



SimBraRedes
III Simpósio Brasileiro de Teoria
e Ciência de Redes

TEORIA DE REDES E INTERDISCIPLINARIDADE: REDE SEMÂNTICA DE TESES DE UM PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO.

Adriano dos Santos Moraes¹; Francisco José Aragão Pedroza Cunha²

¹ Formação: Doutorando em Difusão do Conhecimento, Universidade Federal da Bahia. E-mail: adriano.moraes@ifbaiano.edu.br

² Formação: Doutor em Difusão do Conhecimento, Universidade Federal da Bahia. E-mail: franciscopetroza@ufba.br

RESUMO

Propõe-se uma discussão sobre a utilização de uma rede semântica baseada nas teses de um programa de pós-graduação (PPG) como método para analisar a eficiência de difusão de informações em um doutorado de uma área interdisciplinar. Investigamos a estrutura topológica, discutimos as propriedades das redes e apresentamos reflexões sobre como o uso de modelos de redes sociais e complexas pode contribuir para a difusão do conhecimento. Demonstramos que a topologia das redes semânticas estudadas é de mundo pequeno e livre de escala. Observou-se que as centralidades de grau, proximidade e intermediação são índices adequados para perceber a coerência e consistência das teses com a proposta de um programa de pós-graduação em uma área interdisciplinar, auxiliando na percepção de convergência entre a proposta de aprendizagem e o executado pelo Programa, visando um melhor desempenho acadêmico dos doutorandos no curso e êxito do PPG na Avaliação Quadrienal da CAPES.

Palavras-chave: Redes semânticas; Redes complexas; Difusão do conhecimento; Interdisciplinaridade.

<http://doi.org/10.55664/simbraredes2024.013>

1 INTRODUÇÃO

Neste artigo propomos uma discussão sobre a utilização de uma rede semântica baseada em teses de um programa de pós-graduação (PPG) como método para analisar a eficiência de difusão de informações em um doutorado de uma área interdisciplinar.

Considera-se tese de doutorado o trabalho de investigação que represente contribuição original ao campo da criação, organização, gestão, cultura e difusão do conhecimento, devendo tratar de um tema de pesquisa original e associado à área de concentração do Programa, desenvolvido no formato tradicional ou no formato multi-artigos (UFBA, 2024a)¹. As teses de um PPG têm como objetivo apresentar os conhecimentos adquiridos e desenvolvidos pelo doutorando durante o percurso de aprendizagem proposto pelo PPG, cabendo ao candidato ao título de doutor elaborar a tese com base em investigação original e relacionada aos objetos ou temas de, pelo menos, um projeto de pesquisa vinculado à(s) respectiva(s) linha(s) de pesquisa e área(s) de concentração (UFBA, 2024a)¹.

A tese consiste em uma descrição discursiva e argumentativa de seu conteúdo teórico (conceitual) e teórico metodológico (conceitual/procedimental). O conjunto de teses de um PPG pode ser considerado um discurso escrito, o qual deve refletir a sua proposta acadêmica. Cada título pode ser considerado um período do discurso e o universo de palavras das teses representa o vocabulário do discurso do PPG, evidenciando o modelo de aprendizagem e formação científica de novos pesquisadores proposto pelo PPG. É recomendável coerência e consistência do conteúdo apresentado nas teses com a proposta do programa de pós-graduação e vínculo de sua temática com a(s) respectiva(s) linha(s) de pesquisa e área(s) de concentração, revelando o desempenho acadêmico dos doutorandos no curso e do PPG na Avaliação Quadrienal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

No Brasil, os programas de pós-graduação são periodicamente avaliados e reconhecidos pela CAPES, e classificados em áreas de concentração, dentro de áreas de avaliação. Segundo a Portaria CAPES 122/2021, para a elaboração dos pareceres os membros das Comissões de Avaliação devem atribuir ao PPG os conceitos “Muito Bom” (MB), “Bom” (B), “Regular” (R), “Fraco” (F), “Insuficiente” (I) ou “Não Aplicável” (NA) a cada um dos quesitos e itens da Ficha de Avaliação. Nessa avaliação, o quesito “Formação” (2) foca na qualidade dos recursos humanos formados e contém, dentre outros, o seguinte item (2.1): “qualidade e adequação das teses, dissertações ou equivalente em relação às áreas de concentração e linhas de pesquisa do programa” (CAPES, 2021)².



SimBraRedes

III Simpósio Brasileiro de Teoria
e Ciência de Redes

Para avaliar a coerência e a consistência entre a proposta de aprendizagem do Programa, sua área de concentração e linhas de pesquisa com as teses produzidas em um PPG, este estudo propõe a modelagem de uma rede semântica de cliques de títulos e palavras-chaves das teses encontradas em um repositório institucional de teses de um Programa em nível de doutorado.

O artigo está organizado da seguinte forma: apresentamos na Seção 2 os trabalhos correlatos e na Seção 3 os materiais e métodos utilizados para construir as redes semânticas propostas. Na Seção 4, apresentamos as redes e discutimos e examinamos os resultados obtidos por meio de alguns índices de redes sociais e complexas. Por fim, apresentamos as conclusões deste estudo na Seção 5.

Observamos que a topologia das redes semânticas estudadas é de mundo pequeno e livre de escala: o fenômeno mundo pequeno ou *small-world* é definido pela “co-existência de duas condições aparentemente incompatíveis, (i) o número de intermediários entre qualquer par de vértices na rede é muito pequeno e (ii) a alta aglomeração local da rede.” (Amaral; Ottino, 2004, p. 152)³; já as redes livres de escala apresentam uma ordem na dinâmica de estruturação caracterizada pela conexão preferencial, que se refere à tendência de um novo vértice se conectar a um vértice da rede que tem um grau elevado de conexões, o que implica em redes com poucos vértices altamente conectados, denominados hubs, e muito vértices com poucas conexões. (Barabási; Albert, 1999).⁴

2 TRABALHOS CORRELATOS

Uma rede semântica é um sistema de representação do conhecimento imbuído de funcionalidade e estabelecido por um contexto (Grilo et al., 2017).⁵ As redes semânticas baseadas em títulos de artigos de periódicos científicos (RST) foram estudadas por: Fadigas et al. (2009)⁶ que pesquisaram RST de divulgação em educação matemática; Pereira et al. (2011)⁷, que investigaram a estrutura topológica de RST como um método de análise da eficiência da difusão da informação; e por Henrique et al. (2014)⁸, que comparam por meio da RST títulos de artigos de periódicos de divulgação em educação matemática (em inglês e português), dentre outros autores.

Na seção subsequente, apresentamos os materiais e métodos utilizados para construção das redes semânticas propostas neste estudo.

3 METODOLOGIA

As redes semânticas baseadas em títulos e palavras chaves de teses que propomos são redes cujos vértices são palavras e as arestas são conexões entre palavras que aparecem no mesmo título ou nas palavras chaves. Na análise proposta não se considera as arestas que conectam um vértice a ele mesmo (*i.e.* auto-laços) ou múltiplas arestas. Nas nossas redes semânticas, cada aresta possui dois vértices associados a ela. Uma rede semântica é um sistema utilizado para representar o conhecimento contido em discursos. As redes semânticas de cliques é um tipo específico de rede semântica onde todas as palavras de cada sentença do discurso (por exemplo, um texto) estão interconectadas, formando um subgrafo conhecido como clique. São formadas por justaposição e/ou sobreposição de cliques: justaposição significa conectar duas cliques com apenas um vértice em comum; e a sobreposição acontece quando dois ou mais vértices conectam as cliques (Fadigas; Pereira, 2013).⁹

Para representar uma rede, usamos um grafo $G = (V, E)$. Essa é uma estrutura matemática que consiste em dois conjuntos: V (finito e não vazio) e E (relação binária sobre V). Os elementos de V são chamados vértices (ou nós) e os elementos de E são chamados arestas. Cada aresta tem um conjunto de um ou dois vértices associados a ela, de acordo com Gross e Yellen (1999, p. 2).¹⁰

O estudo utilizou uma abordagem quali-quantitativa e os procedimentos técnicos empregados foram a pesquisa bibliográfica, documental e análise estatística, sendo utilizada a teoria de redes como técnica de análise dos dados levantados.

Para modelagem da rede de títulos e palavras-chaves das teses foi definido como cenário um PPG, em nível de doutorado, da área de avaliação interdisciplinar da CAPES (Área 45). O *corpus* de análise da proposta do PPG é constituído pelo texto descritivo da sua área de concentração - “Modelagem da Geração e Difusão do Conhecimento”¹, e pela descrição dos objetivos das três linhas de pesquisa: 1. Construção do Conhecimento - Cognição, Linguagens e Informação; 2. Difusão do Conhecimento - Informação, Comunicação e Gestão; e, 3. Cultura e Conhecimento - Transversalidade, Interseccionalidade e

¹ Esta área tem como objetivo compreender a complexidade dos processos de geração e difusão do conhecimento, por meio de múltiplas perspectivas epistemológicas e desenvolvimento de aportes teórico-metodológicos, construindo modelos de interpretação, análise e explicação desses processos e seus impactos na sociedade. (UFBA, 2024c).¹¹



SimBraRedes

III Simpósio Brasileiro de Teoria
e Ciência de Redes

(In)formação.² Estas informações foram obtidas no Regimento e site institucional do Programa de Pós-Graduação Multi-Institucional em Difusão do Conhecimento (PPGDC).

Utilizou-se como fonte de dados da pesquisa as teses de doutorado do PPGDC, disponíveis no Repositório Institucional da Universidade Federal da Bahia (UFBA), em razão deste Programa está localizado na área interdisciplinar da CAPES (Área 45), adequando-se ao escopo desta pesquisa. Segundo o Repositório Institucional da Universidade Federal da Bahia (UFBA, 2024d)¹², o PPGDC possui 157 (cento e cinquenta e sete) teses publicadas durante o período de 2012 a 2024 (até 22 de junho)³.

Os processos de tratamento dos dados dos títulos e a construção da rede semântica de cliques correspondente foram realizados conforme as etapas a seguir: (1) união dos títulos em um único discurso, sendo cada título inserido em uma linha em um arquivo de formato .txt; (2) tratamento manual dos títulos, que consistiu na aplicação de 11 regras gerais propostas por Pereira et al. (2011)⁷, ou seja, para construir a rede semântica baseada nos títulos foi feito um pré-processamento que consiste na aplicação de regras gerais definidas para minimizar possíveis inconsistências e padronizar a análise para os diferentes periódicos; e, (3) um arquivo no formato .net foi gerado e utilizado para construção e análise da rede de títulos no software Gephi, versão 10.1. Analogamente, aplicou-se os mesmos passos para o tratamento dos dados das palavras-chaves e construção de sua rede correspondente.

Cada título de uma tese é uma rede onde todos os vértices (ou seja, palavras) estão interligados, gerando cliques - um clique é um subconjunto de vértices em um grafo G que são mutuamente adjacentes entre si (Gross; Yellen, 1999).¹⁰ Palavras que aparecem em mais de um título são vértices de ligação entre os títulos de teses. Dessa forma, construímos uma rede semântica baseada nos títulos das teses publicados em um PPG, e para as palavras chaves das teses, cujos resultados são discutidos e analisados na seção subsequente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram construídas duas redes de cliques, uma para os títulos e outra para as palavras-chave. Na rede de cliques, todas as palavras de cada período de um texto se conectam entre si, formando um subgrafo chamado clique. Nesse caso, cada título ou palavra-chave é considerado um período e forma um clique e as palavras em comum a diferentes títulos ou palavras-chaves são os vértices em comum às cliques (Andrade, 2018).¹³

Um conjunto de índices de análise de redes sociais e teoria de redes complexas foi utilizado para quantificar e interpretar as propriedades da rede. Para caracterizar a rede, foram empregados os índices: número de vértices ($n = |V|$), número de arestas ($m = |E|$), grau médio ($\langle k \rangle$), diâmetro (D), coeficiente de aglomeração médio (C_{WS}), caminho mínimo médio (L) e densidade (Δ). Estes índices foram calculados para a rede de títulos (RST) e para a rede aleatória (RA) correspondente que foi construída para caracterização topológica da rede. A rede aleatória foi gerada com o mesmo número de vértices e grau médio da rede de títulos, sendo o mesmo procedimento aplicado à rede de palavras-chave (RSPC). Os valores das propriedades da rede são apresentados na tabela 1.

² As três Linhas de Pesquisa que constituem atualmente (2024) o Programa são: 1. Construção do Conhecimento: Cognição, Linguagens e Informação, que tem como objetivo: a geração do conhecimento, sua relação com diferentes linguagens e processos cognitivos e informacionais. Esta linha de pesquisa visa desenvolver estudos relativos à análise cognitiva e à modelagem do conhecimento, buscando aprofundar as relações entre criatividade, construção de conhecimento, linguagens que permitem a comunicação deste, e sua codificação como informação e aprendizagem. A linha 2. Difusão do Conhecimento – Informação, Comunicação e Gestão, visa o estudo dos processos de difusão do conhecimento na sociedade, através da análise cognitiva e da modelagem do conhecimento. O propósito desta linha envolve relacionar tais processos de difusão do conhecimento na sociedade com meios e modos de informação e comunicação que possibilitam a tradução, transferência, (re)apropriação e (re)construção do conhecimento que se difunde. Pretende-se ainda integrar estudos sobre as contribuições da gestão do conhecimento para ampliar o potencial destes processos, notadamente no que se refere à recuperação de dados, informações e memórias, socialização de conhecimentos tácitos, combinação de conhecimentos explícitos e aprendizagem colaborativa. Por fim, a linha de pesquisa 3. Cultura e Conhecimento: Transversalidade, Interseccionalidade e (in)formação, tem como objetivo o estudo do entrecruzamento de diversas perspectivas de cognição e cultura, levando em conta mediações epistemológicas que dão informação das tensões dos processos de cognição pela: transversalidade, interseccionalidade, diversidade, descontinuidade, diferenças, rupturas, transformações, não regularidades que são constitutivas da cognição humana em cada espaço de produção do conhecimento e na articulação polilógica. Considera-se a análise cognitiva como um processo central desta linha, buscando gerar e organizar processos de transdução como necessidade no intercâmbio dessas perspectivas cognitivas. (UFBA, 2024a)¹.

³ O Repositório Institucional da Universidade Federal da Bahia recuperou 160 (cento e sessenta) documentos do PPGDC no total, sendo 157 (cento e cinquenta e sete) teses, 2 (duas) teses duplicadas e 1 (um) Relatório Técnico. Para efeito desta pesquisa, foram consideradas apenas as teses (157 documentos). (UFBA, 2024d)¹².



Tabela 1 – Propriedades das redes semânticas de títulos e de palavras-chave*.

Redes	n	m	$\langle k \rangle$	D	L	C_{WS}	Δ	$Comp$	Q	$QtComun$
RST	861	5771	13,405		3.079	0,863	0,016	4	0,587	17
Rede aleatória RST	-	-	-		2,827	0,015	-	-	-	-
RSPC	735	4018	10,933		3,133	0,86	0,015	5	0,642	20
Rede aleatória RSPC	-	-	-	-	3.025	0,014	-	-	-	-

***Legenda** - RS: Rede semântica; n : cardinalidade do conjunto de vértices; m : cardinalidade do conjunto de arestas; $\langle k \rangle$: grau médio; D : diâmetro; L : caminho mínimo médio; C_{WS} : coeficiente de aglomeração médio; Δ : densidade; $Comp$: quantidade de componente; Q : modularidade; $QtComun$: quantidade de comunidades.

Os índices empregados para medir a importância dos vértices foram: centralidade de grau (CG), centralidade de proximidade (CP) e centralidade de intermediação (CI). A centralidade de grau, é uma função que mapeia o vértice no número de arestas incidentes a ele na rede, a centralidade de proximidade é relacionada a distância total de um vértice aos demais da rede, e a centralidade de intermediação é relacionada a influência de um vértice na comunicação entre pares de vértices da rede (Freitas, 2010)¹¹. De acordo com o contexto de análise, os cálculos destes índices e suas interpretações auxilia o encontro de soluções nas mais diversas áreas do conhecimento (Pereira, 2013).¹⁴ Em adição, estudamos alguns aspectos relacionados à interdisciplinaridade, devido à proposta deste estudo.

A rede de títulos de teses (RST) do PPG investigado é constituída por 861 vértices e 5771 arestas. É considerada esparsa ($\Delta = 0,016$) e as palavras estão conectadas em média a aproximadamente 13 outras palavras ($\langle k \rangle = 13,405$). Para a rede de palavras-chaves (RSPC) temos os seguintes valores: 735 vértices e 4018 arestas. É considerada esparsa ($\Delta = 0,015$) e as palavras estão conectadas em média a aproximadamente 11 outras palavras ($\langle k \rangle = 10,933$). Isto sugere que os títulos e palavras-chave possuem um vocabulário restrito para expressar os conhecimentos pretendidos. Os componentes gigantes das respectivas redes (RST= 98,14% de vértices visíveis; RSPC = 96,6 % de vértices visíveis) são apresentados nas figuras 1 e 2.

Figura 1. Componente Gigante da RST

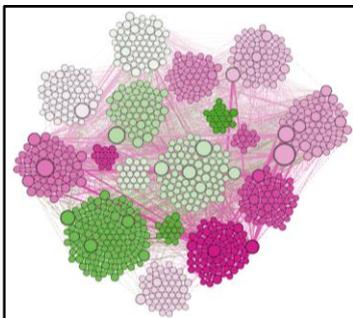
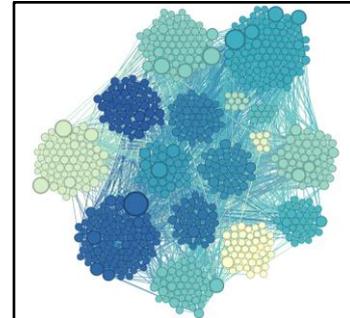


Figura 2. Componente Gigante da RSPC



O coeficiente de aglomeração é um índice que mede o quanto os vértices vizinhos de um vértice estão conectados entre si. No caso das redes investigadas, o coeficiente de aglomeração médio é considerado alto (RST: $C = 0,863$; RSPC: $C = 0,86$), o que indica que os vizinhos dos vértices têm muitos vizinhos entre si, havendo muitas conexões entre os vértices. Essa tendência pode ser atribuída ao próprio método de construção das redes semânticas de cliques, junto com o grande número de vértices compartilhados entre títulos e palavras-chave. O elevado coeficiente de aglomeração médio sugere uma menor diversidade de termos, além de uma maior justaposição e sobreposição entre eles.



O caminho mínimo médio informa que, em média, a distância entre as palavras é de 3.079 (RST) e de 3,133 (RSPC), o que significa que as palavras são muito próximas. Isto acontece pela quantidade de justaposições e sobreposições entre os títulos e palavras-chaves, refletindo um maior compartilhamento de termos em comum, o que pode ser um indício de alinhamento com a proposta de interdisciplinaridade do PPG e com sua área de concentração e linhas de pesquisa. O diâmetro da RST investigada é igual a seis ($D = 6$) e o da RSPC é também igual a seis ($D = 6$).

Quanto à caracterização topológica, podemos afirmar que a rede de títulos (RST) apresenta o fenômeno mundo pequeno, já que possui coeficiente de aglomeração médio elevado em relação ao da rede aleatória (RA) correspondente ($C_{WS}RST = 0,863 \gg C_{WS}RA = 0,015$) e caminho mínimo médio similar ao da rede aleatória correspondente ($LRST = 3,079 \sim LRA = 2,827$), segundo o método de Watts e Strogatz (1998)¹⁵. O total de triângulos da rede aleatória é 421 e da RST é 18.466. Para a rede de palavras chaves, os valores são os seguintes: $C_{WS}RSPC = 0,86 \gg C_{WS}RA = 0,014$ e o caminho mínimo médio é $LRSPC = 3.133 \sim LRA = 3.025$. O total de triângulos da rede aleatória é 220 e da RSPC é 10172, o que evidencia que esta é uma rede eficiente no transporte de informação. Também foram observadas outras condições necessárias para que a rede investigada fosse considerada rede de mundo pequeno (WATTS, 1999)¹⁶, a saber: não dirigida, não ponderada, simples, esparsa e conectada (*i.e.* possui apenas um componente).

O fenômeno do mundo pequeno observado nestas redes semânticas significa que as palavras estão muito próximas em termos geodésicos. Pequenos valores implicam caminhos muito curtos entre as palavras pertencentes a um título das teses ou ao grupo de palavras-chave. O fenômeno do mundo pequeno (*small-world*) é observado em uma variedade de redes reais, há a presença de aglomeração (C “alto”) e presença de “atalhos” (L “pequenos”), sendo muito eficientes no intercâmbio de informação tanto em uma escala global, quanto em uma escala local.

As distribuições de graus das redes semânticas baseadas nos títulos das teses e palavras-chave utilizados nesta pesquisa apresentam comportamento semelhante, ou seja, seguem leis de potência de acordo com a probabilidade $P(k) \sim k^{-\gamma}$ ($\gamma = 1,52204$ e $R^2 = 0,74721$ para a RST e $\gamma = 1,69136$ e $R^2 = 0,83723$ para a RSPC). Estes resultados parecem justificar uma tendência das leis de potência neste tipo de redes semânticas. Resultados semelhantes da análise de textos podem ser encontrados em Caldeira e outros (2006)¹⁷ e Teixeira e outros (2010)¹⁸.

Figura 3. Distribuição de graus (RST)

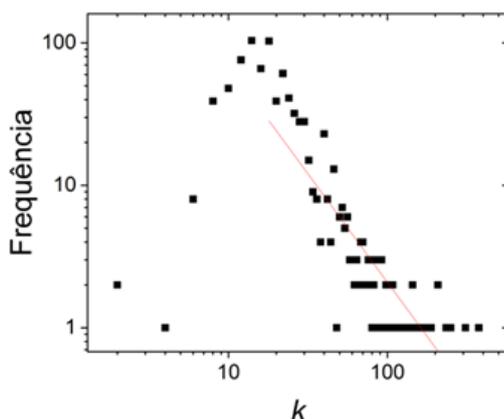
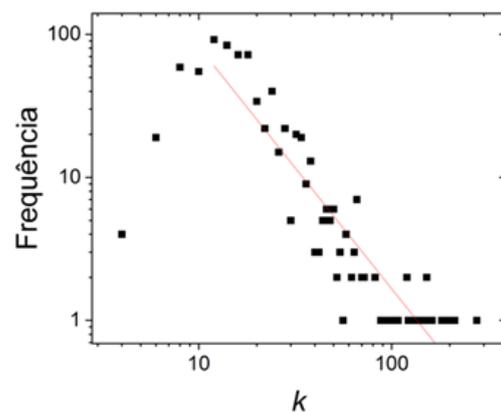


Figura 4. Distribuição de graus (RSPC)



Do ponto de vista da importância dos vértices de maior ocorrência por temas chave nos títulos e palavras-chave, observou-se que o vértice de maior centralidade de grau é “difusão do conhecimento” (CG da RST = 148; CG da RSPC = 117), seguido pelo vértice “conhecimento” (CG da RST = 114) e “análise cognitiva” (CG da RSPC = 91). É razoável afirmar que esse fato reflete a própria área de concentração do PPG, mostrando uma coerência sólida entre a proposta do programa e a área de 'Modelagem da Geração e Difusão do Conhecimento', além de alinhamento com suas linhas de pesquisa.

A centralidade de proximidade está relacionada com a distância total de um vértice em relação a todos os demais vértices do grafo (Freeman, 1979)¹⁶. Na rede de títulos e de palavras-chaves, os vértices de maior centralidade de proximidade são os termos mais próximos, mais centrais aos outros no conjunto de títulos de teses ou palavras-chaves. Nas redes investigadas, encontramos o seguinte: “difusão do conhecimento” (CP da RST = 0,488; CP da RSPC = 0,547), o que faz sentido, uma vez que estes vértices



SimBraRedes

III Simpósio Brasileiro de Teoria e Ciência de Redes

representam um tema central do PPG pesquisado, em consonância com suas linhas de pesquisas, a saber: Linha 01 – Construção do Conhecimento: Cognição, Linguagens e Informação; Linha 02 – Difusão do Conhecimento – Informação, Comunicação e Gestão; Linha 03 – Cultura e Conhecimento: Transversalidade, Interseccionalidade e (in) formação (UFBA, 2024a)¹.

Já a centralidade de intermediação mede quantos caminhos mais curtos entre todos os pares de vértices do grafo passam por um determinado vértice (Freeman, 1979)¹⁹. Este índice avalia a frequência de ocorrência de um determinado vértice entre pares de outros vértices em caminhos mais curtos que os conectam. Na rede de títulos, os vértices com maior centralidade de intermediação são “difusão do conhecimento” (CI = 41701) e “conhecimento” (CI = 30538) e na rede de palavras-chave são “difusão do conhecimento” (CI = 0,0122) e “análise cognitiva” (CI = 0,010). Estes vértices estabelecem pontes entre vários outros conceitos na rede.

Na rede de títulos foram observadas 17 comunidades com o índice de modularidade igual a 0,587 e na rede de palavras-chaves igual a 0,642, com 20 comunidades. Newman e Girvan (2004)²⁰ definem comunidades como grupos de vértices densamente conectados. Em redes semânticas, os vértices que compõem as comunidades formam grupos de palavras bem integrados ou semanticamente relacionados. Este fato também é observado em redes semânticas de cliques, mas, não necessariamente, as comunidades refletem as cliques, pois as justaposições e sobreposições entre as cliques aumentam a densidade das comunidades.

As cinco palavras da rede de títulos (RST) mais importantes em termo de centralidade de grau, em ordem decrescente por maiores comunidades (%), são: “processo”, “aprendizagem”, “ensino”, “relação” e “organização” (Comunidade 1); “Bahia”, “rede”, “educação”, “público” e “Brasil” (Comunidade 2); e, “modelo”, “sistema”, “escola”, “basear” e “aplicação” (Comunidade 3). Para a rede de palavras-chaves, em termos de centralidade de grau, em ordem decrescente, as cinco palavras mais importantes são: “análise cognitiva”, “social”, “cultura”, “tecnologia” e “análise do discurso” (Comunidade 1); “difusão do conhecimento”, “informação”, “sistema”, “política” e “candomblé” (Comunidade 2); e, “educação”, “complexidade”, “história”, “Bahia” e “desenvolvimento sustentável” (Comunidade 3), conforme apresentado nas figuras 7, 8 e 9, respectivamente. Observa-se que estas palavras, predominantemente, representam temas-chave, e as outras, apesar de conceitualmente não representarem a proposta do PPG investigado, possuem significados relevantes para um curso de doutorado.

Figura 5. Comunidade 1 (RSPC)

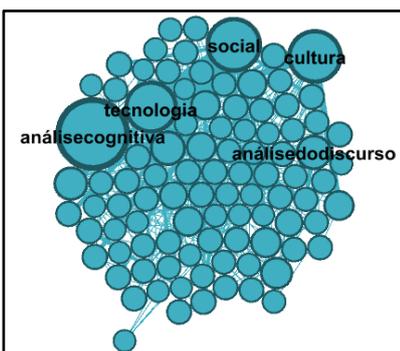


Figura 6. Comunidade 2 (RSPC)

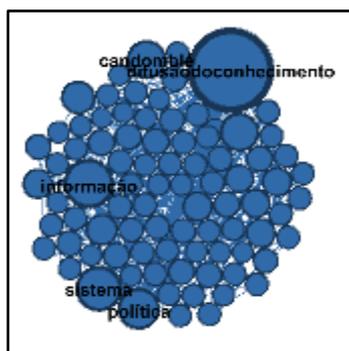
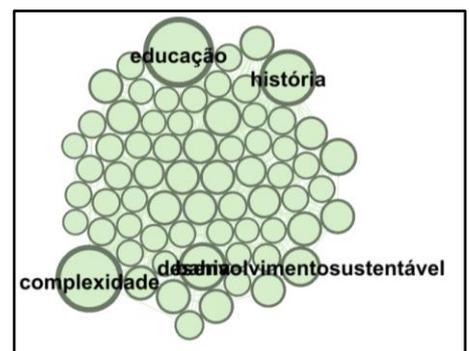


Figura 7. Comunidade 3 (RSPC)



Observamos que as palavras apresentadas nas principais comunidades possuem significados distintos, mas correlacionados entre si, e fazem parte do processo de “Modelagem da Geração e Difusão do Conhecimento”, área de concentração do PPG investigado, e estão em consonância com as suas linhas de pesquisa. A comunidade 1, 2 e 3 da RSPC (Figuras 5, 6 e 7), por exemplo, representam importantes núcleos semânticos do PPG investigado e sugere que seus conceitos são importantes na promoção da interdisciplinaridade no âmbito do Programa.

Destacamos que, embora o título do doutorado do PPG investigado (Doutorado em Difusão do Conhecimento) explicita “difusão do conhecimento”, os estudos que vêm sendo desenvolvidos pelos grupos e pesquisadores que trabalham com este objeto têm levantado elementos para o argumento de que nos processos de difusão estão embutidos aqueles de geração e construção do conhecimento, sendo imprescindível o entendimento de como comunidades científicas, tecnológicas e outras produzem e



SimBraRedes

III Simpósio Brasileiro de Teoria
e Ciência de Redes

compartilham o conhecimento, com vistas ao aprofundamento dos estudos sobre transdução, transferência, (re)apropriação, transformação, (re)construção do conhecimento que se pretende difundir. (UFBA, 2024c).¹¹

Neste estudo, modelamos redes semânticas que possuem topologias de mundo pequeno e livre de escala. Nas redes livres de escala, poucas entidades aglomeram muitas outras entidades e muitas entidades relacionam-se com poucas outras entidades. O modelo Erdős-Reny(1960)²¹ não dá conta deste tipo de distribuição. O modelo Watts-Strogatz (1998)¹⁵ não leva em consideração essa importante propriedade. No modelo Barabási & Albert (2016)²² redes reais são governadas por: crescimento (*insight* inicial) e adesão preferencial. Na rede livre de escala (ou sem escala) temos: invariância de escala – “leis de potência tem a propriedade de ter a mesma forma funcional em todas as escalas”, segundo Boccaletti e outros (2006, p. 188)²³; não apresenta uma característica típica; relação com a transição de fase e fractais; e, a quantidade de nós cresce continuamente. Redes aleatórias têm escala: graus são comparáveis (graus médios servem de escala). Redes livres de escala carecem de escala: quando escolhemos um vértice, não sabemos o que esperar.

O comportamento de "mundo pequeno" é caracterizado por muitas conexões e pela presença de alguns nós com alto grau de agrupamento local. Em redes semânticas, isso significa que certas palavras são frequentemente reutilizadas ao longo do texto, resultando em baixos valores de D e L. Por outro lado, o comportamento "livre de escala" é observado pela existência de nós com um alto grau de conectividade em uma quantidade significativamente maior do que em grafos aleatórios. As palavras mais conectadas geralmente correspondem a conceitos centrais que estruturam o texto.

Sobre a distribuição de graus das redes livres de escala, é altamente heterogênea. Redes que têm sua distribuição de conectividade regida por uma lei de potência, na forma $P(k) \sim k^{-\gamma}$, onde há poucos vértices ligados a muitos outros vértices e muitos vértices ligados a poucos outros vértices. A probabilidade do novo vértice i conectar-se a um vértice j existente é proporcional ao grau de j . Tem-se o paradigma: “O rico fica mais rico”⁴, onde a probabilidade de conexão depende da preeminência de cada vértice existente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa propôs uma discussão sobre a utilização de uma rede semântica baseada nas teses de um programa de pós-graduação (PPG) como método para analisar a eficiência de difusão de informações em um doutorado de uma área interdisciplinar.

A interdisciplinaridade se caracteriza como espaço privilegiado, em virtude de sua própria natureza transversal, indicada em seu prefixo, para avançar além das fronteiras disciplinares, articulando, transpondo e gerando conceitos, teorias e métodos, ultrapassando os limites do conhecimento disciplinar e dele se distinguindo, por estabelecer pontes entre diferentes níveis de realidade, lógicas e formas de produção do conhecimento. Para tanto, torna-se indispensável o frequente diálogo entre suas subáreas e as demais áreas disciplinares.

Nesse diapasão, investigamos a estrutura topológica, discutimos as propriedades das redes e apresentamos algumas reflexões sobre como o uso de modelos de redes sociais e complexas pode contribuir para a difusão do conhecimento em uma área interdisciplinar.

Discutimos um método para analisar redes semânticas baseado em títulos de teses e em palavras-chave. Modelamos redes semânticas que possuem topologias de mundo pequeno e sem escala. Examinamos a associação entre teses e seus títulos e suas palavras-chave. Observamos que medidas multidisciplinares estão relacionadas a índices de redes semânticas.

Demonstrou-se que a análise de redes sociais e a teoria de redes complexas são ferramentas convenientes para o estudo de redes semânticas. Estas ferramentas podem contribuir para a difusão do conhecimento através de uma melhor percepção do grau de convergência entre a proposta de aprendizagem do PPG, sua área de concentração e linhas de pesquisa, e o executado pelo Programa, visando um melhor desempenho acadêmico dos doutorandos e êxito do PPG na Avaliação Quadrienal da CAPES, com impacto na gestão pedagógica e curricular do PPG.

Restou evidente que as redes semânticas possibilitam avaliar a capacidade de difusão de conhecimento científico e adesão a um campo interdisciplinar com base em títulos de teses e palavras-chave.

Esperamos que esta pesquisa contribua para a elaboração de outros estudos baseado na análise de redes sociais e a teoria de redes complexas capazes de apoiar o planejamento, gestão e avaliação de programas de pós-graduação localizados na área interdisciplinar, conforme os critérios e requisitos da CAPES.

⁴ “Pois a quem tem, mais será dado, e terá em grande quantidade. Mas a quem não tem, até o que tem lhe será tirado”. (BÍBLIA, 2023).



Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação Multi-Institucional em Difusão do Conhecimento (PPGDC), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao meu Orientador no doutorado do PPGDC, Prof^o Francisco José Aragão Pedroza Cunha, e ao Prof^o Hernane Borges de Barros Pereira (PPGDC), por apresentar a análise de redes sociais como “aliadas” de minha jornada acadêmica.

REFERÊNCIAS

- ¹ UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA). Programa de pós-graduação multi-institucional em Difusão do Conhecimento (PPGDC). **Regimento Interno**. https://www.difusao.dmmdc.ufba.br/sites/difusao.dmmdc.ufba.br/files/regimento_colegiado_ppgdc-_versao_final_2023.docx_.pdf. Disponível em: Acesso em: 10 mai. 2024. [2024a].
- ² COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. Portaria nº 122, de 5 de agosto de 2021. **Consolida os parâmetros e os procedimentos gerais da Avaliação Quadrienal de Permanência da pós-graduação stricto sensu no Brasil**. Disponível em: <http://cad.capes.gov.br/ato-administrativo-detallar?idAtoAdmElastic=6742>. Acesso em: 18 mai. 2024. [2021]
- ³ AMARAL, L. A. N., OTTINO, J. M. **Complex networks**. Augmenting the framework for the study of complex systems. *Eur. Phys. J. B* 38, 147–162, 2004.
- ⁴ BARABASI, A. L. AND ALBERT, R. (1999a). **Emergence of scaling in random networks**. *Science*, p. 286-509.
- ⁵ GRILO, M.; FADIGAS, I.S.; MIRANDA, J.G.V.; CUNHA, M.V.; MONTEIRO, R.L.S.; PEREIRA, H.B.B. **Robustness in semantic networks based on cliques**. *Physica. A (Print)*, v. 472, p. 94-102, 2017.
- ⁶ FADIGAS, I. S., Henrique, T., Pereira, H. B. B., Senna, V. e Moret, M. (2009). **Análise de redes semânticas baseada em títulos de artigos de periódicos científicos: o caso dos periódicos de divulgação em educação matemática**. In *Educação Matemática Pesquisa*. 11(1):167-193.
- ⁷ PEREIRA, H. B. B. Fadigas, I., Senna, V. e Moret, M. (2011). **Semantic networks based on titles of scientific papers**. In *Physica A. Statistical Mechanics and its Applications*, 390(6):1192-1197.
- ⁸ HENRIQUE, T., Fadigas, I S., Rosa, M. G. e Pereira, H. B. B. (2014). **Mathematics education semantic networks**. In *Social Network Analysts and Mining*, 4:200.
- ⁹ FADIGAS, I. S. E PEREIRA, H. B. B. (2013). **A network approach based on cliques**. In *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 392(10):2576 – 2587.
- ¹⁰ GROSS, J. T.; YELLEN, J. **Graph Theory and its Applications**. Boca Raton: CRC Press, 1999.
- ¹¹ UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA). Programa de pós-graduação multi-institucional em Difusão do Conhecimento (PPGDC). **Área de Concentração**. Disponível em: <https://www.difusao.dmmdc.ufba.br/pt-br/areas-de-concentração>. [2024c]. Acesso em: 16 jun. 2024.
- ¹² UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA). Programa de pós-graduação multi-institucional em Difusão do Conhecimento (PPGDC). **Repositório Institucional**. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/6634>. [2024x] Acesso em: 18 mai. 2024. [2024d].
- ¹³ ANDRADE, Júlia Carvalho et al. **Interdisciplinaridade e teoria de redes: rede semântica de cliques baseada em ementas**. In: *Brazilian Workshop On Social Network*.
- ¹⁴ PEREIRA, H. B. B. **Redes Sociais e Complexas: Aplicações em Difusão do Conhecimento**. *Academia de Ciências da Bahia: Memória*, v. 3, p. 39-47, 2013
- ¹ FREITAS, Leandro Quintanilha de. **Medidas de centralidade em grafos**. 2010. 111 f. il. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção.) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/LeandroQuintanilhaDeFreitas.pdf. Acesso em: 18 mai. 2024.
- ¹⁵ WATTS, D. J. e Strogatz, S. H. (1998). **Collective dynamics of small-world networks**. In *Nature*, 393(4):440-442
- ¹⁶ WATTS, D. J. (1999) **"Small Worlds: The dynamics of Networks between Order and Randomness"**, Princeton University Press, New Jersey.
- ¹⁷ SMG Caldeira , TCP Lobão , RFS Andrade , A. Neme , JGV Miranda. *EUR. Física. JB* , 49 (2006) , p. 523
- ¹⁸ GM Teixeira , MSF Aguiar , CF Carvalho , DR Dantas , MV Cunha , JHM Moraes , HBB Pereira , JGV Miranda. **Internacional J.Mod. Física. C** , 21 (2010) , pág. 333.
- ¹⁹ FREEMAN, L. C. (1979). **Cessary in Social Networks Conceptual clarification**. In *Social Network*, 1(3)215-139.
- ²⁰ NEWMAN, M. E. J. e Girvan, M. (2004). **Finding and evaluating community structure in networks**. In *Phys. Rev. E.* 69(2):026113.
- ²¹ ERDÖS, P. & RÉNYI, A. 1960, **"On the evolution of random graphs"**, *Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences* no. 5, pp. 17-61.
- ²² BARABÁSI, A. L. **Network Science**. Cambridge University Press, Cambridge, 2016.



SimBraRedes

III Simpósio Brasileiro de Teoria
e Ciência de Redes

²³ BOCCALETTI, S., Latora, V., Moreno, Y., Chavez, M., & Hwang, D.-U. **Complex networks**: Structure and dynamics. *Physics Reports*, vol. 424, 2006, p. 175-308.

²⁴ BÍBLIA. Mateus. In: **Bíblia Sagrada**. Tradução de Fernando. 3ª Edição. Rio de Janeiro - RJ: Editora NVI, 2023.