

Modelagem e otimização computacional de redes complexas com estrutura espacial

Bryannie Tonon, Wesley Cota

Departamento de Física, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de Viçosa

ODS 4 – Educação de Qualidade

Categoria: Pesquisa

Introdução

- O estudo de redes complexas permite identificar padrões e comportamentos coletivos que emergem da interação de muitos elementos interconectados.
- Modelos sintéticos de redes são fundamentais para simulações em larga escala, possibilitando controle preciso de parâmetros e análise sistemática de efeitos estruturais.

Objetivos

- Desenvolver algoritmos eficientes para construção de estruturas de conectividade artificiais, testando estratégias iterativas e diferentes estruturas de dados.
- Implementar redes espaciais com regras de conectividade baseadas em proximidade.

Métodos ou Metodologia

- Uma rede é composta por um conjunto de vértices conectados por arestas. Sua representação matemática é feita por uma matriz de adjacência A , em que $A_{ij} = 1$ se há ligação entre os vértices i e j , e $A_{ij} = 0$ caso contrário.
- Foram geradas redes sintéticas com N vértices distribuídos uniformemente em um quadrado de lado L . Dois vértices i e j , separados por uma distância euclidiana d_{ij} , conectam-se de acordo com diferentes regras de conectividade.
- 20 amostras de redes foram caracterizadas por métricas estruturais, incluindo coeficiente médio de agrupamento, tamanho da componente gigante, menor distância média e distribuição de graus.

Uniforme (UN)

$$A_{ij} = \begin{cases} 1, & d_{ij} \leq r_i \\ 0, & d_{ij} > r_i \end{cases}$$

Dependente da Distância (DD)

$$p_{ij} \propto \frac{1}{d_{ij}}$$

Atratividade (AT)

$$p_{ij} \propto a_j$$

Distribuição de grau

$$\rho(k) = \frac{N_k}{N}$$

Coeficiente de Clustering

$$C_i = \frac{2e_i}{k_i(k_i - 1)}, k_i > 1$$

$$\langle C \rangle = \frac{1}{N} \sum_i C_i$$

Menor distância média

$$\langle l \rangle = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i,j} l_{ij}$$

Resultados

Otimização da construção de redes sintéticas

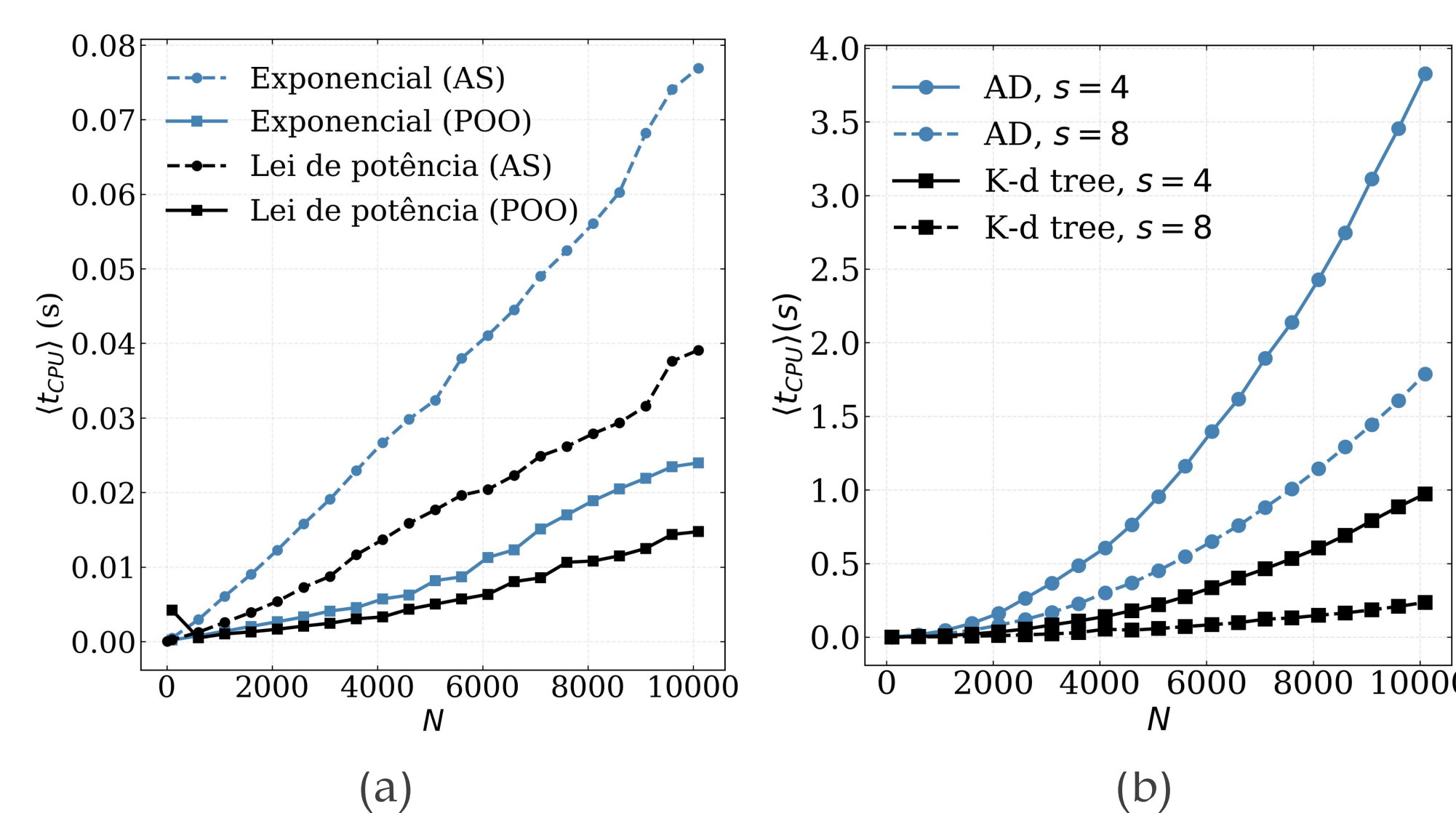


Figura 1 - (a) Tempo médio de computação em função do tamanho da rede para o modelo não correlacionado implementado com algoritmo simples e usando o paradigma de programação orientada a objetos, considerando distribuições exponencial e lei de potência e (b) Comparação do tempo médio de computação em função do tamanho da rede para o algoritmo direto e usando K-d tree.

Construção de redes espaciais

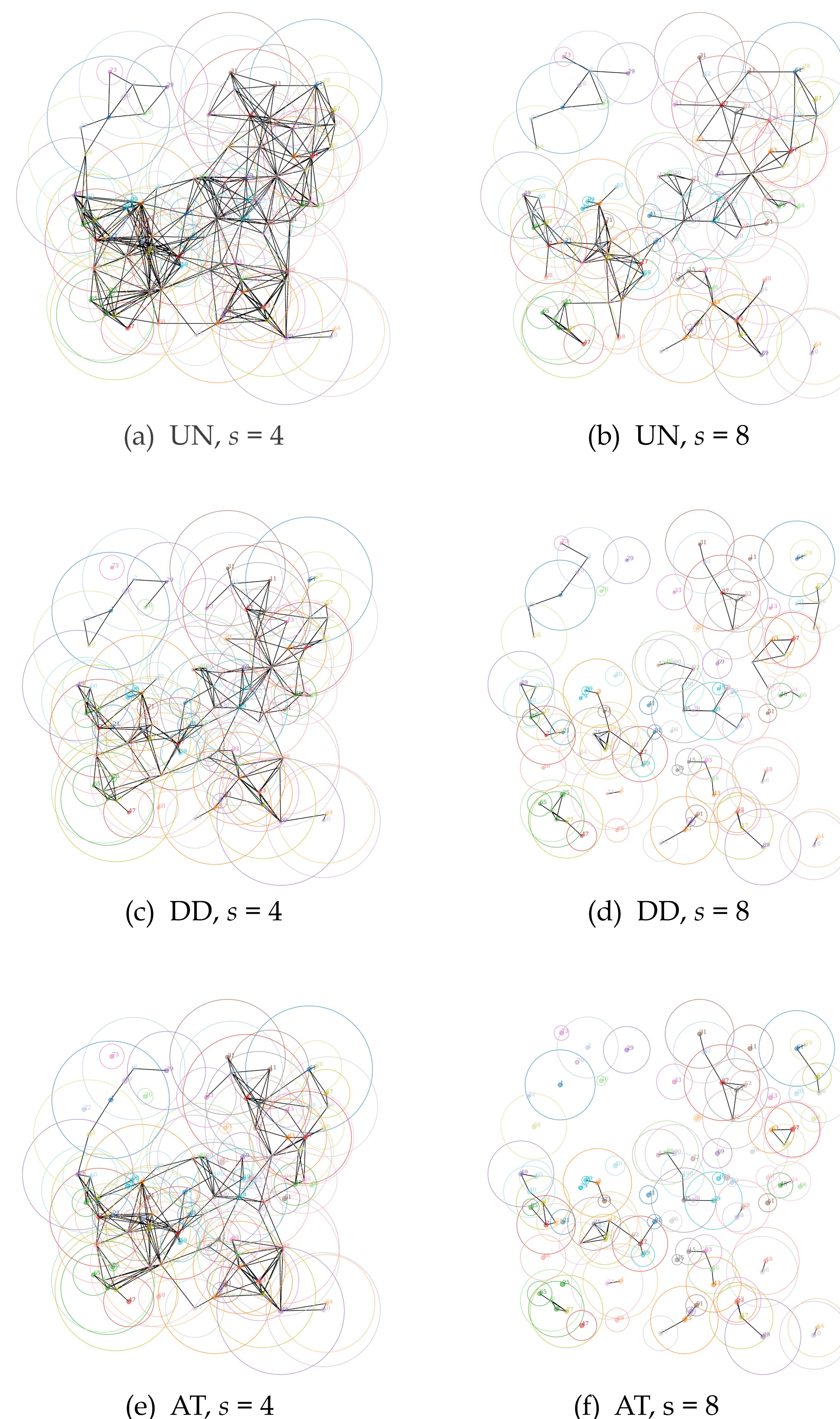


Figura 2: Redes sintéticas com $N = 100$ geradas por três modelos: UN, DD e AT. Cada modelo é mostrado para dois fatores de escala diferentes ($s = 4$ e $s = 8$), ilustrando a construção da rede em regimes de alta [(a), (c), (e)] e baixa [(b), (d), (f)] conectividade.

Medidas Estruturais

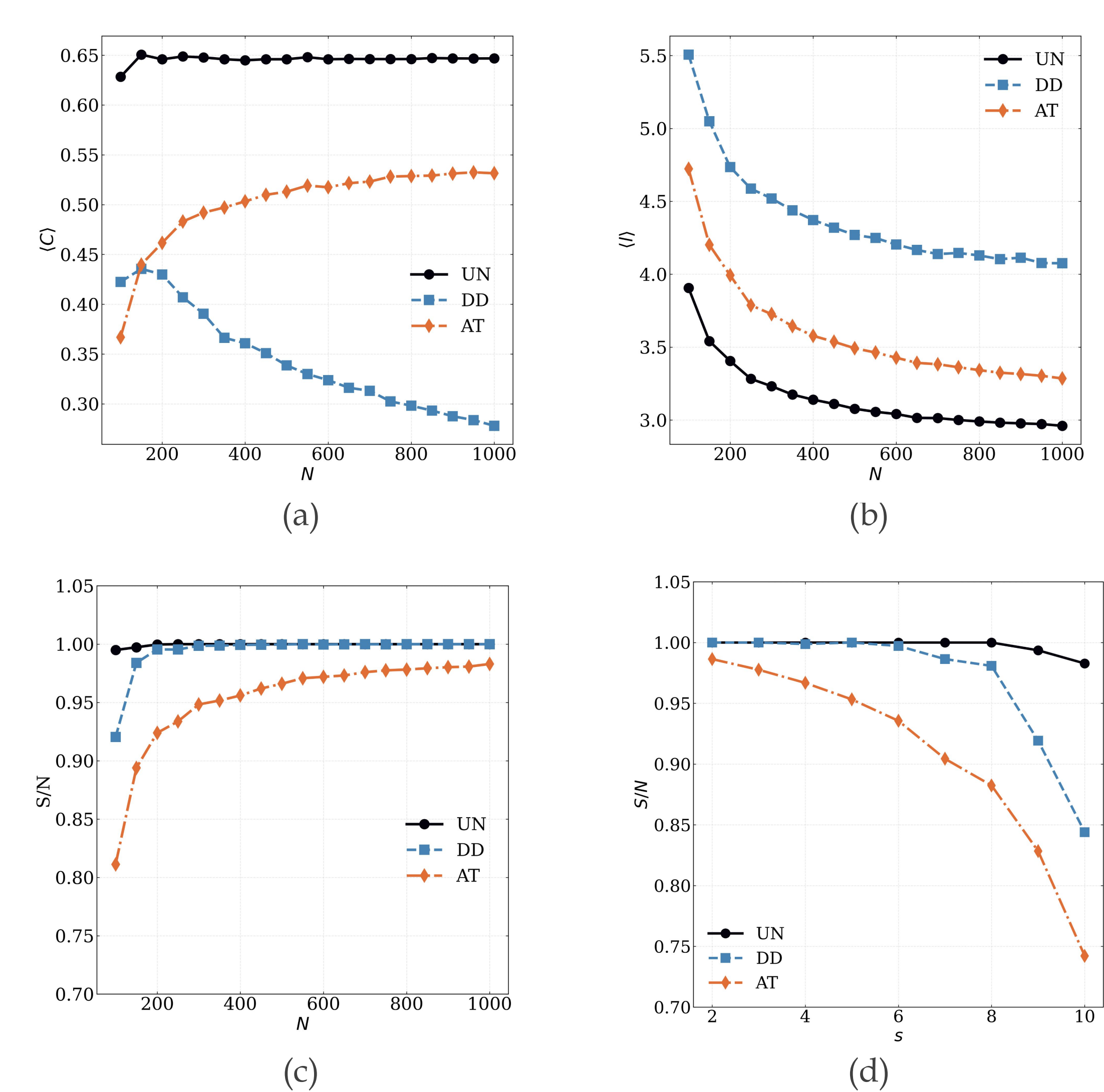


Figura 3 - Métricas por N : (a) Clustering médio $\langle C \rangle$, mostrando a tendência dos vértices a se agrupar; (b) Menor distância média $\langle l \rangle$, representando a distância média entre pares de vértices na maior componente; (c) Fração da maior componente gigante S/N em função do tamanho da rede N , (d) e em função do fator de escala s , evidenciando a influência direta desse parâmetro na conectividade da rede. Parâmetros fixos: $N = 1000$ e $s = 4$.

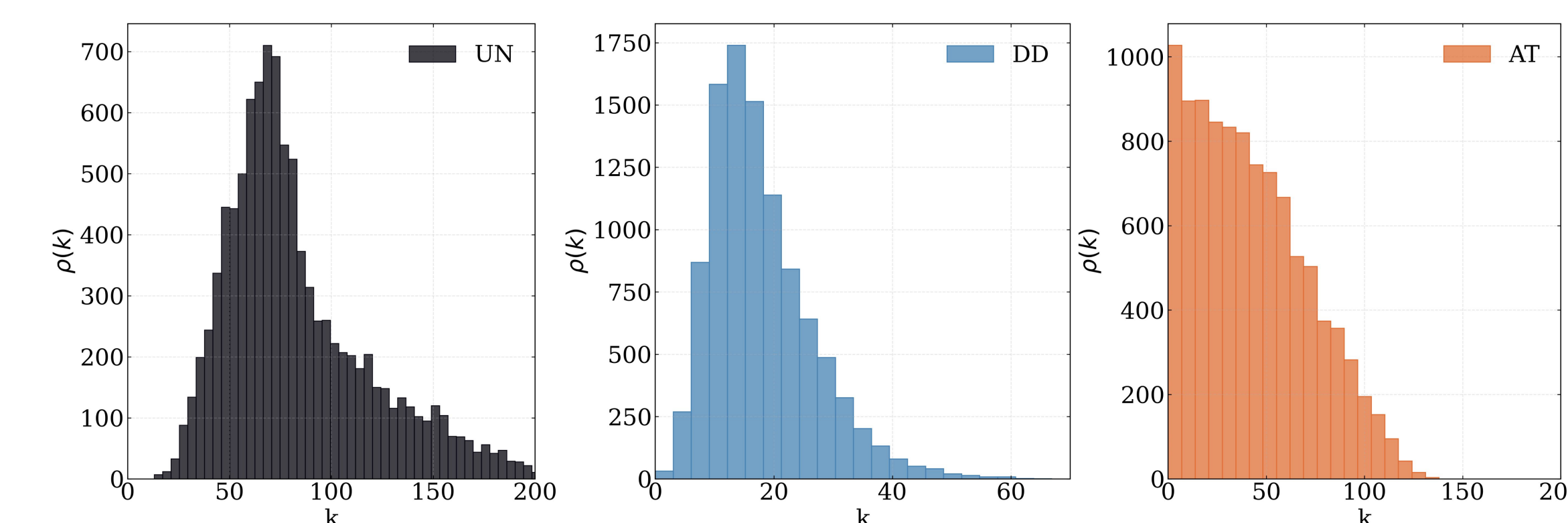


Figura 4 - Distribuições de grau $\rho(k)$ para três redes construídas com os três critérios de ligação, com $N = 1000$ e $s = 4$.

Conclusões

Os resultados mostram que as diferentes estratégias iterativas e estruturas de dados permitiram otimizar a construção das redes, incluindo redes espaciais com conectividade baseada em proximidade. Além disso, observa-se que diferentes regras de conectividade produzem redes com estruturas distintas, o que pode ter influência em modelos dinâmicos.

Bibliografia

- W. Cota, *Spreading phenomena on complex networks and social systems*, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, 2020.
- L. da F. Costa, F. A. Rodrigues, G. Travieso, and P. R. Villas Boas, *Characterization of complex networks: A survey of measurements*, *Advances in Physics* **56**, 167–242 (2007).

Apoio Financeiro

