



Estudo e Análise Bibliométrica dos Pesquisadores Brasileiros que Atuam com Métodos Computacionais

Thiago Magela Rodrigues Dias

Gray Farias Moita

Patrícia Mascarenhas Dias

thiago@div.cefetmg.br

gray@dppg.cefetmg.br

patriciamdias@gmail.com

CEFET-MG – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Resumo. *Os estudos bibliométricos e cientométricos tem proporcionado diversos resultados que visam quantificar a produção científica de uma determinada área. Tais estudos possibilitam identificar como ocorre a colaboração científica, quais temas tem sido investigados com maior frequência, quem são os principais elementos do grupo em análise, além de como e onde estão concentrados os pesquisadores. Como resultado destes estudos indicativos que visam auxiliar a tomada de decisão sobre onde aplicar recursos para impulsionar as pesquisas ou mesmo como são realizadas as pesquisas por grupos de excelência são obtidos. Logo, tais estudos tem tido crescente interesse por agências de fomento para tomada de decisão na distribuição de seus recursos, por instituições de ensino para maximizar a sua produção científica ou mesmo por pesquisadores que objetivam aumentar sua produtividade e sua rede de colaboração. Porém, realizar tais análises se torna uma tarefa complexa tendo em vista a dificuldade em agrupar dados bibliométricos dispostos em repositórios com formatos distintos e ainda devido à dificuldade de se analisar grandes redes de colaboração, já que os algoritmos para este tipo de análise em sua maioria possuem alto custo computacional. Este trabalho, propõe uma análise da rede de pesquisadores brasileiros que atuam com métodos computacionais, tendo como principal fonte de informação, dados extraídos de repositórios bibliográficos e de dados curriculares. Para isso, técnicas de recuperação de informação para aquisição dos dados e métricas bibliométricas são utilizadas. Como resultado é possível traçar um retrato do conjunto de pesquisadores atuantes em métodos computacionais no Brasil, com informações inéditas de como ocorre a colaboração científica e qual o perfil dos pesquisadores analisados.*

Palavras-chave: *Análise de Redes, Temas de Pesquisa, Repositório de dados Científicos*

1 INTRODUÇÃO

Grafos, ou redes, são poderosas ferramentas de abstrações que permitem codificar relacionamentos entre pares de objetos, nos quais vértices representam os objetos e arestas os relacionamentos. Em alguns casos os vértices e as arestas correspondem a objetos físicos do mundo real, em outros, os vértices são objetos reais enquanto as arestas correspondem a relacionamentos intangíveis, e ainda existem casos em que vértices e arestas são puras abstrações. Em redes de transporte, por exemplo, o mapa de rotas utilizado por uma transportadora aérea naturalmente forma um grafo, onde os vértices são os aeroportos, e existe uma aresta entre dois vértices se há um voo direto entre dois aeroportos. Já em redes de comunicação, um conjunto de computadores conectados através de uma rede de comunicação pode ser modelado como um grafo, onde cada vértice representa um computador e arestas representam conexões físicas entre eles (Kleinberg e Tardos, 2006).

Dentre os vários tipos de redes que podem ser identificadas, existem as redes sociais. Uma rede social pode ser considerada como um conjunto de pessoas ou grupos de pessoas que possuem algum tipo de relacionamento entre si (Newman, 2001).

Em Freire (2010), é descrito que relacionamentos entre pessoas podem ser de amizade, de parentesco ou de colaboração (por exemplo, coautores em um artigo). Em uma rede social de amizade, o relacionamento entre duas pessoas pode representar uma amizade entre elas. Em uma rede de parentesco, relacionamentos entre pessoas podem indicar que as duas pessoas pertencem à mesma família.

Já uma rede de colaboração científica pode ser considerada como uma rede onde os vértices são os autores de publicações ou artigos científicos, e existe uma aresta entre dois autores se eles publicaram juntos, ou seja, colaboraram na produção de um artigo científico (Newman, 2004 (a)).

Para Freire (2010), redes de colaboração são diferentes de redes de citação, nas quais os nós são documentos e as arestas existem se uma publicação citou a outra. A intensidade dos relacionamentos entre os pesquisadores pode ser medida pelo número total de publicações em conjunto, por exemplo, adicionando peso 1 (um) à aresta para cada publicação feita por um par de autores. Assim, quanto mais publicações estes dois autores tiverem em conjunto, maior será a intensidade do relacionamento, ou peso da aresta.

Ao analisar uma rede de colaboração pode-se descobrir muitas propriedades topológicas da rede, como o número de autores, o número de publicações, o número de colaboradores por artigo, a probabilidade de dois autores terem um colaborador em comum, o menor caminho entre os dois autores mais distantes da rede e o número de componentes conexas. Também é possível identificar outras características importantes que tornam possível o ranqueamento de pesquisadores de acordo com sua importância para um grupo de pesquisa, país ou mundo, ou identificar quais grupos de indivíduos de uma rede são mais importantes (Newman, 2001; Newman, 2004 (a); Wagner e Leydesdorff, 2005).

Neste trabalho, a motivação principal é identificar os pesquisadores brasileiros que tenham trabalhado com Métodos Computacionais e a partir de seus dados curriculares extraídos da Plataforma Lattes, realizar análises bibliométricas para compreender como este conjunto de pesquisadores tem trabalhado ao longo dos anos e ainda caracterizar pela análise de suas publicações redes de colaboração científica, onde em análise a cada um dos trabalhos científicos de pesquisadores (nós), identificar vínculos (arestas), caracterizando dessa forma

uma rede, para que dessa forma com o auxílio de técnicas de análise de redes sociais seja possível obter uma visão sobre como este grupo tem colaborado e publicado em conjunto.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

As redes de coautoria de uma comunidade podem revelar fatos interessantes sobre os elementos que as compõem, como os grupos que colaboram melhor, a intensidade das relações entre autores ou autores que trabalham com um maior grau de colaboração. Neste tipo de rede os autores são os vértices da rede e as arestas são caracterizadas quando autores realizam trabalhos em colaboração. O estudo de redes de coautoria, também pode ser usado para comparar os padrões de colaboração entre diferentes comunidades científicas.

Redes de colaboração começaram a ser estudadas na Espanha e nos Estados Unidos na tentativa de formar relações de cooperação científica em formato de rede, a partir de indivíduos, grupos e instituições, nacionalmente ou internacionalmente (Oliveira et. al, 2009).

Uma das redes de colaboração antigas, que ainda hoje é referência na área acadêmica, é a rede de colaboração do grande matemático húngaro Paul Erdős. Através dela, obtém-se o número de Erdős de cada pesquisador (Grossman e Ion, 2008). O número de Erdős representa a distância de colaboração entre uma pessoa e Paul Erdős, medida pela autoria de trabalhos acadêmicos. Para ser atribuído um número de Erdős, um co-autor deve escrever um documento acadêmico com um autor que possua um número finito de Erdős. Paul Erdős é a única pessoa que tem um número de Erdős igual a zero. Para qualquer outro autor, se o menor número de Erdős de todos os seus colaboradores é k , então seu número de Erdős é $k + 1$.

De acordo com Grossman e Ion (2008, Erdős escreveu mais de 1.416 artigos científicos, principalmente em colaboração. Ele tinha 504 colaboradores diretos. Estas são as pessoas com número de Erdős igual 1. Os autores que têm colaborado com eles (mas não com o próprio Erdős) têm um número de Erdős 2 (6.593 pessoas), aqueles que têm colaborado com as pessoas que têm um número de Erdős 2 (mas não com Erdős ou com qualquer um que possua um número de Erdős 1) têm um número de Erdős igual a 3 (33.605 autores), e assim por diante. Uma pessoa que não tem um caminho até Erdős na rede de colaboração tem um número de Erdős infinito.

Em Newman (2004 (b)), o autor utilizando redes com pesquisadores das áreas de biologia, física e matemática e procurando responder à uma variedade de questões sobre os padrões de colaboração, encontrou vários resultados através dos estudos dessas redes. Dentre eles, constatou que o número de colaboradores na rede de pesquisadores da área de biologia é muito maior que na de matemática devido ao modo de pesquisa (biologia trabalha com experimentos em laboratórios com muitas pessoas, e a matemática é mais teórica, trabalhando poucas pessoas em uma pesquisa). Concluiu, também, que nos últimos anos tem crescido o número de colaborações entre os matemáticos devido às mudanças das organizações sociais na comunidade matemática, ao surgimento de melhores sistemas de comunicação, e às possíveis mudanças nos tipos de problemas estudados e abordagens utilizadas.

Em (Menezes et. al, 2011), os autores analisaram a produção científica em três regiões diferentes do mundo, Brasil, América do Norte e Europa, por meio de redes de colaboração obtidas a partir de uma base de dados de publicações em Ciência da Computação, a DBLP. Os resultados obtidos por diferentes métricas indicam que o processo de produção do conhecimento tem mudado diferentemente em cada região. A pesquisa é cada vez mais feita

em colaboração nas diferentes sub-áreas da Ciência da Computação. O tamanho da componente conexa gigante indica a existência de grupos de colaboração isolados na rede Europeia, ao contrário do grau de conectividade encontrado no Brasil e na América do Norte. Também foi analisada a evolução temporal das redes sociais que representam as três regiões. O número de autores por artigo aumentou em um período de 12 anos. Observou-se que o número de colaborações entre os autores cresce mais rápido que o número de autores.

Em Newman (2004 (a)), o autor abordou métricas para medir a intensidade do relacionamento nas redes de colaboração científica. Esta intensidade é representada através de peso nas arestas da rede de colaboração. Primeiramente mostrou-se uma métrica simples que consiste em adicionar peso 1 a uma aresta para cada artigo que um par de autores possui em conjunto. Ou seja, o peso da aresta corresponde ao número de artigos que dois autores escreveram juntos.

No mesmo trabalho em questão, Newman introduziu uma nova métrica para medir a intensidade do relacionamento em redes de colaboração científicas, daqui para frente chamada de Métrica de Newman. Ela funciona da seguinte maneira: cada artigo colaborado por um conjunto de autores adiciona $1/n-1$ à intensidade da colaboração, ou seja, ao peso da aresta, onde n é o número de autores do artigo.

No trabalho de Dias et al. (2013) os autores analisaram a rede de colaboração científica dos participantes dos Congressos Ibero Latino Americano de Métodos Computacionais em Engenharia (CILAMCE). No estudo foram utilizados extratores para coletar a lista de autores dos artigos publicados nas edições do congresso e posteriormente foram extraídos dados dos currículos Lattes de todos os autores. Cada publicação de um determinado autor foi analisada e caso esta publicação tenha sido realizada em conjunto com outro autor que compõem o conjunto de pesquisadores selecionados, uma aresta era caracterizada para este par de autores. Consequentemente uma rede pode ser modelada que corresponde a rede de colaboração do CILAMCE. Figura 1.

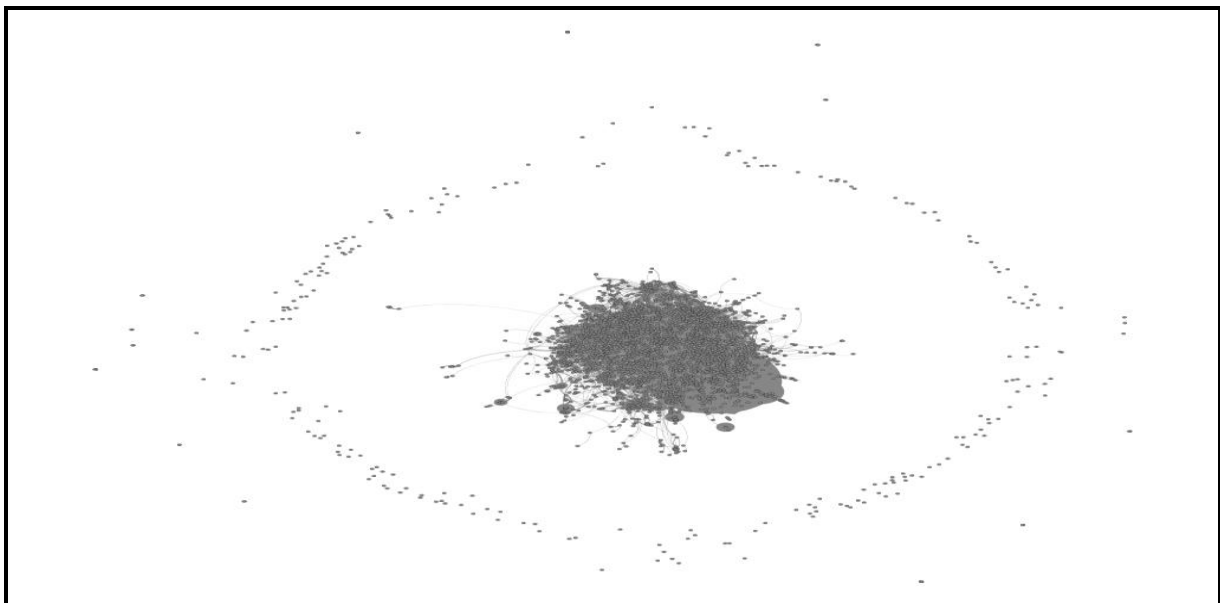


Figura 1. Rede de autores de artigos publicados nos CILAMCE

Foi possível verificar que a rede possui um número de autores isolados, o que caracteriza

trabalhos que foram produzidos de forma individual ou em parceria com outros autores que não estão cadastrados na plataforma por algum motivo, tendo em vista que a rede foi gerada somente com autores com currículos Lattes cadastrados. No entanto, existe um alto grau de concentração entre os currículos que são caracterizados por vínculos entre os nós. Diversos trabalhos possuem vários autores e de diferentes instituições proporcionando colaboração não só entre pesquisadores, mas também entre instituições e grupos de pesquisa. A média de autores por artigo é de 2.80 o que faz a rede se tornar bem conectada com o passar dos anos. Em 1999 a média de autores por artigo era de 2.08.

No mesmo trabalho, ainda foi possível identificar grupos fortemente conectados que em sua maioria são pesquisadores pertencentes a um grupo de pesquisa ou mesma instituição. Na rede analisada existiam 6 autores com mais de 60 colaboradores. Estes autores, são em sua maioria Doutores com titulação a mais de 10 anos, com sequência de publicações no CILAMCE e possuem orientações de Mestrado e Doutorado concluídos. Além disso, dos 6 autores citados somente 1 não estava vinculado a UFRJ e não tinha como formação Engenharia Civil. Importante ainda destacar que 4 desses autores são bolsistas de produtividade do CNPq e que juntos são responsáveis por um total de 139 artigos publicados em todas as edições do CILAMCE. O autor com maior grau (70) possui um total de 27 artigos no evento, sendo um único artigo com 10 co-autores.

Para o presente trabalho, foram utilizadas algumas métricas de análise de redes sociais para entendimento da estrutura e comportamento da rede, como grau dos vértices, caminhos mínimos e agrupamentos, além do processo para extração e identificação de colaboração científica. Como um dos objetivos é de se entender a estrutura e padrão de colaboração, os vínculos (arestas) foram gerados sem avaliar pesos, ou seja, identificada uma colaboração, esta não irá depender do número de trabalhos que este par de pesquisador possui em conjunto. Além disso são calculadas métricas bibliométricas que irão permitir obter uma visão sobre a influencia do conjunto analisado, sendo considerado quantidade de publicação, perfil destas publicações, orientações e distribuição dos pesquisadores brasileiros que tem trabalhado ou que já trabalharam em algum momento com Métodos Computacionais.

3 OBTENÇÃO DOS DADOS E CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE COLABORAÇÃO

Para a análise bibliométrica e caracterização das redes de colaboração foram utilizados os dados curriculares da Plataforma Lattes como principal fonte de informação. A Plataforma Lattes, criada em 1997 pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) com a participação do Grupo Stela do PPGE/UFSC, tornou-se grande conhecida da comunidade científica e tecnológica tanto no Brasil quanto em outros países americanos e europeus. Essa plataforma foi criada com o objetivo de integrar os sistemas de informação das agências federais, concentrando o processo de gestão de Ciência e Tecnologia (C&T), tanto do ponto de vista do usuário quanto das agências de fomento e das instituições de ensino e pesquisa. O principal componente da plataforma é o currículo Lattes. Atualmente o sistema de currículos Lattes armazena cerca de 4.350.000 currículos (09/2015) de docentes, estudantes, pesquisadores e profissionais de diversas áreas do conhecimento com atuação em ciência, tecnologia e inovação. Diversos trabalhos tem explorado os currículos Lattes como principal fonte de dados (Dias e Moita, 2015; Digiampietri et al, 2012).

Todo o processo de extração é realizado pelo framework proposto por Dias et al. (2014). Figura 2. Esse framework é responsável por realizar a extração de toda a base de currículos Lattes ou de grupos específicos, sendo que, na última opção se faz necessário informar o conjunto de currículos a serem extraídos.

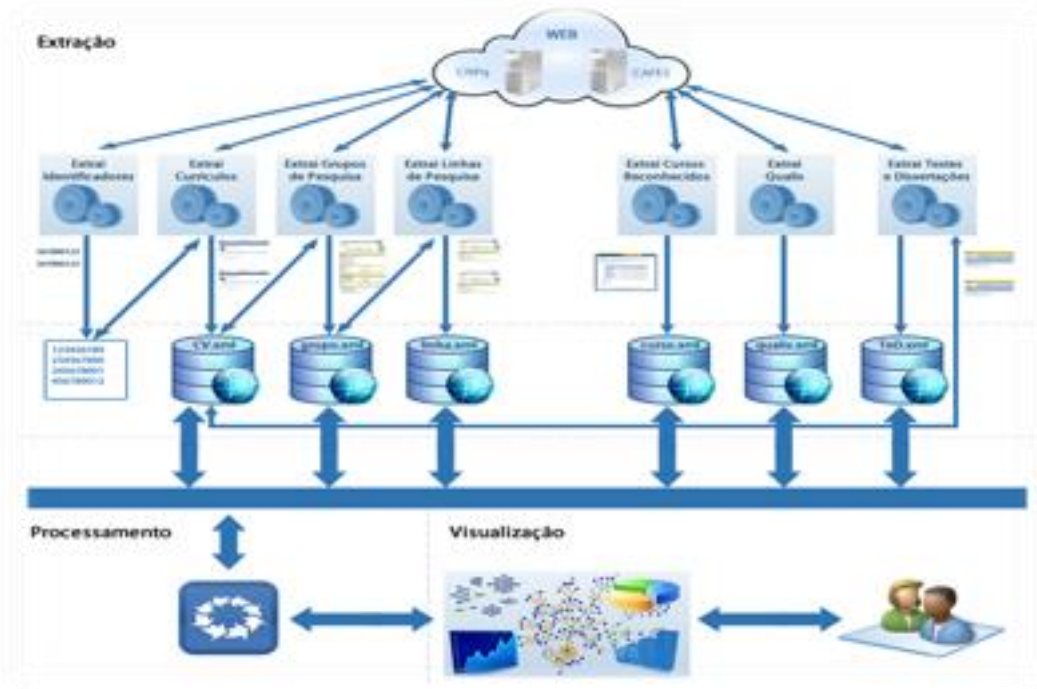


Figura 2: Framework para extração de dados da Plataforma Lattes (Dias et al., 2014)

O processo de aquisição dos currículos inicia-se com uma requisição do extrator que faz a extração da lista dos identificadores dos usuários que possuem currículos cadastrados na plataforma. A lista gerada é armazenada em arquivo para posterior utilização do extrator de currículos. É importante ressaltar que a requisição retorna uma listagem com os identificadores dos currículos por ordem de atualização, sendo os primeiros registros aqueles com maior tempo de atualização e os últimos são os currículos mais recentemente atualizados e cadastrados. De posse do arquivo com a listagem atualizada contendo todos os identificadores dos currículos, o extrator de currículos permite selecionar uma quantidade de currículos a serem extraídos, extrair os currículos a partir de uma determinada data de atualização, ou todo o repositório. Todos os currículos são armazenados em disco um a um até o fim da listagem enviada ao extrator. Para o armazenamento, alguns elementos não necessários para a análise dos currículos como foto e imagens como da bandeira do país de origem dos integrantes são ignoradas. A extração dos currículos é eficiente e permite por exemplo, que o processo seja interrompido e retomado de qualquer parte da lista de identificadores.

Após são utilizados uma série de algoritmos que transformam os dados extraídos dos currículos Lattes em formato estruturado que visa facilitar o uso destes em outras etapas da arquitetura. Ainda no módulo de transformação, algoritmos são responsáveis por gerar consultas e análises dos currículos. É possível ainda visualizar todos os currículos como um grande grafo ou gerar redes específicas a partir de termos que são informados pelos usuários e localizados nos currículos.

Para este trabalho podem ser utilizados vários elementos contidos nesta etapa de transformação, como trabalhos publicados em anais de congressos, artigos publicados em revistas e periódicos, orientações, organização de eventos, local e instituição em que o pesquisador atua, entre outros. Esta etapa também é responsável por fazer cálculos de algumas métricas e gerar redes específicas de pesquisadores. Ainda são gerados arquivos padronizados que podem ser importados por ferramentas de visualização de grafos. Todos os resultados são enviados para a etapa de visualização, que é responsável pela interação entre toda a arquitetura e o usuário final.

Diante disso, após a extração de todo o conjunto de currículos pelo *framework* foram realizadas consultas com o termo “Métodos Computacionais”. Todos os currículos que em alguma de suas seções continham o termo pesquisado foram agrupados em um conjunto para serem analisados.

4 RESULTADOS

Do conjunto global de currículos Lattes analisados (4.156.635), um total de 2.788 currículos possuem o termo Métodos Computacionais em algumas de suas seções. A grande maioria dos termos encontrados na seção de “Linhas de Pesquisa” e em disciplinas ministradas consequentemente. O conjunto se caracteriza por possuir em sua maioria trabalhos publicados em anais de congresso e artigos em periódicos, no entanto também é possível verificar um grande percentual de produções técnicas. Tabela 1.

Tabela 1: Produção do grupo de pesquisadores em Métodos Computacionais

Artigos em Periódicos	116.102
Artigos em Anais de Congressos	42.331
Demais Produção Técnica	14.288
Trabalhos Técnicos	12.775
Capítulos de Livros	4.827
Outras Produções Bibliográficas	4.313
Demais Trabalhos	3.639
Textos em Jornais e Revistas	2.901
Livros	2.020

Conforme apresentado o percentual de publicações de artigos em anais de congresso, seguido das publicações em periódicos segue um padrão nacional. No entanto, destaca-se a produção técnica do conjunto analisado. Um dos principais fatores que justifica a alta taxa de trabalhos técnicos do conjunto se deve ao fato da área de atuação dos pesquisadores. A grande maioria dos pesquisadores estão concentrados em duas grandes áreas principais, sendo elas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias. As grandes áreas e áreas de cada pesquisador foram extraídas da seção “Área de Atuação”, e como podem ser registradas mais de uma área em cada currículo, o primeiro registro foi considerado. Figura 2.

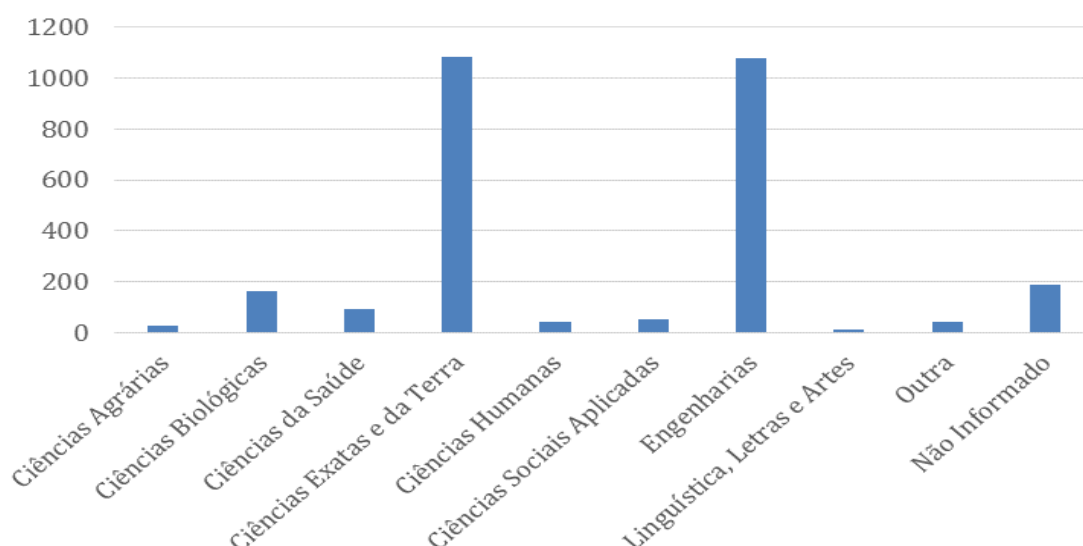


Figura 3: Distribuição por grande área dos pesquisadores

Como pode ser observado a maioria das grandes áreas possuem baixa quantidade de pesquisadores o que significa que em geral, poucos pesquisadores que atuam fora das áreas de exatas e engenharias tem utilizado métodos computacionais em seus trabalhos. Uma investigação a fim de verificar a presença de pesquisadores de outras áreas foi realizada e como resultado foi identificado que a maioria destes, utilizaram métodos computacionais em pesquisas em algum momento de suas carreiras já que a maior parte dos termos aparecem nas palavras chave de suas publicações. Analisando as maiores grandes áreas, percebe-se grande tendência de pesquisadores de áreas em específico, com destaque para Engenharia Civil e Ciência da Computação. Figura 4.

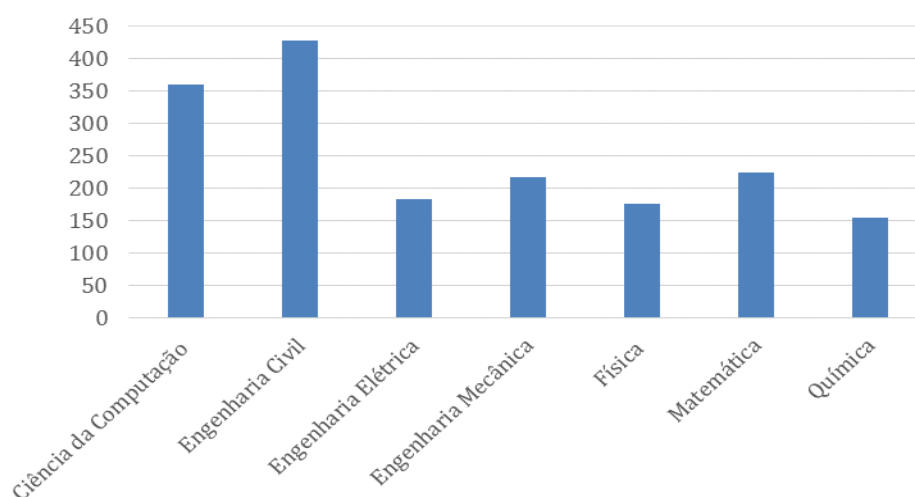


Figura 4: Áreas com a maior quantidade de pesquisadores

Além das áreas de atuação uma informação importante se diz respeito ao nível de formação dos pesquisadores. Em sua maioria possui alto grau de capacitação. Uma pequena quantidade de pesquisadores não informaram nível de formação concluído por ainda estar em processo de formação nos níveis iniciais, no entanto, um alto percentual com doutorado concluído (62%). Figura 5.

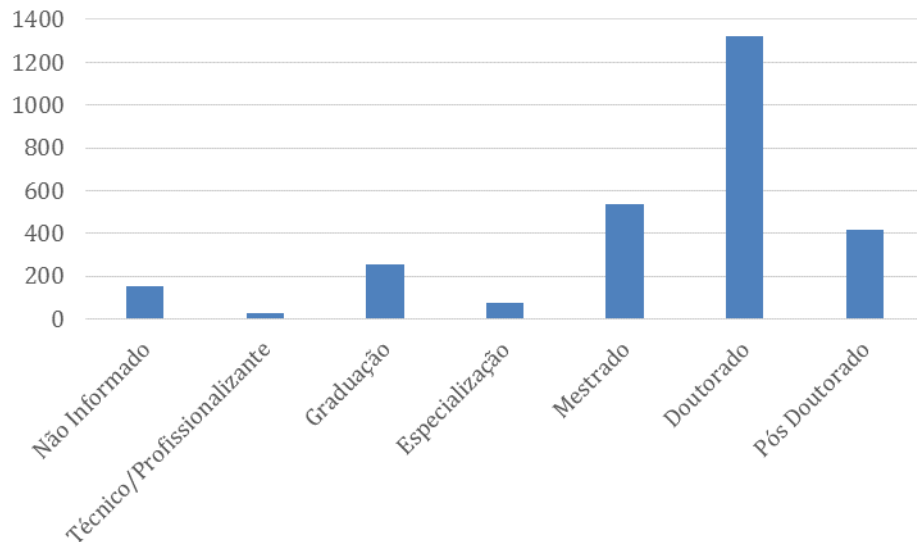


Figura 5: Maior nível de formação concluído dos pesquisadores

Esta alto nível de formação da grande maioria dos pesquisadores do conjunto analisado influencia diretamente na capacidade de publicação. Pesquisadores com maiores níveis de formação tendem a ser mais produtivos já que possuem elevada experiência o que resulta em maior qualidade em suas pesquisas. Em análise da produção científica do conjunto analisado, percebe-se que ao longo dos anos a quantidade de publicações cresceu de forma substancial, tanto para artigos em anais de congresso como também artigos em periódicos. Figura 6.

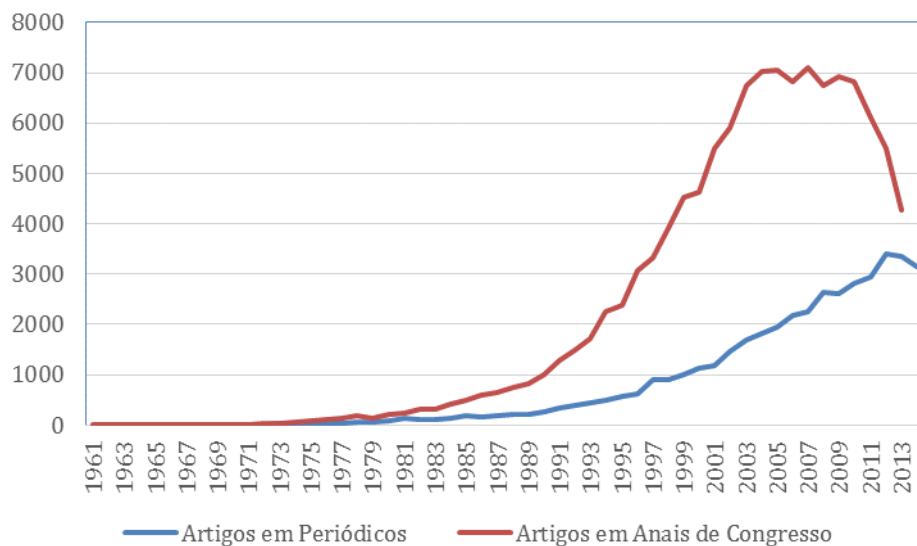


Figura 6: Evolução da produção científica

Como pode ser observado, apesar da produção científica ter um crescimento exponencial a partir do final da década de 80, um fato que merece destaque é a queda considerável, principalmente nos artigos publicados em anais de congresso a partir de 2010. Esta queda se estende pelos anos posteriores e segue um padrão similar ao que vem acontecendo com toda a produção científica brasileira em todas as áreas do conhecimento.

Um ponto a considerar é com relação a colaboração entre pesquisadores e consequentemente seus grupos de pesquisa, que poderiam estar trabalhando cada vez mais de forma isolada, e dessa forma não estarem conseguindo ser tão produtivos. Porém, ao contrário de tal situação, a produção científica do conjunto analisado tem sido realizada cada vez mais em colaboração. Figura 7.

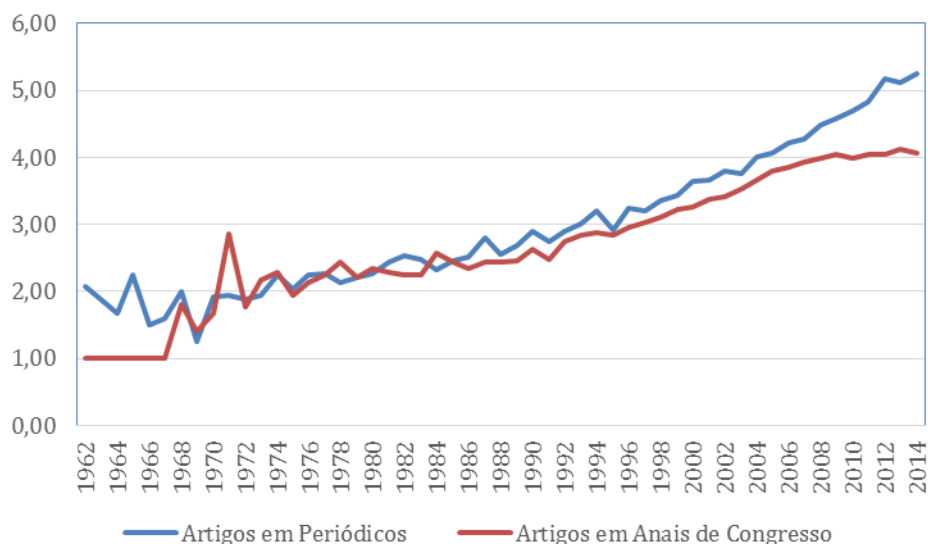


Figura 7: Média de autores por artigo publicado

Como pode ser visualizado a média de autores em artigo publicados em anais de congresso é superior a de artigo em periódicos. A partir da década de 90 a colaboração começou a ser feita cada vez com mais intensidade, e ao contrário do que aconteceu no número de publicações, a colaboração continua aumentando. Ou seja, apesar de se produzir cada vez mais em colaboração, a quantidade de trabalhos publicados é cada vez menor.

Quando se trabalha com colaboração científica, é possível caracterizar redes que possibilitam obter uma visão de como os elementos do conjunto analisado estão conectados. Os primeiros trabalhos realizados em colaboração por membros do grupo são do ano de 1975, estes publicados na XVII Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural / V Simpósio Panamericano de Estruturas e no COBEM – 1975. Os currículos possuem como endereço profissional atual dos pesquisadores, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (3 pesquisadores) e um pesquisador vinculado ao Laboratório Nacional de Computação Científica.

Conforme mencionado a colaboração científica vem aumentando nos últimos anos e entre os anos de 1976 e 1985 foram 627 colaborações entre o grupo analisado, aumentando para 4.384 entre os anos 1986 e 1995, 24.178 entre 1996 e 2005, e consequentemente 76.602 colaborações entre 2006 e 2015. Importante aqui destacar que estas colaborações são somente entre os integrantes que compõem o conjunto em análise. Tais colaborações são em grande parte facilitadas pelo fato de pesquisadores estarem em uma mesma instituições ou grupo de pesquisa. Analisando os endereços profissionais de cada pesquisador, é possível identificar instituições que concentram grande parte dos pesquisadores e consequentemente formam componentes mais densas na rede de colaboração. Tabela 2.

Tabela 2: Instituições com o maior número de pesquisadores

Instituição	Nº de Pesquisadores
Universidade de São Paulo	180
Universidade Federal do Rio de Janeiro	148
Universidade Estadual de Campinas	89
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	83
Universidade Federal de Minas Gerais	72
Universidade de Brasília	66
Universidade Federal de Pernambuco	57
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	52
Universidade Federal Fluminense	51
Universidade Federal de Santa Catarina	44
Universidade Federal de Goiás	40
Universidade Federal de Alagoas	39
Universidade Federal do Paraná	34
Universidade Federal de Juiz de Fora	33
Universidade Tecnológica Federal do Paraná	31
Universidade do Estado do Rio de Janeiro	30
Universidade Federal do Pará	28
Universidade Federal do Ceará	27
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais	25
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	24
Laboratório Nacional de Computação Científica	22
Universidade Federal do Rio Grande do Norte	22
Universidade Federal de Uberlândia	21
Universidade Federal de Ouro Preto	21

Como pode ser observado existe grande distribuição com relação as instituições dos pesquisadores, tendo em vista que na listagem são apresentadas instituições de todos os estados brasileiros, no entanto, merece destaque a Universidade de São Paulo e a Universidade Federal do Rio de Janeiro com as maiores quantidades de pesquisadores podendo ser um indicativo de prováveis centros de pesquisa que tem trabalhado com Métodos Computacionais.

Considerando ainda a distribuição geográfica, apenas dois estados não possuem pesquisadores atuando com Métodos Computacionais no repositório de dados analisado sendo eles, Maranhão e Roraima. Além disso, também são destaque pela baixa representatividade o estado do Acre, com apenas 2 pesquisadores além de Rondônia e Tocantins, ambos com 3 pesquisadores. Utilizando a estratégia proposta por Dias e Moita (2015) a rede de colaboração científica do conjunto foi caracterizada. Figura 8.

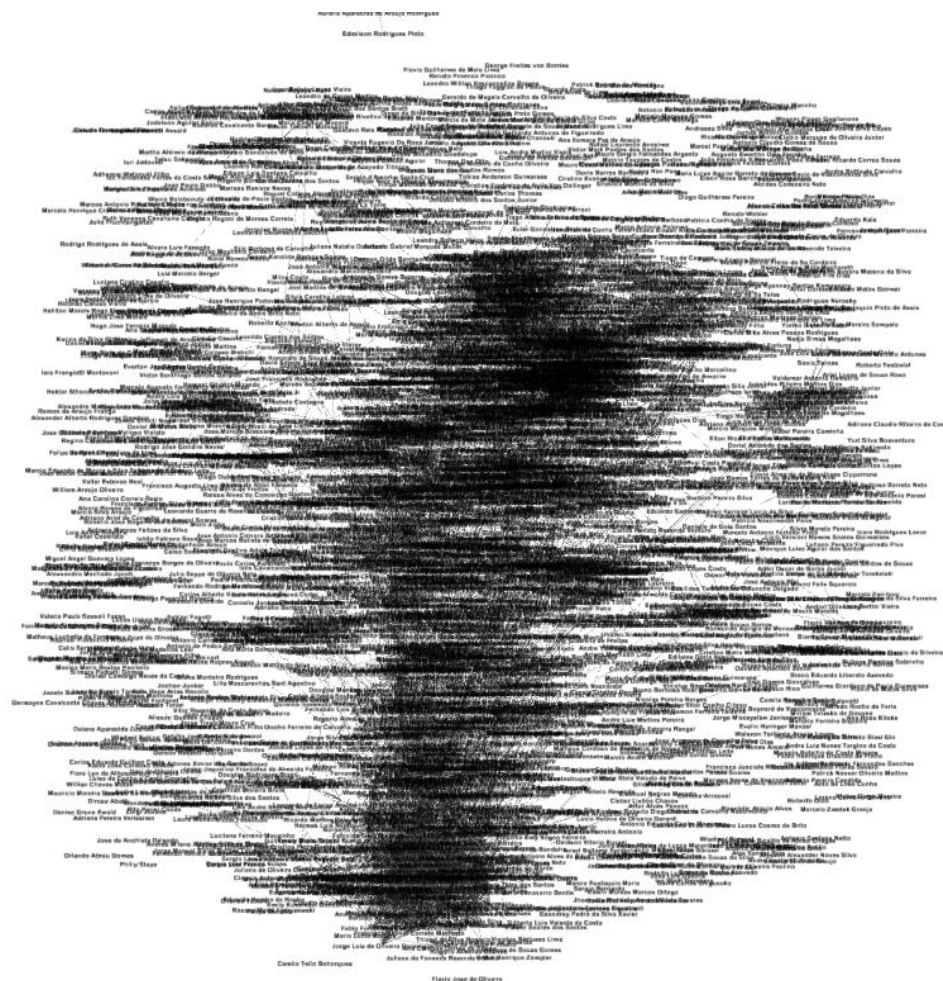


Figura 8: Rede de colaboração científica dos pesquisadores que atuam com Métodos Computacionais no Brasil

Na rede caracterizada, os nós marginais representam os pesquisadores com nenhuma ou com baixa colaboração, podendo ser observado que no centro da rede se formam núcleos que em geral são formados por pesquisadores de uma mesma instituição, onde o grau de colaboração é maior, principalmente pelas instituições com as maiores quantidades de pesquisadores, conforme já apresentado na Tabela 2. Os elementos sem colaboração, ou seja com grau 0 não são úteis para as análises baseadas em métricas de redes pois como não possuem relacionamentos com os outros pesquisadores, não estão no maior componente conectado e dessa forma não são considerados na maioria das métricas utilizadas.

Na rede caracterizada, foram consideradas publicações dos 2.788 pesquisadores e conforme já citado, as primeiras colaborações são de 1975, incluídas nas análises aqui apresentadas publicações até 04/2015. Do conjunto total de pesquisadores 869, aproximadamente 31% não possui colaboração com nenhum outro, ou seja, possuem grau de colaboração igual a 0. O grau médio de todos os elementos da rede é 2,87 e como pode ser observado na Figura 9, apesar de se ter elementos com grau alto, a maioria possui baixo nível de relacionamentos.

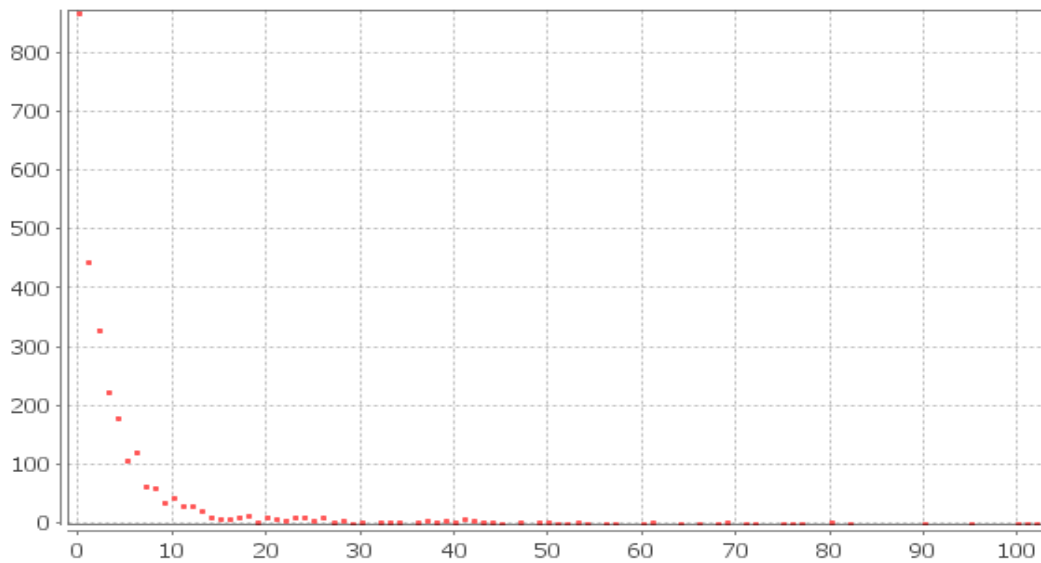


Figura 9: Distribuição dos pesquisadores e seus respectivos graus de relacionamentos

Todos estes relacionamentos fazem a rede possuir em sua componente gigante um total de 1.797 elementos, ou seja aproximadamente 64% dos pesquisadores estão na componente principal da rede, resultando em um comprimento médio de 5.01, que representa a distância média entre quaisquer dois pesquisadores da componente gigante, e ainda um diâmetro igual a 14, que corresponde a distância máxima entre dos pesquisadores da rede. Estes dados mostram que apesar da diversidade dos elementos, seja em sua distribuição geográfica ou por suas áreas de atuação, os elementos em sua maioria possuem relacionamentos, tornando a rede bem conectada. A Figura 10, apresenta a distribuição dos pesquisadores com destaque para suas grandes áreas de atuação.

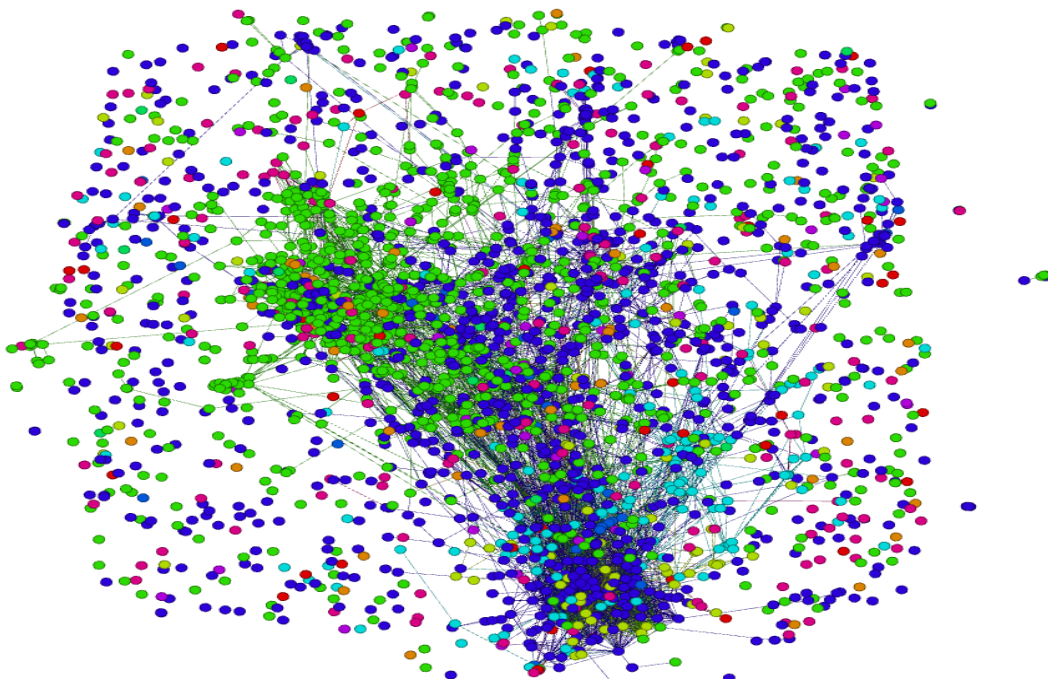


Figura 10: Rede de colaboração com destaque para grande área de atuação

É possível observar na rede o grau de interdisciplinaridade dos pesquisadores, onde a colaboração tem sido realizada independentemente dos autores de um determinado trabalho atuaram ou não em uma mesma área. Com destaque para os pesquisadores que atuam na grande área Ciências Exatas e da Terra (azul) e Engenharias (verde), percebe-se grande grau de colaboração entre eles, no entanto, fica visível a colaboração com outras grandes áreas como por exemplo Ciências Biológicas (elementos em vermelho).

Esta interdisciplinaridade da rede também influencia no tópicos de pesquisa em que seus pesquisadores tem atuado, em análise nas palavras chaves utilizadas em cada uma das publicações, pode-se destacar as mais relevantes. Tabela 3.

Tabela 3: Palavras-chave mais utilizadas no conjunto de publicações

Palavra-chave	Peso
Elementos Finitos	1.148
Concreto Armado	758
Otimização	579
Elementos de Contorno	568
Métodos Numéricos	416
Aprendizado de Máquinas	8
Análise Estrutural	391
Realidade Virtual	383
Matemática Aplicada	361
Modelagem Molecular	355

Como pode ser observado, as palavras-chave mais relevantes no conjunto de publicações que compõem a rede analisada, percebe-se que existem tópicos muito utilizados em algumas engenharias, como o caso de concreto armado e elementos de contorno, outros em ciência da computação como aprendizado de máquinas e realidade virtual, e ainda das áreas que compõem as Ciências Biológicas, como modelagem molecular. Esta diversidade do grupo analisado, mostra todo o potencial que os Métodos Computacionais possuem para serem aplicados em diversos tipos de trabalhos por pesquisadores de áreas distintas, se mostrando uma importante comunidade que vem crescendo e que tem muito a contribuir para o progresso da pesquisa científica nacional.

5 CONCLUSÕES

Com a análise do conjunto de pesquisadores que tem atuado com Métodos Computacionais foi possível traçar um perfil deste conjunto de pesquisadores que conforme apresentado possui perfil de publicação técnica além das publicações de artigos em Anais de congressos e em periódicos, e que o conjunto se concentra basicamente nas grandes áreas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias. Ainda foi possível identificar que a maioria dos pesquisadores possuem mestrado e doutorado concluídos e que sua produção científica vem sofrendo queda acentuada no número de publicações após o ano de 2010, apesar do grau de colaboração científica estar em crescimento, o que significa que estão cada vez mais trabalhando em colaboração.

Quando analisado a colaboração científica do conjunto, verificou se que o primeiro trabalho em colaboração é de 1974 e depois desta data a rede de colaboração cresceu, resultado de trabalho em conjunto dos membros que compõem o conjunto em análise. Identificou se ainda que a maior componente conexa possui XX componentes e que existem grupos mais conectados, resultado da colaboração científica de pesquisadores que trabalham com Métodos Numéricos em instituições com tradição no tema de pesquisa.

REFERENCIAS

DIAS, Thiago M. R.; MOITA, Gray F. A Method for Identification of Collaborations in Large Scientific Databases. **Em questão**. Porto Alegre, v. 21. N. 2, mai./jul. 2015.

DIAS, Thiago. M. R. ; MOITA, Gray F ; DIAS, Patrícia M.; MOREIRA, Tales H. J. Identificação e Caracterização de Redes Científicas de Dados Curriculares. iSys: **Revista Brasileira de Sistemas de Informação**, Rio de Janeiro , v. 07, p. 05-18, 2014.

Dias, T. M. R.; Moita, G. F. Dias, P. M. (2013) Análise da Rede de Colaboração Científica dos Congressos Ibero Latino Americano de Métodos Computacionais em Engenharia Extraídos da Plataforma Lattes. In: XXXIV Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering (CILAMCE 2013), Pirinópolis, GO, Brasil.

Digiampietri, L. A. ; Mena-Chalco, J. ; Alcazar, J. J. P. ; Tuesta, E. F. ; Delgado, K. V.; Mugnaini, R. ; Silva, G. S. (2012). Minerando e Caracterizando Dados de Currículos Lattes. In: Brazilian Workshop on Social Network Analysis and Mining (BraSNAM), Curitiba, PR, Brasil.

Freire, V. P. M. Uma métrica para ranqueamento em redes de colaboração baseada em intensidade de relacionamento. Dissertação de Mestrado. COPPE. UFRJ. 2010.

Grossman, J., Ion, P. The Erdős Number Project. Disponível em: <<http://www.oakland.edu/enp/>>.

Kleinberg, J., Tardos, É. Algorithm desing. Pearson Education, 2006. ISBN: 0-321-29535-8.

Menezes, G. V., Ziviani, N., Laender, A. H. F., etal. A geographical analysis of knowledge production in computer science. In: Proceedings of the 18th international conference on World wide web, pp. 1041-1050, 2009.

Newman, M. E. J. The structure of scientific collaboration networks. In: Proc. Natl. Acad. Sci. USA, v. 98, pp. 404-409, jan. 2001.

Newman, M. E. J. (a) Who Is the Best Connected Scientist ?A Study of Scientific Coauthorship Networks. v. 650/2004, Lecture Notes in Physics, pp. 337-370, Springer Berlin / Heidelberg, ago. 2004. ISBN: 978-3-540-22354-2. doi: 10.1007/b98716.

Newman, M. E. J. (b) Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. In: Proc. Natl. Acad. Sci. USA, v. 101, pp. 5200-5205, abr. 2004. doi: 10.1073/pnas.0307545100.

Oliveira, E. F. T., Da Silva Santarem, L. G., Segundo, J. E. S. Análise das redes de colaboração científica através do estudo das co-autorias, nos cursos de pós-graduação do brasil no tema tratamento temático da informação, Nuevas perspectivas para ladifusión y organización del conocimiento: actas del congreso / coord. por Nuria Lloret Romero, v. 2, pp. 986-1000, set. 2009.

Wagner, C., Leydesdorff, L. Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science, Research Policy, v. 34, n. 10, pp. 1608-1618, December 2005. ISSN: 00487333. Dispo- nível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2005.08.002>>.