

**Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**

---

# Modelo baseado em redes complexas para representação e predição de séries temporais<sup>1</sup>

Alexandre C. Andreani <sup>2</sup>

Universidade Federal de São Paulo

Elbert E. N. Macau <sup>3</sup>

Universidade Federal de São Paulo

## 1 Resumo

Séries temporais podem representar sistemas onde é possível capturar seu comportamento através de um espaço de estados, ou eventualmente um atrator. O comportamento desse sistema, segundo sua série, pode ser periódico, caótico, estocástico ou oscilar entre essas características. Assim, se for possível reconstruir o espaço de estados será possível explorar o comportamento desse sistema. Nesse trabalho é explorado a seguinte questão: duas trajetórias próximas permitem predizer algo entre si?. É proposto o método *Net-Walker*, baseado na seguinte hipótese: Quanto maior a semelhança entre duas trajetórias no passado, maior a probabilidade de que sejam semelhantes no futuro. Para a construção do modelo em rede é utilizado as redes temporais apresentadas por [2].

Este método utiliza o espaço de estados da série temporal para construir a rede. Esse espaço é transformado em uma grade com células de tamanho  $g$ . Cada vértice da rede representa uma célula dessa grade.

O método proposto consiste, portanto em: 1- reconstruir o atrator da série temporal; 2- dividir o espaço em um grade com células de tamanho específico  $g$ ; 3-agrupar os estados do sistema em cada vértice associado a célula à qual o estado pertence; 4- armazenar as transições de estado na respectiva arestas direcionadas, contendo tempo e estado destino; 5- encontrar o caminho mais recente de tamanho  $k$ , similar ao último caminho de tamanho  $k$ .

A ideia de usar uma grade para criar uma rede a partir do atrator foi utilizado por [1]. A vantagem de agrupar os estados do sistema em células de grade é o baixo custo computacional para a construção da rede, uma vez que o custo é  $O(1)$  para determinar a qual vértice um estado deve ser associado.

Como ilustração, considere um sistema que se comporte como  $f(x) = \sin(x)$ . A figura 1(a) apresenta o espaço de estados para as dimensões  $t - 2$  e  $t - 4$  de séries atrasadas,

---

<sup>1</sup>versão 1.0.

<sup>2</sup>alexandre.andreani@ifsp.edu.br

<sup>3</sup>elbert.macau@inpe.br

segundo o *Teorema de Taken*[1]. E nesse espaço está o atrator do sistema, que por sua vez, representa seus possíveis estados.

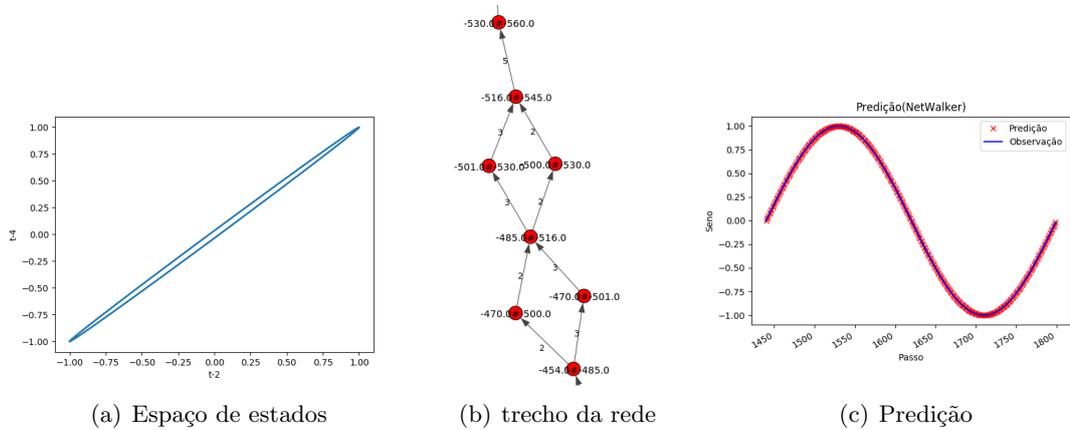


Figure 1: exemplo com a função seno

Uma vez construído o atrator, é então criado uma rede que capture tanta informação quanto desejável, de acordo com os parâmetros utilizados. A figura 1(b) mostra um trecho da rede construída a partir do espaço de estados. Cada vértice representa uma célula, da grade especificada no passo 2 do método proposto, que contenha ao menos um estado do sistema. A figura 1(c) ilustra a predição com 100% de acerto, onde uma linha ilustra o dado observado e o “x” representa o dado predito.

A predição depende dos caminhos que passaram por cada vértice, portanto cada vértice está identificado com um vetor multidimensional que representa a posição da célula na grade no espaço de estados, assim quanto maior a resolução da grade mais informação a rede irá capturar do sistema. Nas arestas está representado o total de contatos que ocorreram entre os vértices. Como exemplo, considere o estado atual como o vértice “-485.0# - 516.0”, na figura 1(b), para esse estado o método proposto irá comparar a sequência mais recente de vértices percorridos com sequências anteriores, verificar seus estados posteriores ao atual e decidir qual estado seguinte é mais provável.

## References

- [1] Erik M. Bollt and Eric J. Kostelich. Optimal targeting of chaos. 245 (5):399–406. ISSN 03759601. doi: 10.1016/S0375-9601(98)00270-9. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0375960198002709>.
- [2] Petter Holme and Jari Saramäki. Temporal networks. 519(3):97–125. ISSN 03701573. doi: 10.1016/j.physrep.2012.03.001. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0370157312000841>.