

**UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – BACHARELADO**

**GERAÇÃO DE REDES COMPLEXAS COM
COMUNIDADES SOBREPOSTAS E
COMUNIDADES HIERÁRQUICAS**

GUSTAVO HENRIQUE SPIESS

**BLUMENAU
2022**

GUSTAVO HENRIQUE SPIESS

GERAÇÃO DE REDES COMPLEXAS COM COMUNIDADES SOBREPOSTAS E COMUNIDADES HIERÁRQUICAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Ciências da Computação no Centro de de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Regional de Blumenau como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em Ciências da Computação.

Professor Aurelio Faustino Hoppe, Titulação - Orientador

FOLHA DE ASSINATURAS

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

AGRADECIMENTOS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Frase inspiradora com significado maneiro e/ou importante

Autor da frase

RESUMO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Palavras-chave: Redes complexas. Geração de redes complexas. Comunidades. Comunidades sobrepostas. Comunidades hierárquicas.

ABSTRACT

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Keywords: Complex networks. Complex networks generation. Communities. Overlapping communities. Hierarchical communities

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo	15
------------------------------	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplo	15
------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo	15
------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IE – Internet Explorer

QE – Qternet Explorer

SUMÁRIO

1	Introdução	14
1.1	Objetivos	15
1.1.1	Objetivos 23	15
2	Considerações finais	16
	Referências	17

1 INTRODUÇÃO

Redes complexas, como definido por Metz et al. (2007), são grafos com uma topologia não trivial. Isso é, são grafos onde parte ou toda a informação de interesse está contida não nos vértices e arestas individualmente, mas em propriedade do conjunto de vértices e arestas.

Como apontado por Girvan e Newman (2002), um dos sistemas do mundo real que se pode modelar em uma rede complexa é o conjunto de relações sociais. Esse sistema poderia ser modelado com cada indivíduo sendo representado por um vértice, e as relações sendo representadas pelas arestas ligando dois indivíduos. Num modelo assim, se é observada na topologia do grafo a existência de um sub grafo completo, denominado clique (FORTUNATO, 2010), isso representa não só que existe um grupo onde todos se conhecem, mas de que esse grupo pode apresentar características próprias e relevantes.

Girvan e Newman (2002) também aponta que outros sistemas, como cadeias alimentares, cadeias de metabolização, redes de transmissão elétrica e redes de computadores podem ser representadas como redes complexas. Em cada sistema do mundo real que se modela como uma rede complexa, diferentes propriedades emergem, e elas apresentam diferentes significados sobre o grafo observado. E.g. para a propriedade de comunidades, as características que definem o que é uma comunidade variam de acordo com o contexto que se está trabalhando (VIEIRA; XAVIER; EVSUKOFF, 2020), como será discutido mais a frente.

No estudo de redes complexas, é relevante o entendimento de algumas terminologias que serão utilizadas mais à frente. É definido por Fortunato (2010) o conceito de *clique*, um clique se refere à um conjunto de vértices que forma um sub grafo completo. Definições ligeiramente distintas podem ser utilizadas, como apontado pelo próprio Fortunato (2010), dependendo do contexto, por exemplo é apresentada a definição de um *n-clique*, como sendo um subgrafo onde todos os vértices estão a n ou menos arestas de distância. Ou ainda um *k-clique chain*, sendo a união de dois cliques com k ou mais vértices que compartilham um ou mais desses vértices.

Outra terminologia relevante é o conceito de partição, definido por Fortunato (2010) como sendo a divisão dos vértices de um grafo em conjuntos distintos de forma que todos os vértices pertençam a exatamente uma partição. Essas duas definições são relevantes na forma como elas interagem com a definição de comunidade. Em alguns contextos uma comunidade

pode ser definida como sendo necessariamente um *clique* (FORTUNATO, 2010), ou em outros contextos a divisão das comunidades no grafo deve de representar uma partição (VIEIRA; XAVIER; EVSUKOFF, 2020; FORTUNATO, 2010)

Mais uma definição relevante pode ser encontrada no trabalho de Fortunato (2010). O autor define triângulo como sendo um conjunto de três vértices conectados entre si, i.e. um *3-clique*. E a contra parte dessa definição, o coeficiente de aglomeração, definido como a proporção em que as triplas conexas de um grafo são triângulos. Isso é, para um coeficiente de aglomeração igual a meio, isso representa que para quaisquer três vértices que estejam conectados entre si, existe cinquenta por cento de chance de esses vértices formarem um triângulo.

Por fim, no estudo de redes complexas, existe também a definição de um grafo aleatório. Um grafo aleatório é produzido a partir de um grafo qualquer, mantendo a mesma quantidade de vértices e mantendo o mesmo grau, mas considerando que os vértices estão conetados baseados em uma probabilidade uniformemente distribuída. Um grafo aleatório é geralmente utilizado para comparação, servindo como exemplo nulo, no sentido de que ele não apresenta características topológicas relevantes (FORTUNATO, 2010).

1.1 OBJETIVOS

asdf

1.1.1 Objetivos 23

asdf

Figura 1 – Exemplo

Lorem

Quadro 1 – Exemplo

Lorem

Tabela 1 – Exemplo

Lorem

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

REFERÊNCIAS

- FORTUNATO, S. Community detection in graphs. *Physics reports*, Elsevier, v. 486, n. 3-5, p. 75–174, 2010. Citado 2 vezes nas páginas [14](#) e [15](#).
- GIRVAN, M.; NEWMAN, M. E. Community structure in social and biological networks. *Proceedings of the national academy of sciences*, National Acad Sciences, v. 99, n. 12, p. 7821–7826, 2002. Citado na página [14](#).
- METZ, J. et al. Redes complexas: conceitos e aplicações. São Carlos, SP, Brasil., 2007. Citado na página [14](#).
- VIEIRA, V. da F.; XAVIER, C. R.; EVSUKOFF, A. G. A comparative study of overlapping community detection methods from the perspective of the structural properties. *Applied Network Science*, SpringerOpen, v. 5, n. 1, p. 1–42, 2020. Citado 2 vezes nas páginas [14](#) e [15](#).

AGRADECIMENTOS

Morbi luctus, wisi viverra faucibus pretium, nibh est placerat odio, nec commodo wisi enim eget quam. Quisque libero justo, consectetur a, feugiat vitae, porttitor eu, libero. Suspendisse sed mauris vitae elit sollicitudin malesuada. Maecenas ultricies eros sit amet ante. Ut venenatis velit. Maecenas sed mi eget dui varius euismod. Phasellus aliquet volutpat odio. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Pellentesque sit amet pede ac sem eleifend consectetur. Nullam elementum, urna vel imperdiet sodales, elit ipsum pharetra ligula, ac pretium ante justo a nulla. Curabitur tristique arcu eu metus. Vestibulum lectus. Proin mauris. Proin eu nunc eu urna hendrerit faucibus. Aliquam auctor, pede consequat laoreet varius, eros tellus scelerisque quam, pellentesque hendrerit ipsum dolor sed augue. Nulla nec lacus.