ Response. *Int Tinnitus J.* 2006;12:31-9.
69. Figueroa Helland VC, Postnova S, Schwarz U, Kurths J, Kundermann B, Hemmeter U, et al. Comparison of different methods for the evaluation of treatment effects from the sleep EEG of patients with major depression. *J Biol Phys.* 2008;34:393-402.
70. Pereira VC, Camargo EDLB, Salinet J, Soriano DC. Análise por quantificação de recorrência em tempo de execução utilizando labview: caracterização do ecg. In: Conference XXV Congresso Brasileiro de Engenharia BiomédicaAt; 2016. Foz do Iguaçu; 2016.
71. Vieira S, Costa S, Correia Wea. A análise de quantificação de recorrência a curto e longo intervalo de tempo na avaliação de patologias laríngeas. In: XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB; 2014.
72. Martin CM. Health systems innovation: addressing the dynamics of multilayered “complex bundles” of knowlwdge [editorial]. *J Evoluat Clin Pract.* 2013;19:1085-6.

73. Van Beurden EK, Kia AM, Zask A, Dietrich U, Rose L. Making sense in a complex landscape: how the Cynefin framework from complex adaptive systems theory can inform health promotion practice. *Health Promot Int.* 2013;28:73-83.
74. Voss A, Schulz S, Schroeder R, Baumert M, Caminal P. Methods derived from nonlinear dynamics for analysis heart rate variability. *Phil Trans A Math Phys Eng Sci.* 2009;367:277-96.
75. Hasan H, Kazlauskas A. The Cynefin framework: putting complexity into. In: Hasan H, editor. *Being practical with theory: a window into business research.* Wollongong: H. Hasan; 2014. p. 55-7.
76. Resnicow K, Vaughan R. A chaotic view of behavior change: a quantum leap for health promotion. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2006;3:1-7.
77. Oliveira. RG. Contribuições da teoria da complexidade para o aprimoramento do modelo de planejamento e da gestão estratégica do judiciário: estudo de caso do TRT-PR [dissertação]. Curitiba: FAE Centro Universitário; 2012.
78. Snowden D. Cynefin, a Sense of Time and place: an ecological approach to sense making and learning in formal and informal communities. In: *Conference, Knowledge management beyond the hype: looking towards the new millennium; KMAC 2000; Birmingham; 2000.*
79. Ferrari PC. Temas contemporâneos na formação docente a distância - uma introdução à teoria do caos [tese]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2008.
80. São Paulo. Governo do Estado de São Paulo. Plano de Vigilância, Prevenção e Controle da Dengue do Estado de São Paulo, 2014-2015. 2014;

- http://www.saude.sp.gov.br/resources/ccd/materiais-de-comunicacao/dengue/plano_da_dengue_16_10_-_formatacao.pdf.
81. Dorn RC. Análise da dinâmica de dengue através do número de reprodutibilidade com base em dados epidemiológicos [tese]. Salvador: Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia; 2016.
 82. Neves FM, Viana RL, Pie MR. Recurrence analysis of ant activity patterns. *PLoS ONE*. 2017;12(10):e0185968.
 83. Zeidler JD, Acosta POA, Barrêto PP, Cordeiro JS. Vírus dengue em larvas de *Aedes aegypti* e sua dinâmica de infestação. *Rev Saúde Pública*. 2008;42:986-91.
 84. Moreira AAM, Lima MM. Conduta dos profissionais de saúde pública frente ao atendimento antirrábico humano no Município de Primavera do Leste - MT. *Rev Epidemiol Controle Infec*. 2013;3:139-43.
 85. Kularatne SAM, Ralapanawa U, Weerakoon K, Bokalamulla U, Abagaspiya N. Pattern of animal bites and post exposure prophylaxis in rabies: a five year study in a tertiary care unit in Sri Lanka. *BMC Infect Dis*. 2016;16:1-8.
 86. Messenger SL, Smith JS, Rupprecht CE. Emerging epidemiology of bat-associated cryptic cases of rabies in humans in the United States. *Clin Infect Dis*. 2002;35:738-47.
 87. Sahu KK, Manar MK, Singh SK, Singh H. Epidemiological characteristics of patients attending for rabies post-exposure prophylaxis at the infectious diseases hospital of Lucknow, India. *J Glob Infect Dis*. 2015;7:30-2.
 88. World Health Organization - WHO. Rabies - General introduction. 2017; <http://www.who.int/rabies/epidemiology/Rabiessurveillance.pdf>.

Anexo 1. Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DIAGNÓSTICO DO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS RECICLÁVEIS NA FATEC RIO PRETO E BAIRRO EL DORADO, SÃO JOSÉ DO RIO PRETO/SP. NOVAS PROPOSTAS PARA QUESTÕES AMBIENTAIS, SOCIAIS E DE SAÚDE LIGADAS A

Pesquisador: Mônica Regina Bocchi

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 38070214.9.0000.5415

Instituição Proponente: CENTRO ESTADUAL DE EDUCACAO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.023.453

Data da Relatoria: 14/04/2015

Apresentação do Projeto:

Vide parecer nº 1.016.823.

Objetivo da Pesquisa:

Vide parecer nº 1.016.823.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Vide parecer nº 1.016.823.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Vide parecer nº 1.016.823.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide parecer nº 1.016.823.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pendências atendidas.

Endereço: BRIGADEIRO FARIA LIMA, 5416

Bairro: VILA SAO PEDRO

CEP: 15.090-000

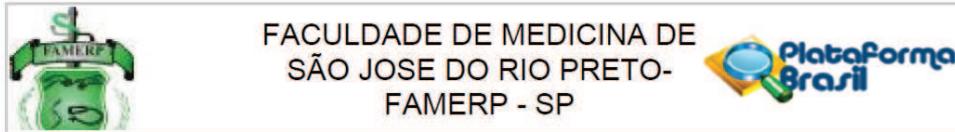
UF: SP

Município: SAO JOSE DO RIO PRETO

Telefone: (17)3201-5813

Fax: (17)3201-5813

E-mail: cepfamerp@famerp.br



Continuação do Parecer: 1.023.453

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Projeto Aprovado.

SAO JOSE DO RIO PRETO, 15 de Abril de 2015

Assinado por:
LUCIANO GARCIA LOURENCAO
(Coordenador)

Endereço: BRIGADEIRO FARIA LIMA, 5416
Bairro: VILA SAO PEDRO **CEP:** 15.090-000
UF: SP **Município:** SAO JOSE DO RIO PRETO
Telefone: (17)3201-5813 **Fax:** (17)3201-5813 **E-mail:** cepfamerp@famerp.br