



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE ECONOMIA

RONEY FRAGA SOUZA

**Detecção de linhas de pesquisas emergentes em redes de
publicações científicas**

Campinas

Fevereiro de 2016



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE ECONOMIA

RONEY FRAGA SOUZA

**Detecção de Linhas de Pesquisas Emergentes em Redes de
Publicações Científicas**

Prof^a. Dr^a. Rosângela Ballini – orientadora

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Econômico, área de concentração: Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente.

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO RONEY FRAGA
SOUZA E ORIENTADO PELA PROF^a. DR^a.
ROSANGELA BALLINI.**


Orientadora

**CAMPINAS
2016**

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES, 006541/2014-03

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Economia
Mirian Clavico Alves - CRB 8/8708

So89d Souza, Roney Fraga, 1986-
Detecção de linhas de pesquisas emergentes em redes de publicações científicas / Roney Fraga Souza. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Rosangela Ballini.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.

1. Bioenergia. 2. Empreendedorismo. 3. Bibliometria. 4. Cientometria. I. Ballini, Rosangela, 1969-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Detection of emerging lines of research in networks of scientific publications

Palavras-chave em inglês:

Bioenergy

Entrepreneurship

Bibliometrics

Scientometry

Área de concentração: Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente

Titulação: Doutor em Desenvolvimento Econômico

Banca examinadora:

Rosangela Ballini [Orientador]

José Maria Ferreira Jardim da Silveira

Renato de Castro Garcia

Ricardo Machado Ruiz

Leonardo Costa Ribeiro

Data de defesa: 25-02-2016

Programa de Pós-Graduação: Desenvolvimento Econômico



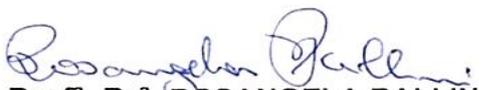
TESE DE DOUTORADO

RONEY FRAGA SOUZA

Detecção de Linhas de Pesquisas Emergentes em Redes de Publicações Científicas

Defendida em 25/02/2016

COMISSÃO JULGADORA


Prof. Dr.^a ROSANGELA BALLINI
Instituto de Economia / UNICAMP


Prof. Dr. JOSÉ MARIA FERREIRA JARDIM DA SILVEIRA
Instituto de Economia / UNICAMP


Prof. Dr. RENATO DE CASTRO GARCIA
Instituto de Economia / UNICAMP


Prof. Dr. RICARDO MACHADO RUIZ
UFMG


Prof. Dr. LEONARDO COSTA RIBEIRO
INMETRO

Abstract

This dissertation seeks to identify emerging lines of research by employing the computational approach based on network analysis as proposed by Shibata et al. (2008). The method came out as an alternative to carry out analyses without requiring intervention of experts in the researched area. We assessed the method performance by using it to detect trends in two networks, one with large number of publications, strong multidisciplinary connections and related to bioenergy industry; another in the field of social science and poorly connected with industry (entrepreneurship). The analysis of scientific publications in bioenergy comprised 69,004 publications. We identified 46 emerging sub-groups focused on assessment of environmental costs and the relationship of biofuels and farming, second-generation ethanol and related technologies, biodiesel, syngas, biogas, bio-hydrogen and related technologies, bio-refining, fuel cells, microalgae and third-generation technologies. Microalgae and third-generation technology are the most prominent emerging sub-groups in the bioenergy field. Yet, results show that research on second-generation bioethanol has been accounting for the largest number of publications since 2008. We also found that entrepreneurship is not an emergent research field but an expanding one, with publications broadly based on pioneer studies from 1980s and 1990s without much groundbreaking innovation. We conclude that the original version of the method isn't efficient to reveal emerging lines of research from networks with large amounts of vertices. It was necessary to re-run the method to find clusters with lower level of aggregation. This implies that the method requires intervention of a researcher to determine if aggregation level is too high. Besides, even if more than two clustering procedures are employed it is still needed to define which sub-groups will be re-clustered. Therefore, the researcher doesn't need to be an expert in the field of study, since the analysis is based on the evolution and homogeneity of the detected clusters and sub-clusters.

Keywords: Emerging areas of research, Bioenergy, Entrepreneurship, Bibliometrics, Scientometry.

Resumo

Esta tese busca detectar linhas de pesquisas emergentes utilizando a abordagem computacional baseada em análise de redes sugerida por Shibata et al. (2008). Este método surge como alternativa para uma análise sem a necessidade de intervenção de especialistas do campo estudado. Verificou-se o desempenho do método para uma rede com elevado número de publicações, forte ligação interdisciplinar e conexão com a indústria (bioenergia), e uma rede de publicações do campo das ciências sociais com baixa conexão com o setor produtivo (empreendedorismo). Na análise de publicações científicas em bioenergia foram obtidas 69.004 publicações. Foram detectados 46 sub-grupos emergentes concentrados nas temáticas: análise de custos ambientais e a relação de biocombustíveis com a agricultura, etanol de segunda geração e suas tecnologias, biodiesel, gasogênio, bio-gás, bio-hidrogênio e suas tecnologias, bioferinaria, células de combustíveis, microalgas e tecnologias de terceira geração. Dentre os sub-grupos emergentes em bioenergia os estudos sobre microalgas e tecnologias de terceira geração são os que surgem dentre os emergentes. Os resultados demonstram ainda que estudos sobre bioetanol de segunda geração representam o maior volume de publicação, ganhando a frente a partir do ano 2008. Na análise sobre empreendedorismo verificou-se que este não é um campo de pesquisa emergente, mas sim um campo em crescimento onde os novos estudos são contribuições incrementais baseadas nos trabalhos pioneiros, geralmente publicados nas décadas de 1980 e 1990. Conclui-se que o método utilizado, quando em sua versão original, não foi eficiente para detectar linhas de pesquisas em redes com grande quantidades de vértices, sendo necessário re-aplicar o método para encontrar grupos com menor nível de agregação. Tal intervenção implica que o método passa a necessitar da intervenção de um pesquisador para determinar se o nível de agregação dos grupos é elevado, e quando mais de dois procedimentos de agrupamento sejam aplicados ainda precisa-se definir quais sub-grupos serão re-agrupados. Contudo, o pesquisador não precisa ser especialista no campo de pesquisa estudado, pois a análise é feita a partir da evolução e da homogeneidade dos grupos e sub-grupos encontrados.

Palavras-chave: Linhas de pesquisa emergentes, Bioenergia, Empreendedorismo, Bibliometria, Cientometria.

Sumário

Agradecimentos	9
1 Detecção de linhas de pesquisas emergentes e sua importância	12
1.1 Linhas de pesquisas emergentes	12
1.2 Áreas de pesquisas estudadas	17
1.2.1 Bioenergia	17
1.2.2 Empreendedorismo	18
2 Metodologia para detectar linhas de pesquisas emergentes	20
2.1 Visão geral do método	20
2.1.1 Coleta dos dados de citação	21
2.1.2 Construção da rede de citação	22
2.1.3 Manter o componente gigante da rede	23
2.1.4 Agrupamento	23
2.1.5 Visualização da rede	26
2.1.6 Cálculo da relevância de cada artigo	26
2.1.7 Extração do conteúdo de cada grupo	27
2.2 Procedimentos computacionais	30
3 Linhas de pesquisas emergentes em Bioenergia	31
3.1 Introdução	31
3.2 Análise dos resultados	32
3.3 Análise da reaplicação do método de agrupamento	43

4	Linhas de pesquisas emergentes em Empreendedorismo	56
4.1	Introdução	56
4.2	Análise dos resultados	57
4.3	Análise da reaplicação do método de agrupamento	65
5	Considerações Finais	76
5.1	Bioenergia	76
5.2	Empreendedorismo	78
5.3	Considerações sobre o método	79
	Referências	81
A	Redes de citações	90
B	Bioenergia	92
B.1	Identificação dos 46 sub-grupos	92

Agradecimentos

Agradeço a todos os amigos, colegas e familiares que contribuíram direta e indiretamente para a realização desta tese. Especialmente a minha querida Sheila, pelo amor!

Aos amigos que fiz no IE, vivi bons momentos nos quatro anos de doutorado, muito obrigado por fazerem parte dessa história.

Agradeço a Zé Maria, minha principal referência intelectual.

Registro meu muito obrigado a professora Aurora A. C. Teixeira, pelos ensinamentos durante o programa de doutorado sanduíche.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudos de Doutorado. À Faculdade de Economia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) pelo incentivo a capacitação de seus funcionários. À Faculdade de Economia da Universidade do Porto (UP), Portugal, pelo acolhimento no programa de doutorado sanduíche. Por fim, agradeço a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), pela gentil convivência.

Lista de Ilustrações

2.1	Rede simples	22
3.1	Publicações por ano	32
3.2	Grupos por ano	34
3.3	Formação dos grupos	35
3.4	Evolução dos grupos	36
3.5	Quantidade de publicações por ano para cada grupo	37
3.6	Medidas topológicas	38
3.7	Publicações dos sub-grupos por ano - nível 2	52
3.8	Publicações dos sub-grupos por ano - nível 3	54
4.1	Publicações por ano	56
4.2	Grupos por ano	58
4.3	Formação dos grupos	59
4.4	Evolução dos grupos	60
4.5	Quantidade de publicações por ano para cada grupo	60
4.6	Medidas topológicas	61
4.7	Publicações dos sub-grupos por ano - nível 2	66
A.1	Redes de citações	90
A.2	Grupos por ano	91

Lista de Tabelas

3.1	Tipo de documento	33
3.2	Principais termos por grupo	40
3.3	Revistas com maior número de citações por grupo	40
3.4	Lista de artigos mais citados por grupo	41
3.5	Principais termos por sub-grupo - nível 2	44
3.6	Revistas com maior número de publicações por sub-grupo - nível 2	45
3.7	Artigos mais citados por sub-grupo - nível 2.	47
3.8	Definição dos sub-grupos emergentes	53
4.1	Tipo de documento	57
4.2	Principais termos por grupo	62
4.3	Revistas com maior número de publicações por grupo	62
4.4	Artigos mais citados por grupo	63
4.5	Artigos mais citados por sub-grupo - nível 2	67
4.6	Revistas com maior número de publicações por sub-grupo - nível 2	69
4.7	Artigos mais citados por sub-grupo - nível 2	71
4.8	Ano médio das 10 principais publicações por grupo e sub-grupo	75
B.1	Principais termos por sub-grupo - nível 3	92
B.2	Revistas com maior número de publicações por sub-grupo - nível 3	95
B.3	Artigos mais citados por sub-grupo - nível 3	98

Capítulo 1

Detecção de linhas de pesquisas emergentes e sua importância

1.1 Linhas de pesquisas emergentes

Burton e Kebler (1960) categorizaram a literatura científica em dois tipos: clássica e transitória. Price (1965) estudou a parte transitória chamando-a de linha de pesquisa emergente¹, observou haver uma tendência para cientistas citarem os artigos mais recentes publicados. Em um determinado campo, uma linha de pesquisa emergente refere-se ao corpo de artigos que os cientistas citam ativamente. Upham e Small (2010) acrescentam que linhas de pesquisas emergentes podem ser definidas como convergência de descobertas científicas e de interesses sociais. Novas descobertas científicas podem atrair mais cientistas, expandindo os laços sociais, que impulsiona novas descobertas, que também sofrem influência das fontes de financiamento e do interesse da sociedade. Este processo intelectual e social combinado manifesta-se no surgimento de grupos de artigos altamente citados, representando as descobertas científicas fundamentais que são citadas em conjunto.

Persson (1994) investigou o relacionamento de linha de pesquisa emergente e a base teórica², em que a base teórica seria composta por textos citados por documentos de uma linha de pesquisa emergente. Uma base teórica pode ficar estável ao longo do tempo, enquanto uma

¹O termo em língua inglesa é *research front* que em tradução literal seria frente de pesquisa. Contudo, a tradução literal não expressa que o campo do conhecimento está em avanço. Dessa forma, nesta tese optou-se por utilizar linha de pesquisa emergente.

²O termo em língua inglesa é *research foundation*.

linha de pesquisa emergente tende a se alterar.

A definição de linha de pesquisa emergente de Persson apresenta uma leve diferença quando comparada a de Price, uma vez que Persson flexibiliza a necessidade dos artigos de uma linha de pesquisa emergente serem citados ativamente. A definição de Persson capta melhor a formação de grupos de trabalhos científicos com poucas citações.

Partindo da definição de Price (1965) os autores Huang e Chang (2014) assumem que linhas de pesquisas emergentes podem ser entendidas como estudos de vanguarda de áreas de conhecimento. Seguindo o mesmo raciocínio Chen (2006) define linhas de pesquisas emergentes como o estado da arte de um campo de pesquisa. Cinco tipos de linhas de pesquisa foram classificadas por Upham e Small (2010): emergentes, em crescimento, estáveis, encolhendo e a sair. A distinção entre os diferentes estágios das linhas de pesquisas é definida pela relação entre dois períodos no tempo em que é analisada a quantidade de artigos que compõem cada linha de pesquisa. O presente estudo busca detectar linhas de pesquisas emergentes, considerando estas como um domínio de pesquisa em desenvolvimento onde os artigos citam outros densamente.

O estudo sobre linhas de pesquisas emergentes são do interesse de investidores em busca de alocar investimento, de pesquisadores que desejam definir um campo de trabalho promissor, de instituições de pesquisas e agentes públicos com intuito de realizar uma alocação eficiente de recursos e de laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento – P&D, sendo útil também para compreender as tendências presentes e futuras de áreas do conhecimento. Segundo Bell (1973), o conhecimento na sociedade moderna pode ser representado como sendo o principal fator de produção e a tecnologia o principal recurso. Castells (1996) acrescenta que o novo paradigma, a economia do conhecimento, passou a ser global e em redes, tendo como características centrais, a crescente demanda e produção de informação, sendo que o acúmulo de riqueza depende do sucesso na geração, processamento e aplicação de informações para melhorar o desempenho industrial.

O presente estudo investiga a capacidade do método não supervisionado desenvolvido por Shibata et al. (2008) para detectar linhas de pesquisas emergentes em redes de publicações científicas. O método analisado apresenta a vantagem de não depender de julgamento de especialista do campo do conhecimento investigado. Contudo, o mesmo ainda não foi aplicado em áreas do conhecimento com grande número de artigos científicos, limitação superada no presente estudo.

Estudos para detectar linhas de pesquisas emergentes geralmente são divididos em análises baseadas em especialistas e em abordagens baseadas em técnicas computacionais (KOSTOFF; SCHALLER, 2001), sendo também classificados como métodos subjetivos e objetivos (HUANG; CHANG, 2014). Em trabalhos baseados em especialistas (subjetivos), o ponto de vista do analista é utilizado para explicar o desenvolvimento de linhas de pesquisas emergentes. Como desvantagem tem-se o tempo de análise que pode ser demorado, principalmente em grandes quantidades de informações, o custo da análise e a subjetividade. As abordagens baseadas em técnicas computacionais apresentam a vantagem da escalabilidade da análise, adequação ao volume de dados, demandando menos com resultados objetivos.

Os métodos computacionais utilizam, principalmente, técnicas bibliométricas³ tais como: acoplamento bibliográfico, co-citação, citação (ou citação direta), coocorrência de palavras, e de análises topológicas e estatísticas. A análise de acoplamento bibliográfico surgiu com estudo de Kessler (1963), indicando que os artigos A e B citam C, e, assim, A e B formam um acoplamento bibliográfico. Quando os artigos D e E são citados por F, os artigos D e E são co-citados, conforme o conceito sugerido por Small (1973). O método de citação, também chamado de citação direta, surgiu com Garfield, Sher e Torpie (1964) sendo aplicado a detecção de trajetórias evolucionárias dominantes em linhas de pesquisas. A análise de coocorrência de palavras estuda conteúdos usando padrão de itens que aparecem simultaneamente em textos. Este método busca verificar a relação entre ideias contida nos textos, sendo organizado pioneiramente por Callon, Law e Arie (1986).

Na ótica da detecção de tecnologias emergentes Cozzens et al. (2010) divide as abordagens quantitativas em três principais grupos: a) as que buscam detectar o rápido crescimento em um grupo pré-estabelecido; b) as técnicas de mineração de dados, que tentam encontrar estruturas inerentes aos artigos científicos ou patentes, utilizando de bibliometria na organização dos dados; c) as que combinam as abordagens a) e b). Os autores acrescentam que as técnicas bibliométricas têm potencial para detectar tecnologias emergentes, contudo, estas precisam ser associadas a outras técnicas quantitativas e com o conhecimento de especialistas.

A análise de co-citação associada com diversos métodos de visualização são amplamente utilizadas para análise de linhas de pesquisas emergentes e mapear a ciência. Nesse caminho, o método *multidimensional scaling* (MDS), usa algoritmos de plano bidimensional com base em um

³Para maiores detalhes ver Apêndice A.

processo de triangulação geométrica (SMALL, 1977), não mostrando conexões explícitas entre campos do conhecimento. Já o método *pathfinder network scale* (PFNET) (SCHVANEVELDT, 1990), seleciona um subconjunto de ligações para criar uma representação simplificada da rede. Técnicas para ampliar as possibilidades de visualização de redes foram implementadas: empregando PFNET por Chen et al. (2002), Chen (2004), Chen (2006), e usando meios cartográficos *self-organization map* (SOM) por Skupin (2004).

A aplicação de acoplamento bibliográfico para detectar linhas de pesquisas emergentes consolidou-se no estudo de Glänzel e Czerwon (1996), quando o método *core documents* foi proposto. A partir de acoplamento bibliográfico surgiram alternativas para visualização de linhas de pesquisas emergentes ao longo do tempo (MORRIS et al., 2003; SCHIEBEL, 2012), associação com técnicas de agrupamento (JARNEVING, 2007) e aplicações do método *core documents* (GLÄNZEL; THIJS, 2011; GLÄNZEL; THIJS, 2012). A utilização da abordagem bibliométrica da coocorrência de palavras para analisar a literatura científica foi brevemente resumida por Lee (2008), quando o autor analisou o campo de segurança da informação utilizando coocorrência de palavras.

A abordagem bibliométrica de citação direta foi utilizada para analisar linhas de pesquisas emergentes por Shibata et al. (2008). Neste trabalho, os autores investigaram a detecção de linhas de pesquisas emergentes em estudos sobre nitreto de gálio e redes complexas. Outra aplicação foi realizada para estudar medicina regenerativa (SHIBATA et al., 2011). O método proposto por Shibata et al. (2008) é baseado em redes de citações entre publicações científicas associadas a uma técnica de agrupamento topológico (NEWMAN, 2004), visualização da formação dos grupos por três óticas distintas (ADAI et al., 2004; SHIBATA et al., 2008), extração de medidas topológicas (GUIMERA; AMARAL, 2005) e detecção do conteúdo dos grupos via processamento de linguagem natural (FRANTZI; ANANIADOU; MIMA, 2000). A associação entre estas técnicas permite particionar a detecção de linhas de pesquisas emergentes, de modo a inferir se o surgimento da linha de pesquisa emergente representa uma inovação incremental ou é uma ramificação de uma área do conhecimento estabelecida. Desse modo, o método proposto apresenta potencial para popularizar-se como alternativa para detecção de linhas de pesquisas emergentes, principalmente por ser um método não supervisionado, ou seja, não há a necessidade da intervenção de um especialista no campo de interesse.

Shibata et al. (2009) investigaram o desempenho de diferentes metodologias, tais como

citação direta, acoplamento bibliográfico e co-citação, para a detecção de linhas de pesquisas emergentes em nitreto de gálio, redes complexas e nanotubos de carbono. Nesta análise o melhor desempenho foi verificado com a abordagem de citação direta, seguida por acoplamento bibliográfico, e, por fim, co-citação.

Boyack e Klavans (2010) analisaram o desempenho de co-citação, acoplamento bibliográfico, citação direta e uma abordagem híbrida baseada em acoplamento bibliográfico, compreendendo 2 milhões de artigos da literatura biomédica publicados entre os anos de 2004 a 2008. Os autores concluíram que o melhor método é acoplamento bibliográfico, seguido de co-citação, e, por fim, citação direta. Quanto ao método híbrido de acoplamento bibliográfico, este supera o acoplamento bibliográfico.

Os diferentes resultados obtidos entre Shibata et al. (2009) e Boyack e Klavans (2010) podem ter origem na diferença de tamanho entre as redes analisadas. Shibata et al. (2009) analisaram as áreas de pesquisas de: redes complexas, nitreto de gálio e nanotubos de carbono. Estas áreas de pesquisas continham 13.976, 3.510 e 23.459 artigos respectivamente. Já Boyack e Klavans (2010) analisaram 2.153.769 artigos da literatura biomédica. Shibata et al. (2009) buscou analisar uma área do conhecimento específica, enquanto Boyack e Klavans (2010) direcionou sua análise para uma grande área do conhecimento.

O método proposto por Shibata et al. (2008) apresenta os benefícios de ser não supervisionado e combinar técnicas para detectar linhas de pesquisas emergentes, o que permite acompanhar o nascimento, a evolução e a interligação entre os grupos encontrados.

Esta tese propõe a aplicação do método não supervisionado, proposto por Shibata et al. (2008), para detectar linhas de pesquisas emergentes em redes de publicações científicas de bioenergia e de empreendedorismo. Ambas com elevado número de publicações científicas. Os resultados obtidos foram validados a partir de análise de especialistas, ou seja, conhecedores dos campos estudados. Além do capítulo introdutório a tese contém um capítulo com a metodologia utilizada, um capítulo com a aplicação do método para a detecção de linhas de pesquisas emergentes para bioenergia, e mais um capítulo com a detecção de linhas de pesquisas emergentes para empreendedorismo. Finalmente, são apresentadas as considerações finais.

1.2 Áreas de pesquisas estudadas

A detecção de linhas de pesquisas emergentes foi realizada nos campos de bioenergia e de empreendedorismo. Bioenergia representa uma área da ciência com forte ligação com indústrias e processos tecnológicos. Empreendedorismo é um campo destacadamente das ciências sociais, tendo como principais produtos, as práticas gerenciais e as políticas públicas. Outro ponto que distancia a relação entre os campos de interesse é o volume de publicações, pois, bioenergia tem um volume de publicação, significativamente maior que empreendedorismo. Portanto, os dois campos de estudo são distintos em sua essência, permitindo identificar a performance do método proposto por Shibata et al. (2008) para detecção de linhas de pesquisas emergentes. Neste trabalho, os resultados serão confrontados com a resultados da literatura e com o diagnóstico de especialistas de cada um dos campos.

1.2.1 Bioenergia

As preocupações com segurança energética, mudanças climáticas, preço e disponibilidade das reservas de petróleo são questões que impulsionam a bioenergia como uma alternativa renovável a produção de combustíveis fósseis (KHANNA; SCHEFFRAN; ZILBERMAN, 2010). Políticas governamentais são utilizadas para promover a produção e o consumo de bioenergia. Um estudo da *Organization for Economic Co-operation and Development – OECD* (2011), destaca que mais de 35 países estabeleceram políticas sobre o tema, entre eles, Brasil, China, Estados Unidos e os membros da União Europeia.

O conceito de biomassa é um elemento chave para entender a bioenergia. Ragauskas et al. (2006) destacam que biomassa é um recurso renovável de carbono neutro abundante para a produção de bioenergia e biomateriais. A biomassa tem três principais fontes: culturas energéticas, agricultura e resíduos florestais, e resíduos de biomassa (STEUBING et al., 2010). Os avanços científicos na genética, biotecnologia, química e engenharias possibilitam a conversão de biomassa em combustíveis e produtos. Segundo Ragauskas et al. (2006), essa nova combinação vai levar o mundo a um novo paradigma produtivo.

Os estudos bibliométricos para analisar bioenergia são menos comuns que estudos direcionados para analisar a produção de energia via hidrogênio (TSAY, 2008), energia solar (DONG et al., 2012; JANG et al., 2013) e energia eólica (SANZ-CASADO et al., 2013). Ao analisar algas e

bioenergia Konur (2011) constatou que 97,6% da literatura esta em inglês e os principais países em quantidade de publicações são Estados Unidos, China, Alemanha e Inglaterra, respectivamente.

As publicações sobre bioenergia são intensamente distribuídas nos países desenvolvidos e em alguns países em desenvolvimento. Os Estados Unidos é o país com maior impacto e colaboração nacional, enquanto a China é o país com maior volume de publicações sobre bioenergia (LIU et al., 2014). Konur (2012) mapeou estudos de bioenergia baseados em biomassa entre os anos de 1980 e 2010. O autor analisou as principais instituições de pesquisa, países, periódicos e a distribuição das publicações ao longo dos anos, relacionadas a bioenergia a partir de biomassa. Souza et al. (2015) investigou a rede colaborativa de etanol de segunda geração (*lignocellulosic*), focando nos principais autores, países e instituições. Yaoyang e Boeing (2013) mapearam as publicações científicas no campo de biocombustíveis, e verificaram que a maioria dos artigos são publicados nas revistas *Biomass and Bioenergy* e *Bioresource Technology*, sendo que os principais campos de aplicação são: *Energy and fuels*, *Biotechnology and applied microbiology*, *Chemical engineering*, *Environmental sciences* e *Agricultural engineering*. Os autores também detectaram que as pesquisas sobre a produção de biodiesel a partir de algas representam a principal frente de estudos da área, bio-refinaria como a tecnologia mais citada para converter matéria-prima biológica, e avaliação do ciclo de vida como a principal ferramenta para tomada de decisão sobre a sustentabilidade do desenvolvimento de biocombustíveis.

O estudo de Kajikawa e Takeda (2008) analisou publicações científicas sobre biomassa e biocombustíveis, onde os autores realizaram uma rede de citações diretas com os artigos científicos, agrupou os textos via método de agrupamento proposto por Newman (2004) e visualizou a interligação entre os grupos encontrados. Os autores concluíram que as pesquisas sobre geração de biodiesel e hidrogênio foram as que mais cresceram no campo de biomassa e bioenergia.

1.2.2 Empreendedorismo

Os estudos sobre empreendedorismo surgem como parte das ciências sociais (LANDSTRÖM; HARIRCHI; ÅSTRÖM, 2012), tendo o empreendedor assumido papel de destaque para alguns economistas, entre eles: Schumpeter, Kirzner e Knigh. Na teoria schumpeteriana (SHUMPE-TER, 1934), o crescimento econômico passou a ser associado a capacidade de inovar, que por sua vez, cria desequilíbrios no mercado. Para o representante da escola austríaca, Kirzner

(1973), o empreendedor é uma pessoa que está alerta para as imperfeições do mercado e é capaz de coordenar os recursos de forma mais eficaz graças ao acesso de informação sobre as necessidades e recursos de diferentes atores. Por fim, Knight (1921) atribuiu ao empreendedor a capacidade de lidar com incertezas. O empreendedorismo enquanto campo de pesquisa pode ser definido como o processo de descoberta, avaliação e exploração de oportunidades (SHANE; VENKATARAMAN, 2000), bem como o conjunto de indivíduos que descobrem, avaliam e exploram essas oportunidades (HITT et al., 2011).

A maturidade do campo de pesquisa em empreendedorismo foi analisada por Schildt, Zahra e Sillanpää (2006), em que verificaram que nos primeiros anos do campo de estudo havia não cumulatividade do conhecimento. Utilizando a técnica bibliométrica de co-citação para analisar as publicações em empreendedorismo, os autores apontaram a existência de 25 grupos centrais de conhecimento, sendo que estes grupos estabelecem inter-relações, indicando maior maturidade do campo de pesquisa.

Cornelius, Landström e Persson (2006) destacaram que o empreendedorismo deixou de ser um campo jovem, focado no objeto de estudo e em questões práticas para tornar-se um campo maduro com forte carga teórica. Analisando colégios invisíveis no empreendedorismo Teixeira (2011) identificou o crescimento do número de autores altamente citados no núcleo dos estudos em empreendedorismo, indicando a legitimação do empreendedorismo enquanto campo de pesquisas, e não como uma sub-disciplina da economia ou da administração de empresas.

As publicações científicas sobre empreendedorismo cresceram em volume e em impacto na literatura (BUSENITZ et al., 2014), tendo como principais países Estados Unidos, Reino Unido e Canadá (CHEN et al., 2011). A participação da China cresceu no cenário internacional e sua literatura interna foi analisada por Zhai, Su e Ye (2014). Áreas de pesquisas específicas no empreendedorismo como *spillovers* (GHIO et al., 2015), empreendedorismo social (KRAUS et al., 2014) e empreendedorismo internacional (KRAUS, 2011), também foram objeto de estudos bibliométricos.

Meyer et al. (2014) analisou a literatura sobre empreendedorismo entre 1990 e 2009 utilizando acoplamento bibliográfico. Os autores resumem que o campo de pesquisa em empreendedorismo está dividido em 16 grupos, contra 25 grupos encontrados por Schildt, Zahra e Sillanpää (2006), e para detectar tópicos emergentes diante dessa complexa estrutura são necessários estudos que possam analisar especificamente cada um dos 16 grupos.

Capítulo 2

Metologia para detectar linhas de pesquisas emergentes

2.1 Visão geral do método

A metodologia utilizada para detectar linhas de pesquisas emergentes e implementadas nesta tese foi proposta por Shibata et al. (2008). Este método utiliza um conjunto de técnicas distintas em redes de publicações científicas. No trabalho de 2008, os autores analisaram artigos científicos relacionados à medicina regenerativa. No artigo Shibata et al. (2011), este método foi utilizado para analisar linhas de pesquisas emergentes em nitreto de gálio e em redes complexas.

O método é composto pelos seguintes procedimentos:

1. Coleta de dados de citação do *Social Sciences Citation Index* compilados pelo *Institute for Scientific Information* – ISI da empresa *Thomson Reuters*, que mantém bancos de dados de citações que cobrem milhares de revistas acadêmicas e oferece serviços de bancos de dados bibliográficos.
2. Construção de redes de citação para cada ano, em que os artigos são os vértices (ou nós) e as citações são as arestas.
3. Eliminação dos artigos que não citam os demais textos da rede e não são citados, mantendo apenas o componente principal, também chamado de componente gigante.
4. Aplicação do algoritmo de agrupamento de Newman (2004) para dividir a rede em grupos

e identificar cada um dos grupos. Os grupos são obtidos por medidas de similaridade de relações.

5. Visualização da rede de citação (ADAI et al., 2004).
6. Extração do coeficiente de participação de cada artigo na rede, em relação ao seu próprio grupo e entre grupos (GUIMERA; AMARAL, 2005).
7. Extração dos termos característicos de cada grupo por filtragem linguística, usando os resumos dos trabalhos aplicando processamento de linguagem natural *Natural Language Processing* – NLP (FRANTZI; ANANIADOU; MIMA, 2000).

Cada uma dessas etapas serão detalhadas nas próximas seções.

2.1.1 Coleta dos dados de citação

Os dados são coletados por meio de interface *web* disponibilizada pelo ISI, sendo realizada uma busca utilizando os termos que correspondem ao campo de pesquisa. As buscas podem ser realizadas nas plataformas *Scopus* ou *Web of Science (WoS)*. A principal diferença entre estas bases está no número de revistas indexadas. A *Scopus* tem um volume maior de revistas registradas, enquanto a *Web of Science (WoS)* tem o número maior de anos cobertos. Como principal deficiência para a escolha da *WoS* está no vocabulário, por este não ser controlado, enquanto a plataforma *Scopus* apresenta como principal carência a cobertura das ciências sociais, especialmente anterior a 1966. Para maiores informações dessas bases de dados ver: Falagas et al. (2008), Kulkarni et al. (2009) e HLWIKI (2015).

Cabe ainda destacar que os dados dos artigos científicos podem ser obtidos tanto na *WoS* quanto no *Scopus*, sendo que na primeira é necessário salvar no máximo 500 artigos por vez, enquanto na *Scopus* é necessário enviar um e-mail solicitando os dados e aguardar o retorno de um *link* para acessar os dados.

Após o termo de busca ser definido, os dados são importados para um *software* estatístico e/ou linguagem de programação. Neste trabalho, utilizou-se o *software* R (R Core Team, 2014), por se tratar de um *software* livre com alta capacidade de processamento de informação.

2.1.2 Construção da rede de citação

Após a coleta dos dados uma rede de citação direta é construída. Nesta rede, os vértices são representados pelos artigos e as arestas são as referências. As referências bibliográficas que não fazem parte dos vértices presentes na rede são excluídas; dessa forma, uma ligação de um artigo é mantida apenas se esta aresta está conectada a outro artigo da mesma rede.

Existem diferentes formas para representar uma rede matematicamente. Nesta tese é usada a notação matemática adotada por Newman (2010), em que a rede pode ser representada por uma matriz de adjacência \mathbf{A} de dimensão $n \times n$ em que n corresponde ao número de vértices. Denotando os elementos desta matriz por A_{ij} tal que se os vértices i e j são conectados:

$$A_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se existe uma aresta entre os vértices } i \text{ e } j, \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (2.1.1)$$

Como ilustração, considere a Figura 2.1, a qual representa uma rede simples.

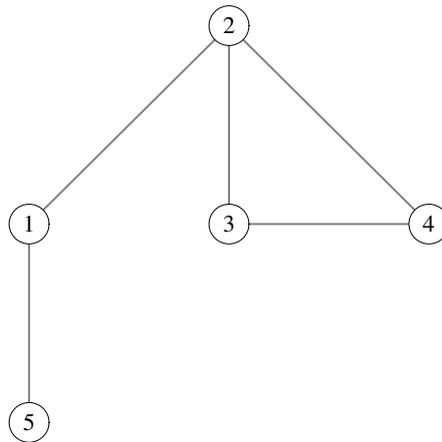


Figura 2.1: Rede simples

Elaborado pelo autor (2015).

Denotando uma aresta entre os vértices i e j por (i, j) , a rede ilustrada na Figura 2.1 tem $n = 5$ e arestas $(1, 2), (1, 5), (2, 3), (2, 4), (3, 4)$. A matriz de adjacência desta rede pode ser

representada por:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (2.1.2)$$

A partir de (2.1.2), duas características podem ser apontadas da matriz de adjacência. 1) para uma rede sem realimentação nos vértices, os elementos da diagonal principal são todos nulos; 2) é uma matriz simétrica, pois se existe uma aresta entre i e j então existe uma aresta entre j e i .

É importante notar que a representação matemática de uma rede de citação por uma matriz de adjacência também possibilita a representação de uma rede com múltiplas arestas e com realimentação. Para maiores detalhes ver (NEWMAN, 2010).

2.1.3 Manter o componente gigante da rede

Como o termo de busca pode ser impreciso e retornar artigos que não representem a linha de pesquisa estudada, apenas o principal componente (componente gigante) da rede é mantido. O componente gigante pode ser definido como um componente conectado que contém uma fração significativa de todos os vértices da rede. Ao manter apenas o componente gigante artigos científicos que não citam ou são citados por artigos do componente gigante são excluídos.

2.1.4 Agrupamento

Após eliminar os artigos que não apresentaram conexões com o componente gigante, a rede de artigos científicos é dividida em grupos. A detecção de grupos em redes complexas é realizada em diversos trabalhos científicos com o auxílio do agrupamento hierárquico que particiona a rede em sub-redes, com o objetivo de encontrar divisões naturais da rede, ou seja, divisões obtidas a partir da rede.

Técnicas de agrupamento hierárquico utilizam medidas de similaridade ou de força das conexões para comparar os vértices da rede. Quando as técnicas de agrupamento hierárquico

consideram cada vértice da rede um grupo e, em seguida, são adicionados vértices para formar uma sub-rede até que todos os vértices da rede pertençam a um grupo, entende-se que a técnica aglomerativa foi utilizada. Entretanto, quando inicia com apenas um grafo contendo todos os vértices da rede e em seguida, ocorre o particionamento dessa rede em sub-redes até alcançar algum critério de parada, entende-se que a técnica divisiva foi empregada (JAIN; DUBES, 1988).

Encontrar a divisão natural da rede é possível quando a métrica utilizada pelo algoritmo corresponde a métricas obtidas pelas informações extraídas da rede. Os autores Metz et al. (2007) destacam que algumas métricas empregadas para comparar vértices são: coeficientes de correlação, comprimento de caminhos entre vértices, fluxo máximo e operações com matrizes.

A técnica para detecção de grupos ou comunidades utilizada no presente trabalho foi proposta por Newman e Girvan (2004), implementada em Newman e Girvan (2004), Clauset, Newman e Moore (2004), e exposta por Metz et al. (2007).

A detecção de comunidades são obtidas com o agrupamento de vértices que contêm alta densidade de arestas entre os nós e baixa densidade de arestas que interligam grupos distintos. Um exemplo de existência de comunidades é a sub-divisão das áreas de conhecimento e suas sub-áreas.

O problema de detecção de comunidades em redes tem sido amplamente estudado nos últimos anos (CLAUSET; NEWMAN; MOORE, 2004). No trabalho de Newman e Girvan (2004) um conjunto de algoritmos foram propostos para determinar estrutura de comunidades em redes. Uma característica presente nestes algoritmos é a análise de medidas de *betweeness*.

O medida de *betweeness* utilizada foi desenvolvida por Anthonisse (1971), chamando-a de *rush*, e aplicada no procedimento de agrupamento por Newman e Girvan (2004), que utilizou o termo *edge betweeness*. O cálculo dessa *betweeness* é baseado na distância geodésica, onde são detectados os menores caminhos entre todos os pares de vértices e contados quantos utilizam cada aresta.

Uma outra propriedade do algoritmo de detecção de estrutura de comunidades proposto por Newman e Girvan (2004) é a da remoção de arestas que une as sub-redes. As arestas removidas não são necessariamente fracas no contexto de similaridade entre vértices, mas são arestas que determinam o surgimento das comunidades quando removidas da rede. Além disso, a cada remoção de uma aresta, o algoritmo atualiza o *betweeness* das arestas que permanecem na rede, pois os valores de *betweeness* iniciais não refletem mais o estado atual da rede.

Segue sequência de passos do algoritmo para detecção de comunidades:

- Cálculo de *betweenness* para todas as arestas da rede;
- Determine a aresta com maior *betweenness* e remova esta aresta da rede. Se duas ou mais arestas tiveram o mesmo valor de *betweenness* escolha uma delas alternativamente e a remova;
- Recalcule o *betweenness* para todas as arestas restantes na rede;
- Retorne ao passo 2.

Como descrito em Newman e Girvan (2004), este algoritmo tem um bom desempenho quando aplicado a redes geradas artificialmente e em exemplos reais com estruturas conhecidas à priori. Entretanto, em situações práticas, como é o caso das aplicações desta tese, o algoritmo será empregado para estruturas de comunidade desconhecidas a priori.

Tendo isso em mente, (NEWMAN; GIRVAN, 2004) propõem uma medida de qualidade de uma divisão particular da rede, a qual é chamada de modularidade, a qual é definida como:

$$Q = \sum_i (e_{ii} - a_i^2) = Tr(\underline{e}) - \|\underline{e}^2\| \quad (2.1.3)$$

em que \underline{e} representa uma matriz simétrica cujos elementos e_{ij} é a fração de todas as arestas na rede que conectam vértices da comunidade i a vértices da comunidade j ; $Tr(\underline{e}) = \sum_i e_{ii}$ é o traço da matriz \underline{e} , a qual representa a fração de arestas na rede que conectam vértices da mesma comunidade; $a_i = \sum_j e_{ij}$ é a soma das linhas (ou colunas) da matriz \underline{e} , a qual representa a função de arestas que conectam à comunidade i .

Deve ainda ser destacado que o traço da matriz \underline{e} representa a soma da densidade das arestas no grupo, sendo que um alto valor significa que os nós são densamente conectados dentro de cada comunidade.

A segunda parte Equação (2.1.3), $\|\underline{e}^2\|$, representa a soma de densidade das arestas em cada grupo quando todas as arestas são dispostas aleatoriamente (SHIBATA et al., 2008).

Vale ainda destacar que este algoritmo de agrupamento exclui arestas que conectam grupos com baixa densidade e preserva grupos em que os vértices estão conectados densamente. Um alto valor da medida de modularidade Q representa uma boa divisão de comunidades em que nós densos permanecem nos grupos e arestas esparsas entre grupos são eliminadas.

Assim, iniciando com uma rede na qual cada grupo contém um único vértice, o algoritmo é aplicado com o objetivo de agrupar os nós, de forma a maximizar o valor de Q . Para a junção de dois grupos, a mudança em Q é dada por:

$$\Delta Q = e_{st} + e_{ts} - 2a_s a_t = 2(e_{st} - a_s a_t) \quad (2.1.4)$$

Nesta tese, o critério de parada adotado é o mesmo de Shibata et al. (2008), em que ΔQ torna-se mínima de uma iteração para outra. Este critério tem como característica a extração de estruturas mais relevantes no que diz respeito às redes de citações.

2.1.5 Visualização da rede

A visualização da rede de citação é realizada utilizando o algoritmo *Large Graph Layout* (LGL) (ADAI et al., 2004), que apresenta bom desempenho computacional para redes com grandes números de vértices e arestas. O algoritmo LGL pode ser usado para visualização de redes com grande quantidade de arestas e vértices, o qual gera coordenadas para os vértices que posteriormente serão visualizados¹.

2.1.6 Cálculo da relevância de cada artigo

Após a aplicação do algoritmo de agrupamento, a relevância de cada artigo é determinada a partir de seu grau de importância no grupo e seu coeficiente de participação, o qual define como o vértice está posicionado em seu próprio grupo e entre grupos (GUIMERA; AMARAL, 2005). Este método é baseado no fato que vértices que tenham a mesma relevância tenham posições topológicas similares.

Seja z_i o grau de importância no grupo. O grau z_i mede o quanto que o vértice i está conectado a outros vértices no mesmo grupo, sendo calculado como:

$$z_i = \frac{K_i - \bar{K}_{s_i}}{\sigma_{K_{s_i}}} \quad (2.1.5)$$

em que K_i é o número de conexões do vértice i a outros vértices em seu grupo s_i , \bar{K}_{s_i} é a média de K sobre todos os vértices em s_i , e $\sigma_{K_{s_i}}$ é o desvio padrão de K em s_i . O grau de relevância

¹LGL esta disponível em <<http://bioinformatics.icmb.utexas.edu/lgl>>. Maiores detalhes também podem ser encontrados em <<http://sourceforge.net/projects/lgl/>>.

z_i de um vértice no grupo é alto se o número de ligações do vértice no grupo é alto.

O coeficiente de participação P_i entre grupos evidencia o quão distribuídas estão as conexões de um vértice i entre os diferentes grupos. Este coeficiente é calculado por:

$$P_i = 1 - \sum_{s=1}^{N_M} \left(\frac{K_{is}}{K_i} \right)^2 \quad (2.1.6)$$

em que K_{is} é o número de arestas do vértice i para outros vértices no grupo s , e K_i é o grau total do vértice i , ou seja, o número de arestas do vértice i . O coeficiente de participação P_i próximo de um, indica que suas conexões estão uniformemente distribuídas entre todos os grupos, e próximo de zero indica que todas as conexões estão dentro de seu próprio grupo (GUIMERA; AMARAL, 2005).

Guimera e Amaral (2005) aplicaram (2.1.5) e (2.1.6) a redes biológicas e heurísticamente definiram sete diferentes regras, ilustradas em um espaço de parâmetros $z - P$. A classificação estabelecida pelos autores sugere que vértices com $z \geq 2,5$ são *hubs*, enquanto vértices com $z < 2,5$ são considerados não *hubs*. Os vértices não *hubs* são divididos em 4 grupos: ultra-periféricos, vértices com a maioria de suas arestas dentro de seu grupo ($P < 0,05$); periféricos, vértices com muitas de suas arestas no seu grupo ($0,05 < P \leq 0,62$); conectores não *hubs*, vértices com alta proporção de arestas em outros grupos ($0,62 < P \leq 0,80$); bem distribuídos, vértices com arestas homogeneamente distribuídos entre os grupos ($P > 0,80$). Entre os vértices *hub* existem 3 grupos: *hubs* provinciais, vértices *hubs* com a maioria de suas arestas em seu grupo ($P < 0,80$); *hubs* conectores, vértices *hub* com muitas de suas arestas em outros grupos ($0,30 < P \leq 0,75$); e *hubs* bem distribuídos, vértices *hubs* com suas arestas homogeneamente distribuídas entre os grupos ($P > 0,75$).

2.1.7 Extração do conteúdo de cada grupo

A análise do conteúdo de cada grupo de artigos científicos foi realizada a partir dos *abstracts*, mediante aplicação de filtros linguísticos *C-value/NC-value* (MIMA; FRANTZI; ANANIADOU, 1998; FRANTZI; ANANIADOU; MIMA, 2000), do cálculo da frequência do termo (*tf*), da frequência inversa do documento (*idf*) e do peso de um específico termo em um determinado documento (*tf-idf*) (ROBERTSON, 2004).

As métricas *C-value/NC-value* são utilizadas para extração de termos, com unidades léxicas,

que possuem significado em um certo domínio (CASTELLVÍ, 2010; FINATTO; KRIEGER, 2004). Os termos também conhecidos como expressões multi-palavras (SAG et al., 2002; WRAY, 2002).

A métrica *C-value/NC-value* foi introduzida por Frantzi, Ananiadou e Tsujii (1998) e combina informação linguística e estatística para extração dos termos. O processo é dividido em duas etapas: (1) Cálculo da métrica *C-value*; (2) Cálculo de *NC-value*. Essas duas etapas são descritas abaixo.

Cálculo do C-value

Como detalhada em Torres (2012), nesta etapa é calculada a frequência dos termos no texto. Este cálculo consiste em duas parte:

- Parte Linguística:
 - Realiza-se um processo de lematização em todo o texto.
 - Aplica-se um filtro linguístico para obter os sintagmas nominais e preposicionais.
 - Remove-se os *stop-words*.
- Na parte estatística, retorna-se um valor para um conjunto de termos via:
 - Frequência total de ocorrências da cadeia candidata no *corpus*.
 - Frequência da cadeia candidata como parte de outros candidatos a termos maiores.
 - Número desses candidatos maiores.
 - Tamanho dos candidatos (quantidade de palavras).

A métrica *C-value* é explicitada como:

$$C\text{-value}(a) = \begin{cases} \log_2 |a| \times f(a), & \text{se } a \text{ estiver isolado} \\ \log_2 |a| \times \left(f(a) - \frac{1}{P(T_a)} \sum_{b \in T_a} f(b) \right), & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (2.1.7)$$

sendo: a o candidato a termo, $f(\cdot)$ a frequência da ocorrência no *corpus*, T_a o conjunto de candidato a termos extraídos que contém a , e, por fim, $P(T_a)$ o número desses candidatos a termos.

Cálculo do NC-value

A métrica *NC-value* é utilizada para identificar se os termos encontrados na etapa do cálculo *C-value* são corretos. A ideia deste cálculo é analisar palavras contextuais (substantivo, verbo ou adjetivo) que aparecem próximo a um termo candidato, a fim de entender seu significado. O nível de importância de uma palavra conceitual é dado por:

$$weight(w) = \frac{t(w)}{n} \quad (2.1.8)$$

sendo: w uma palavra conceitual, $t(w)$ o número de vezes que a palavra w aparece adjacente, e n o número total de termos considerados. Conhecendo o $weight(w)$ calcula-se o *NC-value*, ou seja,

$$NC-value(a) = 0.8 \times C-value(a) + 0.2 \times \sum_{b \in C_a} f_a(b) weight(b) \quad (2.1.9)$$

em que: a é o termo candidato; C_a é o conjunto de palavras contextuais de a ; b a palavra de C_a ; e, por fim, $f_a(b)$ é a frequência de b como uma palavra de contexto de a .

Após identificação dos termos de cada grupo via aplicação das métricas *C-value/NC-value* é necessário calcular a importância de cada um dos termos encontrados utilizando a frequência do termo (tf) e a frequência inversa do documento (idf).

Cálculo das frequências tf-idf

A frequência do termo i em um determinado artigo j , $tf_{i,j}$ fornece uma medida de importância do termo neste documento. Ou seja, a frequência do termo é dada pela soma das ocorrências do referido termo em um determinado documento.

A frequência inversa do documento, idf_i , a qual é calculada como sendo o logaritmo do quociente do número de todos os documentos analisados (N) pelo número de documentos que contém o termo i (DF_i), ou seja,

$$idf_i = \log \left(\frac{N}{DF_i} \right) \quad (2.1.10)$$

Note que o fator idf distingue a homogeneidade ou heterogeneidade dos documentos por meio dos seus termos, sendo único para cada termo da coleção. Como sugerido por Shibata et

al. (2008) a extração da importância do termo i no documento j é dado por:

$$tf-idf_{i,j} = tf_{i,j} \times idf_i = tf_{i,j} \times \log\left(\frac{N}{DF_i}\right) \quad (2.1.11)$$

Um termo com alto $tf-idf$ significa que este termo tem uma alta frequência em um determinado documento, mas raramente aparece em todos os documentos.

No presente trabalho, o peso $tf-idf$ para cada termo foi obtido para cada grupo da rede, e não para cada documento específico. Ou seja, o peso $tf-idf$ do termo i no grupo s é dado por:

$$tf-idf_{i,s} = tf_{i,s} \times idf_i = tf_{i,s} \times \log\left(\frac{N}{DF_s}\right) \quad (2.1.12)$$

em que $tf_{i,s}$ é o número de ocorrências do termo i no grupo s (SHIBATA et al., 2011).

2.2 Procedimentos computacionais

Os procedimentos de importar os dados, construir as redes, manter o componente gigante, aplicar o método de agrupamento, extrair os coeficiente de participação de cada artigo na rede e visualização, foram implementados no *software R* (R Core Team, 2014), com o uso dos pacotes: *igraph* (CSARDI; NEPUSZ, 2006), *ggplot2* (WICKHAM, 2009), *plyr* (WICKHAM, 2011), *dplyr* (WICKHAM; FRANCOIS, 2015), *stringr* (WICKHAM, 2012), *Hmisc* (JR; DUPONT; OTHERS., 2014), *downloader* (CHANG, 2013), *tiksDevice* (SHARPSTEEN; BRACKEN, 2015), *xtable* (DAHL, 2014), *Matrix* (BATES; MAECHLER, 2015) e *textir* (TADDY, 2013).

O procedimento de extração do conteúdo dos *abstracts* dos artigos, *C-value/NC-value* foram realizados via *Term Management System* disponível no *The National Centre for Text Mining - NaC-TeM* (<http://www.nactem.ac.uk>). As funções desenvolvidas nesta tese estão disponível no *Web Hosting* de projetos compartilhados *GitHub* no endereço <https://github.com/roneyfraga/citeme>.

Capítulo 3

Linhas de pesquisas emergentes em Bioenergia

3.1 Introdução

O processo de detecção de linhas de pesquisas emergentes em bioenergia inicia pela escolha dos termos utilizados para realizar a busca na plataforma *WoS*. Os trabalhos de Konur (2012) e Liu et al. (2014) utilizaram o termo “*biomass*” como componente essencial no título dos trabalhos e demais termos em qualquer parte da busca. Esses autores optaram por tal busca devido a sensibilidade do método adotado a possíveis ruídos. Kajikawa e Takeda (2008) utilizaram o termo de busca “*biomass*” em qualquer parte da busca seguido por outros termos.

Ao escolher a busca de Konur (2012) e Liu et al. (2014), que limita a palavra “*biomass*” no título dos artigos, a quantidade de artigos retornada é reduzida e textos importantes podem ser excluídos da busca. Todavia utilizar “*biomass*” em qualquer parte da busca sem outros controles pode retornar um número elevado de artigos de áreas como: agronomia, pesca, biologia marinha, tecnologias de águas, solos e florestas, além de bioenergia (KAJIKAWA; TAKEDA, 2008).

Ao pesquisar pelo termo “*biomas**” na base *WoS*, em março de 2015, 191 mil artigos foram retornados. Como apenas parte destes documentos são da área de bioenergia, o termo biomassa não foi utilizado na busca desse trabalho.

No presente estudo, optou-se por utilizar a combinação dos termos de busca utilizados por Konur (2012) e Kajikawa e Takeda (2008), como segue:

“*biofuel**” OR “*bio-fuel**” OR “*bioenergy*” OR “*bio-energy*” OR “*biomethan**” OR “*bio-methan**”

OR "bioethanol" OR "bio-ethanol*" OR "biodiesel*" OR "bio-diesel*" OR "biogas*" OR "bio-gas*" OR "biooil*" OR "bio-oil*" OR "bio-refin*" OR "synfuel*" OR "syn-fuel*" OR "syngas*" OR "syn-gas*" OR "synoil*" OR "syn-oil*" OR "biohydrogen*" OR "bio-hydrogen*"*.

Tal pesquisa retornou 69.004 documentos até dezembro de 2014.

A Figura 3.1 mostra a evolução do número de publicações por ano sobre bioenergia (Figura (3.1a)), e o valor acumulado das publicações (Figura (3.1b)). O crescimento a taxas crescentes revela que o campo de pesquisa ganhou importância ao longo do tempo, com crescimento acentuado após o ano 2005. Até o ano de 1980, 271 documentos foram publicados, entre o período de 1981 a 1990 foram publicados 859 documentos, de 1991 a 2000 foram publicados 6.665 documentos, de 2001 a 2010 foram publicados 23.895 documentos, e entre 2011 e 2014 houve 37.314 publicações. O período a partir de 1990, o ano com maior número de publicações é 2014, com 10.778 documentos.

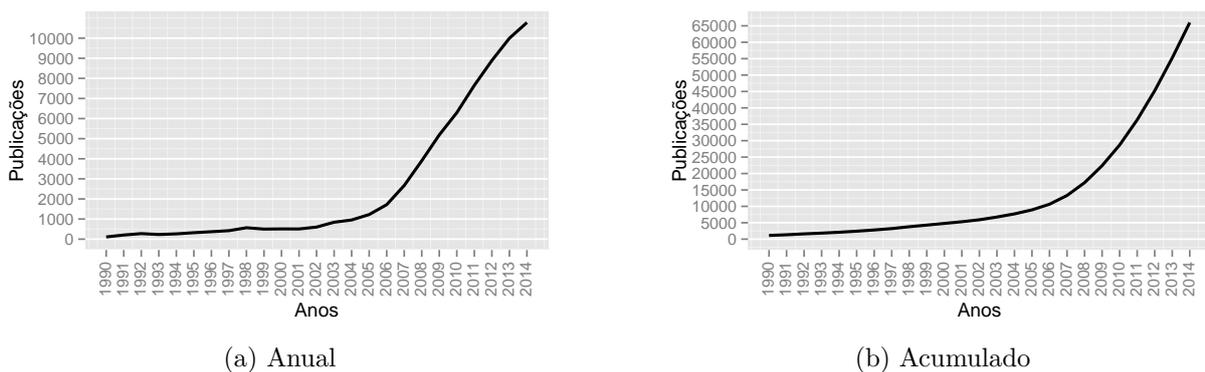


Figura 3.1: Publicações por ano.

Elaborado pelo autor (2015).

3.2 Análise dos resultados

A metodologia descrita no Capítulo 2, para detecção de linhas emergentes foi aplicada à base de dados, considerando os termos apresentados na Seção 2.1 e o conjunto de documentos referente ao período 1990 a 2014.

Após a construção da rede, e mantido apenas o componente gigante na estrutura, foram obtidos 55.651 documentos (vértices) com 491.803 citações (arestas). Foram excluídos os documentos que não atendem ao pré-requisito necessário para construir um código identificador

único – último nome do primeiro autor, ano de publicação, volume da publicação e página inicial – (PERSSON; DANELL; SCHNEIDER, 2009). A maioria dos documentos utilizados são *Articles*, *Reviews* e *Proceedings Paper* (Tabela 3.1).

Tabela 3.1: Tipo de documento.

Tipo de documento	Quantidade
Article	42761
Review	3571
Proceedings Paper	3190
Article; Proceedings Paper	2855
Editorial Material	377
Letter	139
Correction	102
Meeting Abstract	78
Review; Book Chapter	64
News Item	58
Note	58
Article; Book Chapter	34
Reprint	5
Book Review	3
Correction, Addition	2

Elaborado pelo autor (2015).

Após extração do componente gigante da rede aplicou-se o procedimento de agrupamento. A Figura 3.2 ilustra a evolução dos grupos a partir do ano 2000. Nota-se que em 2014, o algoritmo retornou 3 grupos maiores ($g1$, $g2$, $g3$) e um grupo em menor tamanho, $g4$. Cada círculo na figura representa um grupo, e o tamanho da círculo é função do número de artigos no grupo. Dessa forma, quanto maior o número de artigos maior o círculo. O eixo das ordenadas representa a idade média dos artigos que compõem o grupo a partir de 1990 a 2014. Quando mais recente forem os artigos, mais baixa será a posição do grupo no plano cartesiano. Em relação aos grupos maiores, o grupo $g1$ é composto por 21.266 artigos e tem a menor idade média em torno de 3 anos; os grupos $g2$ (com 15.241 artigos) e $g3$ (composto por 12.133 artigos) têm idade média entre 4 e 5 anos. O grupo $g4$ inclui 4.657 artigos, têm idade média em torno de 3 anos.

A baixa idade média de $g1$ e $g4$ sugerem que estes grupo são compostos por pesquisas de inovação em bioenergia, enquanto que os estudos relacionados aos grupos $g2$ e $g3$ focam, principalmente, em domínios de pesquisa mais tracionais.



Figura 3.2: Grupos por ano.

Elaborado pelo autor (2015).

O procedimento de agrupamento é realizado de forma cumulativa e independentemente em cada ano, ou seja, no ano 2000 todos os artigos publicados até então são agrupados, no ano 2001 um novo procedimento é realizado considerando todos os artigos publicados até o ano de 2001 e assim sucessivamente. Um artigo que no ano de 2000 estiver em um grupo, no ano de 2001 pode fazer parte de outro grupo. Se existir um padrão de grupos ao longo dos anos com tamanhos parecidos (quantidade de artigos) e posição vertical parecida (idade média do grupo) existe um indicativo de continuidade na formação dos grupos. A Figura 3.3 ilustra a formação de cada ao longo dos anos.

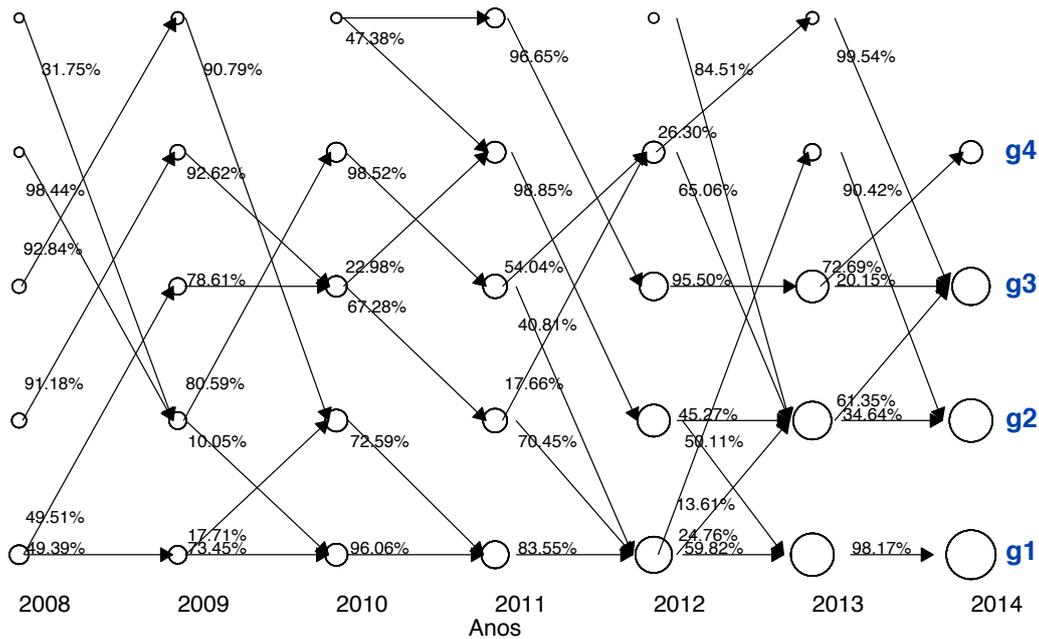


Figura 3.3: Formação dos grupos.

Elaborado pelo autor (2015).

Na Figura 3.3 ilustra a proporção dos artigos do grupo i no ano t para j em $t + 1$, sendo calculada como (número de artigos do grupo i em t para j em $(t + 1)$) / (número de artigos no grupo i em t). Observe que cada grupo está fortemente conectado e estas conexões, geralmente, contribuem com o tamanho dos grupos e não com a criação de novos grupos. Como exemplo considere o grupo $g1$ no ano de 2013, onde 98,17% tiveram como destino o grupo $g1$ de 2014, indicando alta similaridade deste grupo em 2013 e em 2014.

Já o grupo $g3$ em 2014 é composto por 99,54% dos documentos de um determinado grupo em 2013, 20,15% e 61,35% de documentos provenientes de outros dois grupos em 2013. Note que em 2014 tem-se a visualização de 4 grupos principais. Grupos com número total de artigos menor que 2% sobre o total de artigos para cada ano não foram considerados para a visualização.

Áreas do conhecimento estabelecidas, como é caso do grupo $g1$, com a maioria dos artigos tendo como origem poucos grupos no período $t - 1$; enquanto áreas do conhecimento em desenvolvimento, como o grupo $g3$, tendem a receber contribuições de diferentes grupos, o que pode ser caracterizado como inovações incrementais. A Figura 3.3 indica que o grupo $g1$ tende a ter contribuições contínuas dos mesmos grupo ao longo do tempo, enquanto os grupos $g2$, $g3$ e $g4$ não apresentam padrão estabelecido.

Os grupos estudados $g1$, $g2$, $g3$ e $g4$ são apresentados na Figura 3.4 em relação à evolução

ao longo dos anos. As cores vermelho, verde, azul escuro e azul claro, retratam a evolução das arestas (citações), ou seja, evolução de cada grupo, respectivamente. A rede no ano de 1995 indica que estão presentes documentos publicados até o ano de 1995, onde nota-se a presença de 4 grupos; no ano de 2000, com documentos publicados até este ano, o grupo $g1$ apresentou um aumento significativo de citações em relação aos demais grupos. Essa diferença é acentuada nas demais redes nos anos 2005, 2010, 2012 e 2014.

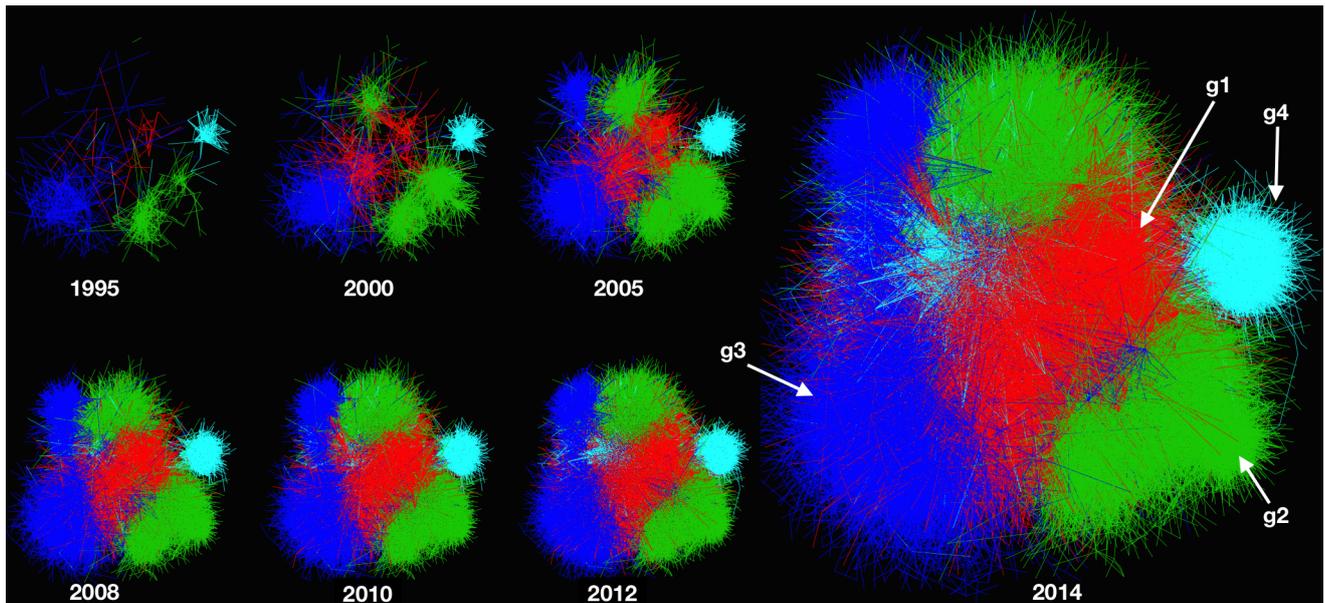


Figura 3.4: Evolução dos grupos.

Elaborado pelo autor (2015).

A análise da evolução dos grupos ao longo dos anos via número de documentos publicados, Figura 3.5, permite acompanhar a expansão das publicações dos documentos dos grupos, e em particular, do grupo $g1$ diante dos demais grupos. O crescimento no número de publicações presentes no grupo $g1$ a partir do ano 2008 é um indicativo que a comunidade científica voltou seus esforços para publicar trabalhos sobre bioenergia em temática de estudo do grupo $g1$. Cabe ainda destacar que o grupo $g4$ inicia seu processo de expansão após os demais grupos.

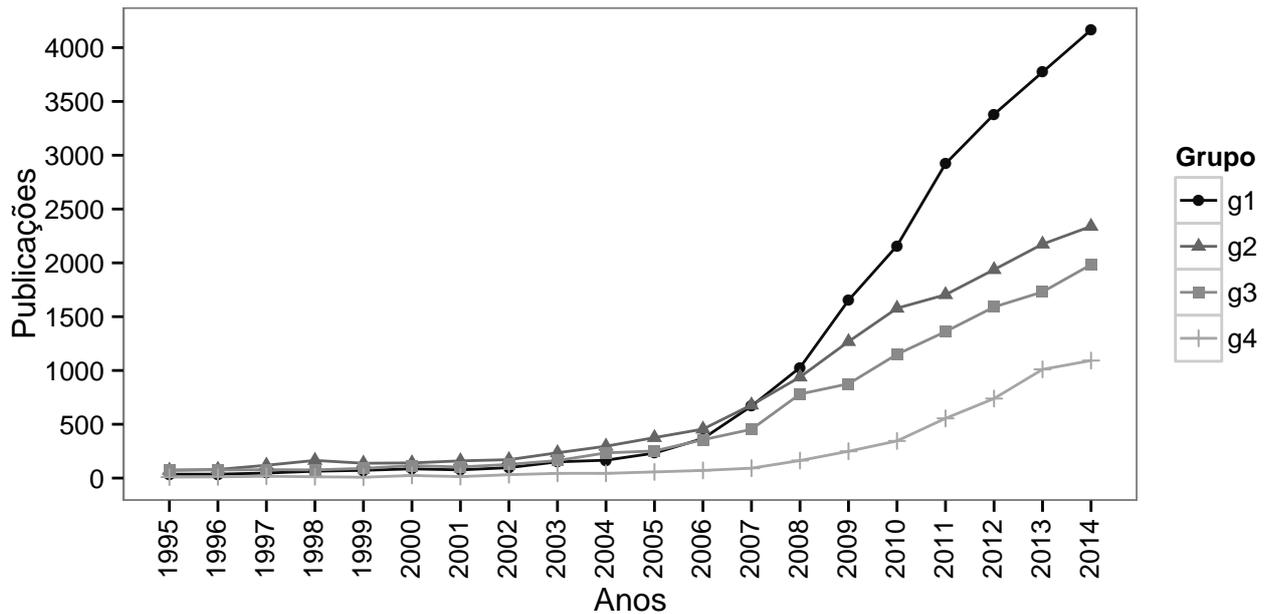


Figura 3.5: Quantidade de publicações por ano para cada grupo.

Elaborado pelo autor (2015).

A Figura 3.6, é construída a partir do grau importância de cada documento intra-grupo z e entre grupos P . Os valores de P e z altos indicam inovação incremental, enquanto valores de z altos e P baixos indicam inovação radical. A Figura 3.6 mostra o plano cartesiano $P - z$, com valores de P e z para os anos de 2002 a 2014. Considerando os 15 documentos com maior número de citação dentro na rede. Como exemplo, considere o artigo de *Fukuda, 2001, V92, P405*, o qual pode ser analisado os valores de P e z ao longo dos anos. Note que este artigo mudou da posição ultra-periférico (R1) cujos vértices com a maioria de suas arestas estão dentro de seu grupo, para *hub* provincial (R5) com vértices com a maioria de suas arestas em outros grupos.

Quando analisado o conjunto dos 15 artigos, tem-se 3 artigos classificados como periféricos (R2), ou seja, vértices não *hubs* com a maioria das arestas dentro do seu grupo; 6 artigos classificados com vértices *hubs* conectores com muitas de suas arestas em outros grupos; e o restante dos documentos classificados como vértices *hubs* provincial com a maioria de suas arestas em seu grupo.

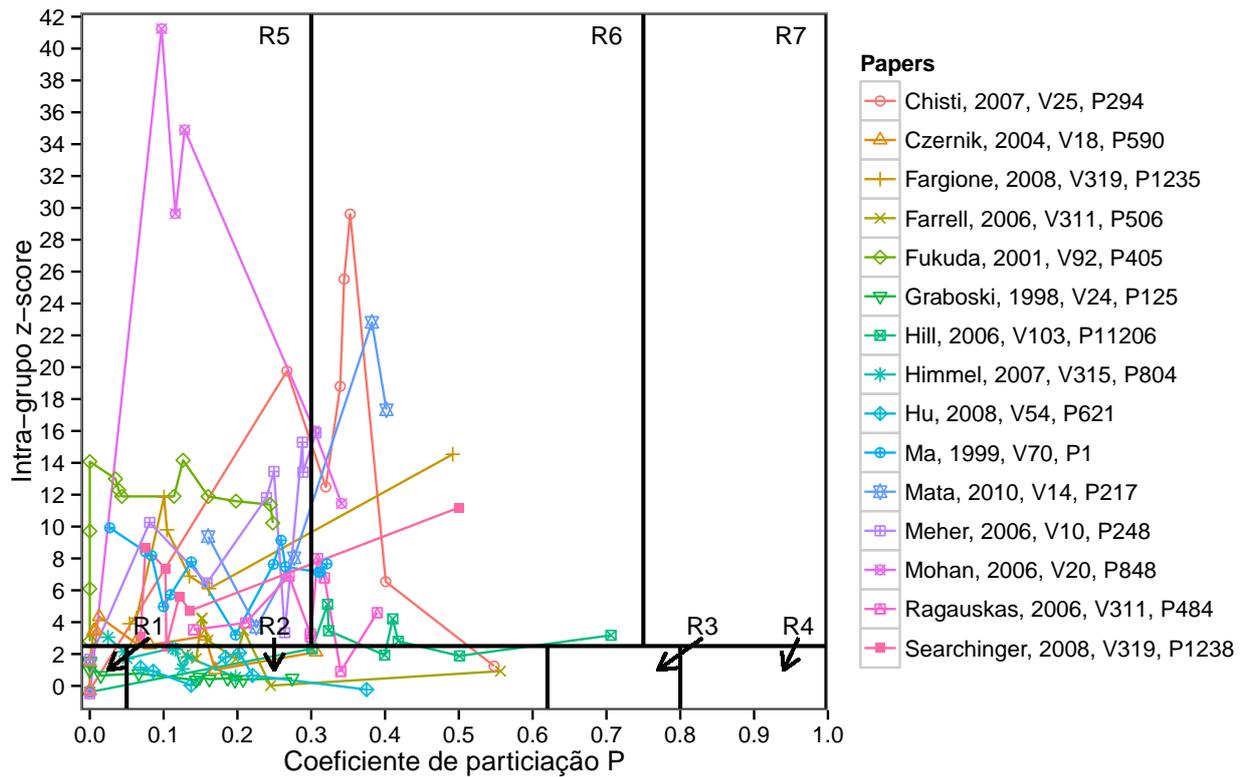


Figura 3.6: Medidas topológicas.

Elaborado pelo autor (2015).

Em estudos sobre redes complexas e nitreto de gálio (SHIBATA et al., 2008), e medicina regenerativa (SHIBATA et al., 2011), onde as mesmas métricas P e z foram aplicadas, padrões de comportamento foram identificados. Tal diferença pode ser explicada pelo nível de agregação utilizado em ambas as pesquisas. Os termos de buscas utilizados para medicina regenerativa retornaram 17.824 documentos, para redes complexas 7.370 documentos e para nitreto de gálio 15.134 artigos. Considerando que os termos de busca utilizados retornaram 69.004 documentos, o nível de agregação pode interferir nos resultados das medidas P e z . Tal questão levanta a hipótese que o método proposto por (SHIBATA et al., 2008) pode não ser eficiente quando aplicado a redes com elevado número de publicações científicas.

Para investigação do conteúdo de cada grupo, construiu-se três tabelas com os seguintes conteúdos:

- Tabela 3.2: contém o tamanho dos grupos em números de documentos, o ano médio dos documentos que compõem os grupos no ano de 2014 e os termos.

- Tabela 3.3: contém as revistas com maior número de publicações para cada grupo e a proporção das publicações para cada revista entre parênteses, sendo o total de publicações do grupo igual a um.
- Tabela 3.4: contém os artigos mais citados para cada grupo, o número de citações da base de dados *Web of Science (WoS)* e o número de citações entre as publicações da rede.

Tabela 3.2: Principais termos por grupo.

Grupos	Termos	Número de Artigos	Ano Médio
g1	Fast pyrolysis, bio-oil yield, panicum virgatum, slow pyrolysis, switchgrass panicum virgatum, hydrodeoxygenation hdo, residue removal, pyrolysis bio-oil, pyrolytic lignin, sugar recovery, energy wood, ethanol steam, biomass pyrolysis, lignin biosynthesis, perennial grass, stover removal, secondary wall, pulp production, biofuel supply, enzymatic digestibility.	21266	2010.94
g2	Oxygen permeation, oxygen permeation flux, injection timing, methanol synthesis, solid acid, methane pom, co hydrogenation, base catalyst, pom reaction, methanol molar ratio, lipozyme tl, oxide catalyst, ethanol-to-oil molar ratio, solid acid catalyst, tip penetration, diesel exhaust, smoke opacity, methanol-to-oil molar ratio, spray tip, spray tip penetration.	15241	2009.59
g3	Organic loading, organic loading rate, cod removal efficiency, direct electron, direct electron transfer, digestion process, bilirubin oxidase, redox polymer, dark fermentation, fermentative hydrogen, glucose oxidase gox, glucose oxidation, cod m-3, glucose dehydrogenase, anaerobic digestion process, fermentative hydrogen production, enzymatic biofuel cell, anaerobic filter, cumulative hydrogen, enzyme electrode.	12133	2009.24
g4	Milk fa, milk fat, conjugated linoleic acid cla, linoleic acid cla, vaccenic acid, ruminal biohydrogenation, conjugated linoleic, conjugated linoleic acid, cla isomer, adipose tissue, milk fatty acid, trans-11 cla, latin square design, holstein cow, duodenal flow, cla content, cis-12 cla, rumen biohydrogenation, n-3 fa, basal diet.	4657	2010.92

Elaborado pelo autor (2015).

Tabela 3.3: Revistas com maior número de citações por grupo.

Grupos	Revistas
g1	Bioresource technology (0.065), Biomass & bioenergy (0.06), Energy & fuels (0.026), Fuel (0.02), Energy policy (0.019), Renewable & sustainable energy reviews (0.017), Applied energy (0.016), International journal of hydrogen energy (0.016), Industrial & engineering chemistry research (0.015), Bioenergy research (0.014)
g2	Fuel (0.064), Energy & fuels (0.042), Applied catalysis a-general (0.032), Bioresource technology (0.029), Industrial & engineering chemistry research (0.027), Catalysis today (0.026), Fuel processing technology (0.026), International journal of hydrogen energy (0.021), Journal of the american oil chemists society (0.017), Catalysis letters (0.015)
g3	Bioresource technology (0.1), International journal of hydrogen energy (0.088), Water science and technology (0.039), Biomass & bioenergy (0.022), Water research (0.015), Waste management (0.015), Renewable energy (0.014), Applied microbiology and biotechnology (0.013), Renewable & sustainable energy reviews (0.013), Environmental technology (0.012)
g4	Bioresource technology (0.11), Journal of dairy science (0.042), Journal of applied phycology (0.021), Applied microbiology and biotechnology (0.021), Algal research-biomass biofuels and bioproducts (0.018), Journal of animal science (0.018), Biomass & bioenergy (0.018), Plos one (0.015), Biotechnology and bioengineering (0.015), Animal feed science and technology (0.013)

Elaborado pelo autor (2015).

Tabela 3.4: Lista de artigos mais citados por grupo.

Grupo	Artigo	Título	WoS ¹	Citações ²
g1	Searchinger, 2008, V319, P1238	Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change	1512	1073
	Mohan, 2006, V20, P848	Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: A critical review	1374	929
	Ragauskas, 2006, V311, P484	The path forward for biofuels and biomaterials	1917	895
	Fargione, 2008, V319, P1235	Land clearing and the biofuel carbon debt	1245	879
	Farrell, 2006, V311, P506	Ethanol can contribute to energy and environmental goals	1188	730
	Hill, 2006, V103, P11206	Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels	940	710
	Himmel, 2007, V315, P804	Biomass recalcitrance: Engineering plants and enzymes for biofuels production	1225	645
	Czernik, 2004, V18, P590	Overview of applications of biomass fast pyrolysis oil	816	627
	Hendriks, 2009, V100, P10	Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass	864	523
	Tilman, 2006, V314, P1598	Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass	682	471
g2	Ma, 1999, V70, P1	Biodiesel production: a review	2050	1867
	Meher, 2006, V10, P248	Technical aspects of biodiesel production by transesterification - a review	1017	925
	Graboski, 1998, V24, P125	Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines	809	729
	Fukuda, 2001, V92, P405	Biodiesel fuel production by transesterification of oils	787	701
	Srivastava, 2000, V4, P111	Triglycerides-based diesel fuels	677	614
	Zhang, 2003, V89, P1	Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment	636	590
	Lotero, 2005, V44, P5353	Synthesis of biodiesel via acid catalysis	658	585
	Knothe, 2005, V86, P1059	Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters	642	569
	Agarwal, 2007, V33, P233	Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines	711	557
	Lapuerta, 2008, V34, P198	Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions	531	494
g3	Barton, 2004, V104, P4867	Enzymatic biofuel cells for Implantable and microscale devices	654	531
	Levin, 2004, V29, P173	Biohydrogen production: prospects and limitations to practical application	650	522
	Kapdan, 2006, V38, P569	Bio-hydrogen production from waste materials	530	423
	Hawkes, 2002, V27, P1339	Sustainable fermentative hydrogen production: challenges for process optimisation	488	397
	Fang, 2002, V82, P87	Effect of pH on hydrogen production from glucose by a mixed culture	447	361
	Bullen, 2006, V21, P2015	Biofuel cells and their development	469	359
	Heller, 2004, V6, P209	Miniature biofuel cells	399	327
	Lay, 1999, V33, P2579	Feasibility of biological hydrogen production from organic fraction of municipal solid waste	409	324
	Mata-alvarez, 2000, V74, P3	Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives	494	305
	Logan, 2006, V40, P5181	Microbial fuel cells: Methodology and technology	1405	286
g4	Chisti, 2007, V25, P294	Biodiesel from microalgae	2191	1694
	Hu, 2008, V54, P621	Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances	927	690
	Mata, 2010, V14, P217	Microalgae for biodiesel production and other applications: A review	824	601
	Rodolfi, 2009, V102, P100	Microalgae for Oil: Strain Selection, Induction of Lipid Synthesis and Outdoor Mass Cultivation in a Low-Cost Photobioreactor	627	503
	Chisti, 2008, V26, P126	Biodiesel from microalgae beats bioethanol	577	494
	Brennan, 2010, V14, P557	Biofuels from microalgae-A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products	655	478
	Schenk, 2008, V1, P20	Second Generation Biofuels: High-Efficiency Microalgae for Biodiesel Production	532	458
	Miao, 2006, V97, P841	Biodiesel production from heterotrophic microalgal oil	446	392
	Atsumi, 2008, V451, P86	Non-fermentative pathways for synthesis of branched-chain higher alcohols as biofuels	608	314
	Lardon, 2009, V43, P6475	Life-Cycle Assessment of Biodiesel Production from Microalgae	368	314

¹WoS - número de citações segundo o *Web of Science*. ²Citações - número de citações internas na rede.

Elaborado pelo autor (2015).

Como já apontado na análise da Figura 3.2, o maior grupo é *g1* com 21.266 artigos, Tabela

3.2, que apresenta termos relacionados ao processo termoquímico de decomposição de matéria orgânica, pirólise (*pyrolysis*), processo utilizado na produção de biocombustíveis a partir de biomassa, representada pelos termos: *panicum virgatum*, *switch-grass panicum virgatum*, *wood*, *perennial grass*, *ethanol steam*, entre outros termos. A revista com maior número de publicações é *Bioresource technology*, com 6,5% do total de publicações do grupo, Tabela 3.3, e os artigos mais citados para cada grupo estão na Tabela 3.4. Ao analisar os dados referente a este grupo nota-se que o grupo *g1* representa estudos que tratam da produção de biocombustíveis a partir de biomassa, podendo ainda ser identificado como estudos sobre a utilização de tecnologias de segunda geração para a produção de biocombustíveis.

O grupo *g2* apresenta termos presentes no processo de produção do biodiesel, tais como *Oxygen permeation*, *oxygen permeation flux*, *injection timing*, *methanol synthesis*, etc, (Tabela 3.2). Fato corroborado ao analisar que os 10 artigos mais citados deste grupo, Tabela 3.4, estão relacionados à produção de biodiesel, e a revista com maior número de publicações dos documentos do grupo *g2* é *Fuel* com 6,4% do total de artigos publicados no grupo (Tabela 3.3). Conclui-se que o grupo *g2* é relacionado a produção de biodiesel.

O grupo *g3* apresenta termos relacionados a produção de bio-hidrogênio e células de biocombustíveis (Tabela 3.2). Este fator é corroborado pelas revistas mais utilizadas para publicações dos trabalhos desse grupo *Bioresource technology* e *International journal of hydrogen energy*, como pode ser corroborado na Tabela 3.3 e pelos 10 documentos mais citados, Tabela 3.4.

Por fim, o grupo *g4* apresenta termos relacionados a produtos de origem animal (Tabela 3.2). Porém, os os documentos mais citados estão relacionados a produção de biocombustíveis a partir de microalgas. Tal divergência será discutida nos próximos passos do trabalho.

Os procedimentos adotados até o presente momento foram descritos no Capítulo 2, seguindo proposta de Shibata et al. (2008) e Shibata et al. (2011). Os resultados obtidos até aqui auxiliaram na compreensão dos principais grupos em que as publicações acadêmicas de bioenergia estão distribuídas. Contudo, como os 4 grupos encontrados apresentam um elevado nível de agregação – *g1* tem 21.266 documentos, *g2* com 15.241 documentos, *g3* com 12.133 documentos e *g4* contém 4.657 documentos – não permitiu identificar linhas de pesquisas emergentes. Os grupos *g1* produção de biocombustíveis a partir de biomassa, *g2* biodiesel, *g3* bio-hidrogênio e células de combustíveis, e *g4* biocombustíveis a partir de microalgas, são linhas de pesquisas estabelecidas porém jovens (TSAY, 2008; KONUR, 2011; KONUR, 2012). Verificou-se que temas emergentes

como etanol de segunda geração (SOUZA et al., 2015) não ficaram explícitos, possivelmente devido ao nível de agregação que ainda está alto, o que evidencia que o método proposto por Shibata et al. (2008), conforme formulado originalmente, detecta linhas de pesquisas emergentes apenas com elevado nível de agregação, limitando os resultados.

Buscando aprimorar o método para encontrar linhas de pesquisas emergentes optou-se por reaplicar o método de agrupamento, para cada um dos quatro grupos separadamente. Os resultados estão descritos na próxima seção.

3.3 Análise da reaplicação do método de agrupamento

Dada a constatação de que o nível de agregação obtido após a aplicação do método de agrupamento era elevado, neste trabalho optou-se pela reaplicação do método de agrupamento para cada um dos quatro grupos principais. O procedimento de agrupamento aplicado aos grupos g_1 , g_2 , g_3 detectaram 5 sub-grupos para cada um deles, enquanto para o grupo g_4 foram encontrados 4 sub-grupos. O conteúdo dos grupos serão analisados a partir de três tabelas:

- Tabela 3.5: contém o tamanho dos sub-grupos em números de documentos, o ano médio dos documentos que compõem os sub-grupos no ano de 2014 e os termos extraídos ao aplicar o método descrito na Seção 2.1.7.
- Tabela 3.6: contém as revistas com maior número de publicações para cada sub-grupo e a proporção das publicações para cada revista entre parênteses, sendo o total de publicações do sub-grupo igual a um.
- Tabela 3.7: contém os artigos mais citados para cada sub-grupo, o número de citações da base de dados *Web of Science (WoS)* e o número de citações entre as publicações da rede.

Tabela 3.5: Principais termos por sub-grupo - nível 2.

Grupos	Termos	Número de Artigos	Ano Médio
g1.1	Biofuel crop, ethanol steam, life cycle assessment, greenhouse gas ghg, greenhouse gas ghg emission, energy crop production, glycerol conversion, succinic acid, forest carbon, land-use change, forest bioenergy, forest owner, stover removal, carbon mitigation, life cycle assessment lca, climate mitigation, land grab, ecosystem service, direct land, soil carbon.	8210	2010.63
g1.2	Trichoderma reesei, cerevisiae strain, enzymatic saccharification, enzyme loading, cellulolytic enzyme, ethanol productivity, enzymatic digestibility, simultaneous saccharification, xylose yield, cellulosic substrate, secondary wall, pichia stipitis, yeast cell, ethanol fermentation, saccharomyces cerevisiae strain, clostridium thermocellum, maximum ethanol, xylose fermentation, glycoside hydrolases, enzyme cocktail.	6976	2011.43
g1.3	Hydrothermal liquefaction, pyrolysis oil, catalytic pyrolysis, bio-oil yield, liquid product, pyrolytic oil, microwave pyrolysis, maximum bio-oil yield, liquid yield, hydrodeoxygenation hdo, model compound, catalytic steam, zsm-5 catalyst, catalytic fast pyrolysis, product yield, pyrolytic lignin, space velocity, pyrolysis experiment, pyrolysis liquid, coke formation.	4896	2010.88
g1.4	Date palm residue, genome sequence, transcription factor, simultaneous saccharification, fermentation ssf, saccharification efficiency, biomass recalcitrance, cell wall, life cycle, fast pyrolysis, lignocellulosic biomass, ethanol yield, ghg emission, enzymatic hydrolysis, life cycle assessment, plant cell wall, life cycle assessment lca, pyrolysis temperature, lignocellulosic material, lignin content.	467	2010.01
g1.5	Humus layer, short-rotation woody crop srwc, stem-only harvest, simultaneous saccharification, nitrogen fertilization, enzymatic hydrolysis, ethanol yield, pyrolysis temperature, fast pyrolysis, molecular weight, pyrolysis oil, life cycle, woody biomass, lignocellulosic biomass, shrub willow hybrid, native willow accession, life cycle assessment, life cycle assessment lca, crude pomace oil, bio-oil yield.	272	2010.82
g2.1	Engine load, brake thermal efficiency, specific fuel consumption, injection timing, smoke opacity, injection pressure, cloud point, direct injection di, brake specific fuel consumption, thermal efficiency.	5242	2010.65
g2.2	Oxygen permeation, ethane conversion, methane conversion, oxygen carrier, partial oxidation, co hydrogenation, permeation flux, ch4 conversion, oxygen permeation flux, catalytic partial oxidation.	4863	2007.22
g2.3	Esterification reaction, transesterification reaction, free fatty acid, oil molar ratio, fame yield, reaction condition, oleic acid, supercritical methanol, palm oil, solid base.	4289	2010.77
g2.4	Recovery test, aerobic biodegradation, pah removal, atomization temperature, graphite furnace, mol l-1, mgp soil, petroleum hydrocarbon, discriminant analysis, spectral interference.	499	2010.66
g2.5	Photoionization mass spectrometry, rapeseed oil methyl ester rme, biodiesel combustion, ignition delay, methyl butanoate, equivalency ratio, experimental datum, methyl decanoate, shock tube, chemical kinetic model.	219	2011.02
g3.1	Biomass burning, biogas slurry, anaerobic co-digestion, rural household, swine manure, specific methane yield, rural area, cow manure, biofuel burning, water hyacinth.	5460	2008.09
g3.2	Mol h-2, mol glucose, fermentative hydrogen, fermentative hydrogen production, mol h2, hydrogen production rate, crude glycerol, ml h-2, lipid production, h2 production.	3131	2010.74
g3.3	Biofuel cell, glucose oxidase, modified electrode, direct electron transfer, bilirubin oxidase, glassy carbon, redox polymer, glucose oxidase gox, direct electron, redox mediator.	2234	2010.27
g3.4	Soft system, thermal efficiency, nox emission, h2s removal, ysz anode, compression ratio, spark ignition engine, hcci engine, simulated biogas, ignition engine.	907	2009.83
g3.5	Landfill gas, ch4 emission, municipal solid waste landfill, raw sewage, ghg emission, food waste, greenhouse gas ghg emission, upflow anaerobic sludge blanket uasb, upflow anaerobic sludge blanket uasb reactor, bed reactor afbr.	116	2006.09
g4.1	Lipid productivity, flue gas, lipid production, algae cultivation, biomass productivity, nutrient removal, chlorella sp, algae growth, chlorella vulgaris, algae production.	2063	2012.33
g4.2	Jatropha curcas, ms medium, curcas seed, butanol production, butanol tolerance, shoot bud, castor bean, male flower, synechocystis sp, phorbol ester.	1348	2011.92
g4.3	Milk fa, milk fat, conjugated linoleic, conjugated linoleic acid, milk yield, conjugated linoleic acid cla, linoleic acid cla, latin square, ruminal biohydrogenation, cla isomer.	988	2006.71
g4.4	Synthesis gas, gas fermentation, producer gas, syngas fermentation, clostridium ljungdahlii, ljungdahlii dsm, clostridium carboxidivorans, clostridium ragsdalei, co conversion, rnf complex.	114	2011.27

Elaborado pelo autor (2015).

Tabela 3.6: Revistas com maior número de publicações por sub-grupo - nível 2.

Grupos	Revistas
g1.1	Biomass & bioenergy (0.099), Energy policy (0.044), Global change biology bioenergy (0.029), Renewable & sustainable energy reviews (0.028), Applied energy (0.022), International journal of hydrogen energy (0.021), Biofuels bioproducts & biorefining-biofpr (0.02), Energy (0.02), Bioenergy research (0.019), Bioresource technology (0.018).
g1.2	Bioresource technology (0.11), Biotechnology for biofuels (0.039), Biomass & bioenergy (0.032), Applied biochemistry and biotechnology (0.029), Bioresources (0.026), Applied microbiology and biotechnology (0.02), Industrial crops and products (0.018), Bioenergy research (0.018), Biotechnology and bioengineering (0.015), Plos one (0.014).
g1.3	Bioresource technology (0.086), Energy & fuels (0.084), Fuel (0.059), Journal of analytical and applied pyrolysis (0.049), Biomass & bioenergy (0.031), Fuel processing technology (0.028), International journal of hydrogen energy (0.027), Industrial & engineering chemistry research (0.027), Energy sources part a-recovery utilization and environmental effects (0.026), Applied catalysis a-general (0.019).
g1.4	Biomass & bioenergy (0.12), Fuel (0.079), Energy & fuels (0.062), Fuel processing technology (0.034), Bioresource technology (0.028), Applied energy (0.024), Applied thermal engineering (0.019), Waste management (0.019), Applied engineering in agriculture (0.015), Renewable & sustainable energy reviews (0.015).
g1.5	Energy education science and technology part a-energy science and research (0.65), Energy education science and technology part b-social and educational studies (0.044), Renewable & sustainable energy reviews (0.029), Biomass & bioenergy (0.026), Energy policy (0.018), Science (0.018), Applied energy (0.015), 2009 asia-pacific power and energy engineering conference (apeec), vols 1-7 (0.011), Energy (0.011), Energy sources part b-economics planning and policy (0.011).
g2.1	Fuel (0.11), Energy & fuels (0.055), Biomass & bioenergy (0.031), Renewable & sustainable energy reviews (0.031), Energy (0.029), Applied energy (0.026), Journal of the american oil chemists society (0.025), Energy conversion and management (0.025), Fuel processing technology (0.025), Renewable energy (0.023).
g2.2	Applied catalysis a-general (0.075), Catalysis today (0.07), International journal of hydrogen energy (0.061), Industrial & engineering chemistry research (0.043), Catalysis letters (0.04), Journal of catalysis (0.027), Energy & fuels (0.027), Chinese journal of catalysis (0.026), Fuel (0.026), Journal of power sources (0.023).
g2.3	Bioresource technology (0.073), Fuel (0.053), Energy & fuels (0.04), Industrial & engineering chemistry research (0.038), Fuel processing technology (0.035), Applied catalysis a-general (0.029), Journal of the american oil chemists society (0.025), Journal of molecular catalysis b-enzymatic (0.024), Chemical engineering journal (0.016), Energy conversion and management (0.014).
g2.4	Fuel (0.084), Talanta (0.066), Energy & fuels (0.048), Journal of chemical education (0.046), Quimica nova (0.034), Analytica chimica acta (0.032), Journal of chromatography a (0.032), Journal of the american oil chemists society (0.032), Journal of the brazilian chemical society (0.026), Microchemical journal (0.026).
g2.5	Combustion and flame (0.21), Proceedings of the combustion institute (0.16), Journal of physical chemistry a (0.11), Energy & fuels (0.091), Fuel (0.055), Industrial & engineering chemistry research (0.023), International journal of chemical kinetics (0.018), Applied energy (0.014), Combustion science and technology (0.014), Combustion theory and modelling (0.014).
g3.1	Bioresource technology (0.13), Water science and technology (0.064), Biomass & bioenergy (0.036), Waste management (0.027), Renewable & sustainable energy reviews (0.023), Renewable energy (0.022), Water research (0.022), Environmental technology (0.018), Applied energy (0.018), Waste management & research (0.012).
g3.2	International journal of hydrogen energy (0.29), Bioresource technology (0.13), Applied microbiology and biotechnology (0.024), Biomass & bioenergy (0.018), Biotechnology and bioengineering (0.016), Applied biochemistry and biotechnology (0.015), Water science and technology (0.013), Process biochemistry (0.013), Journal of biotechnology (0.012), Renewable energy (0.011).

Tabela 3.6: Continuação.

g3.3	Biosensors & bioelectronics (0.062), Electrochimica acta (0.056), Electrochemistry communications (0.036), Electroanalysis (0.034), Journal of power sources (0.03), Bioresource technology (0.027), Bioelectrochemistry (0.022), Journal of the american chemical society (0.021), Environmental science & technology (0.021), Physical chemistry chemical physics (0.02).
g3.4	International journal of hydrogen energy (0.11), Journal of power sources (0.052), Water science and technology (0.034), Chemical engineering journal (0.025), Energy conversion and management (0.025), Fuel (0.023), Bioresource technology (0.018), Energy (0.018), Industrial & engineering chemistry research (0.018), Journal of environmental protection and ecology (0.018).
g3.5	Water science and technology (0.1), Bioresource technology (0.086), Water research (0.069), Journal of chemical technology and biotechnology (0.052), Environmental technology (0.043), Environmental science & technology (0.034), Fresenius environmental bulletin (0.034), Biotechnology and bioengineering (0.026), Chemical engineering journal (0.026), Chemosphere (0.026).
g4.1	Bioresource technology (0.22), Journal of applied phycology (0.043), Algal research-biomass biofuels and bioproducts (0.038), Biomass & bioenergy (0.028), Applied energy (0.026), Applied biochemistry and biotechnology (0.019), Applied microbiology and biotechnology (0.017), Biotechnology and bioengineering (0.017), Environmental science & technology (0.016), Renewable & sustainable energy reviews (0.013).
g4.2	Metabolic engineering (0.041), Applied microbiology and biotechnology (0.037), Plos one (0.03), Applied and environmental microbiology (0.024), Biotechnology for biofuels (0.024), Bioresource technology (0.019), Biotechnology and bioengineering (0.019), Proceedings of the national academy of sciences of the united states of america (0.019), Current opinion in biotechnology (0.018), Industrial crops and products (0.018).
g4.3	Journal of dairy science (0.2), Journal of animal science (0.084), Animal feed science and technology (0.063), Animal (0.036), Asian-australasian journal of animal sciences (0.034), Lipids (0.031), Meat science (0.027), Journal of nutrition (0.022), Livestock science (0.019), Small ruminant research (0.019).
g4.4	International journal of hydrogen energy (0.11), Journal of power sources (0.052), Water science and technology (0.034), Chemical engineering journal (0.025), Energy conversion and management (0.025), Fuel (0.023), Bioresource technology (0.018), Energy (0.018), Industrial & engineering chemistry research (0.018), Journal of environmental protection and ecology (0.018).

Elaborado pelo autor (2015).

Tabela 3.7: Artigos mais citados por sub-grupo - nível 2.

Grupo	Artigo	Título	WoS	Citações
g1.1	Searchinger, 2008, V319, P1238	Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change	1512	986
	Fargione, 2008, V319, P1235	Land clearing and the biofuel carbon debt	1245	807
	Hill, 2006, V103, P11206	Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels	940	469
	Tilman, 2006, V314, P1598	Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass	682	438
	Mclaughlin, 2005, V28, P515	Development of switchgrass (<i>Panicum virgatum</i>) as a bioenergy feedstock in the United States	378	286
g1.2	Ragauskas, 2006, V311, P484	The path forward for biofuels and biomaterials	1917	793
	Farrell, 2006, V311, P506	Ethanol can contribute to energy and environmental goals	1188	645
	Himmel, 2007, V315, P804	Biomass recalcitrance: Engineering plants and enzymes for biofuels production	1225	613
	Hendriks, 2009, V100, P10	Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass	864	439
	Alvira, 2010, V101, P4851	Pretreatment technologies for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis: A review	656	428
g1.3	Mohan, 2006, V20, P848	Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: A critical review	1374	907
	Czernik, 2004, V18, P590	Overview of applications of biomass fast pyrolysis oil	816	622
	Bridgwater, 1999, V30, P1479	An overview of fast pyrolysis of biomass	543	334
	Elliott, 2007, V21, P1792	Historical developments in hydroprocessing bio-oils	428	323
	Bridgwater, 2003, V91, P87	Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass	559	305
g1.4	Miles, 1996, V10, P125	Boiler deposits from firing biomass fuels	155	50
	Sokhansanj, 2004, V20, P495	Biomass densification - Cubing operations and costs for corn stover	61	30
	Tuskan, 1998, V14, P307	Short-rotation woody crop supply systems in the United States: What do we know and what do we need to know?	72	22
	Vogel, 2008, V27, P471	High-efficiency Agrobacterium-mediated transformation of <i>Brachypodium distachyon</i> inbred line Bd21-3	86	22
	Hinchee, 2009, V45, P619	Short-rotation woody crops for bioenergy and biofuels applications	41	21
g1.5	Demirbas, 2010, V2, P75	Social, economic, environmental and policy aspects of biofuels	190	107
	Demirbas, 2010, V26, P37	Biomass business and operating	137	105
	Demirbas, 2010, V26, P13	Biofuels for future transportation necessity	99	91
	Sahin, 2011, V26, P129	Environmental impacts of biofuels	101	85
	Demirbas, 2010, V25, P31	Microalgae as a feedstock for biodiesel	108	84
g2.1	Graboski, 1998, V24, P125	Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines	809	683
	Srivastava, 2000, V4, P111	Triglycerides-based diesel fuels	677	553
	Agarwal, 2007, V33, P233	Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines	711	469
	Lapuerta, 2008, V34, P198	Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions	531	466
	Knothe, 2005, V86, P1059	Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters	642	444
g2.2	Hickman, 1993, V259, P343	Production of syngas by direct catalytic-oxidation of methane	643	363
	Bradford, 1999, V41, P1	CO ₂ reforming of CH ₄	658	211
	Torniainen, 1994, V146, P1	Comparison of monolith-supported metals for the direct oxidation of methane to syngas	266	174

Tabela 3.7: Continuação.

	Balachandran, 1995, V133, P19	Dense ceramic membranes for partial oxidation of methane to syngas	259	154
	Tsai, 1997, V43, P2741	Dense perovskite membrane reactors for partial oxidation of methane to syngas	203	149
g2.3	Ma, 1999, V70, P1	Biodiesel production: a review	2050	1548
	Meher, 2006, V10, P248	Technical aspects of biodiesel production by transesterification - a review	1017	790
	Fukuda, 2001, V92, P405	Biodiesel fuel production by transesterification of oils	787	619
	Lotero, 2005, V44, P5353	Synthesis of biodiesel via acid catalysis	658	545
	Zhang, 2003, V89, P1	Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment	636	506
g2.4	Monteiro, 2008, V77, P593	Critical review on analytical methods for biodiesel characterization	129	108
	Knothe, 2001, V78, P1025	Determining the blend level of mixtures of biodiesel with conventional diesel fuel by fiber-optic near-infrared spectroscopy and H-1 nuclear magnetic resonance spectroscopy	109	98
	Pimentel, 2006, V82, P201	Determination of biodiesel content when blended with mineral diesel fuel using infrared spectroscopy and multivariate calibration	95	80
	Oliveira, 2006, V69, P1278	Determination of methyl ester contents in biodiesel blends by FTIR-ATR and FTNIR spectroscopies	71	62
	Zhang, 1998, V41, P1423	Biodegradability of biodiesel in the aquatic environment	78	62
g2.5	Herbinet, 2008, V154, P507	Detailed chemical kinetic oxidation mechanism for a biodiesel surrogate	162	122
	Fisher, 2000, V28, P1579	Detailed chemical kinetic mechanisms for combustion of oxygenated fuels	154	107
	Gail, 2007, V31, P305	A wide-ranging kinetic modeling study of methyl butanoate combustion	114	89
	Dooley, 2008, V153, P2	Autoignition measurements and a validated kinetic model for the biodiesel surrogate, methyl butanoate	110	80
	Metcalfe, 2007, V111, P4001	Experimental and modeling study of C ₅ H ₁₀ O ₂ ethyl and methyl esters	95	73
g3.1	Mata-alvarez, 2000, V74, P3	Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives	494	288
	Weiland, 2010, V85, P849	Biogas production: current state and perspectives	340	243
	Appels, 2008, V34, P755	Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge	378	191
	Ward, 2008, V99, P7928	Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources	277	177
	Hansen, 1998, V32, P5	Anaerobic digestion of swine manure: Inhibition by ammonia	324	176
g3.2	Levin, 2004, V29, P173	Biohydrogen production: prospects and limitations to practical application	650	491
	Hawkes, 2002, V27, P1339	Sustainable fermentative hydrogen production: challenges for process optimisation	488	383
	Kapdan, 2006, V38, P569	Bio-hydrogen production from waste materials	530	372
	Fang, 2002, V82, P87	Effect of pH on hydrogen production from glucose by a mixed culture	447	355
	Lay, 1999, V33, P2579	Feasibility of biological hydrogen production from organic fraction of municipal solid waste	409	315

Tabela 3.7: Continuação.

g3.3	Barton, 2004, V104, P4867	Enzymatic biofuel cells for Implantable and microscale devices	654	524
	Bullen, 2006, V21, P2015	Biofuel cells and their development	469	352
	Heller, 2004, V6, P209	Miniature biofuel cells	399	327
	Logan, 2006, V40, P5181	Microbial fuel cells: Methodology and technology	1405	281
	Mano, 2003, V125, P6588	Characteristics of a miniature compartment-less glucose-O ₂ biofuel cell and its operation in a living plant	302	240
g3.4	Rasi, 2007, V32, P1375	Trace compounds of biogas from different biogas production plants	138	99
	Abatzoglou, 2009, V3, P42	A review of biogas purification processes	87	69
	Dewil, 2006, V47, P1711	Energy use of biogas hampered by the presence of siloxanes	89	66
	Schweigkofler, 2001, V83, P183	Removal of siloxanes in biogases	80	59
	Huang, 1998, V77, P1793	Assessment of simulated biogas as a fuel for the spark ignition engine	71	57
g3.5	Buffiere, 1998, V60, P36	Mixing and phase hold-ups variations due to gas production in anaerobic fluidized-bed digesters: Influence on reactor performance	23	10
	Haarstrick, 2001, V19, P320	Modelling of the biodegradation of organic matter in municipal landfills	30	10
	Monteith, 2005, V77, P390	A rational procedure for estimation of greenhouse-gas emissions from municipal wastewater treatment plants	28	10
	Lowe, 1993, V57, P451	Biology, ecology, and biotechnological applications of anaerobic-bacteria adapted to environmental stresses in temperature, pH, salinity, or substrates	124	9
g4.1	Manna, 1999, V26, P1	Modeling biogas production at landfill site	15	9
	Chisti, 2007, V25, P294	Biodiesel from microalgae	2191	1125
	Hu, 2008, V54, P621	Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances	927	574
	Rodolfi, 2009, V102, P100	Microalgae for Oil: Strain Selection, Induction of Lipid Synthesis and Outdoor Mass Cultivation in a Low-Cost Photobioreactor	627	430
	Mata, 2010, V14, P217	Microalgae for biodiesel production and other applications: A review	824	401
g4.2	Chisti, 2008, V26, P126	Biodiesel from microalgae beats bioethanol	577	324
	Atsumi, 2008, V451, P86	Non-fermentative pathways for synthesis of branched-chain higher alcohols as biofuels	608	191
	Steen, 2010, V463, P559	Microbial production of fatty-acid-derived fuels and chemicals from plant biomass	439	152
	Radakovits, 2010, V9, P486	Genetic Engineering of Algae for Enhanced Biofuel Production	222	132
	Atsumi, 2008, V10, P305	Metabolic engineering of Escherichia coli for 1-butanol production	279	114
	Lu, 2008, V10, P333	Overproduction of free fatty acids in E. coli: Implications for biodiesel production	157	84
	g4.3	Griinari, 2000, V130, P2285	Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Delta(9)-desaturase	615
Jenkins, 1993, V76, P3851		Lipid-metabolism in the rumen	441	130
Wu, 1991, V74, P3025		Ruminal synthesis, biohydrogenation, and digestibility of fatty-acids by dairy-cows	201	117
Jenkins, 2008, V86, P397		Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem	170	111
Kepler, 1966, V241, P1350		Intermediates and products of biohydrogenation of linoleic acid by butyrivibrio fibrisolvens	418	109

Tabela 3.7: Continuação.

g4.4	Henstra, 2007, V18, P200	Microbiology of synthesis gas fermentation for biofuel production	111	41
	Munasinghe, 2010, V101, P5013	Biomass-derived syngas fermentation into biofuels: Opportunities and challenges	85	38
	Datar, 2004, V86, P587	Fermentation of biomass-generated producer gas to ethanol	69	28
	Kopke, 2011, V77, P5467	2,3-Butanediol Production by Acetogenic Bacteria, an Alternative Route to Chemical Synthesis, Using Industrial Waste Gas	50	25
	Rajagopalan, 2002, V23, P487	Formation of ethanol from carbon monoxide via a new microbial catalyst	47	22

Elaborado pelo autor (2015).

Considerando as Tabelas 3.5, 3.6 e 3.7, com as análises de conteúdos, principais revistas e principais artigos dos sub-grupos, respectivamente, detectou-se que o sub-grupo *g1.1* analisa biocombustíveis e seu custo energético e ecológico. O sub-grupo *g1.2* não apresentou padrão entre os termos encontrados, contudo, os artigos mais citados indicam que o grupo contém trabalhos sobre etanol, lignocelulose e bio-materiais. O grupo *g1.3* é composto por artigos que estudam pirólise e a produção de bio-óleo. O grupo *g1.4* apresenta estudos sobre produção de bioenergia a partir de diferentes matérias-primas. O grupo *g1.5* apresenta artigos de revisão de literatura sobre bioenergia.

Na análise dos sub-grupos oriundos do grupo *g2*, que tem como principal área de investigação o biodiesel, o sub-grupo *g2.1* é composto por publicações que investigam componentes automobilísticos com uso de biodiesel. O sub-grupo *g2.2* apresenta termos ligados ao processo de produção de gasogênio (*syngas*), enquanto o sub-grupo *g2.3* estuda o processo de produção do biodiesel. O grupo *g2.4* estuda análises de qualidade e dos componentes do biodiesel. Por fim, o grupo *g2.5* composto por 219 artigos investigam termos ligados a cinética de oxidação.

O grupo *g3*, que é composto por estudos sobre bio-hidrogênio e células de biocombustíveis, após realização de sua divisão retornou 5 sub-grupos. O sub-grupo *g3.1* contém estudos sobre biodigestão, que utilizam fermentação anaeróbica para produção de biocombustíveis. O sub-grupo *g3.2* é composto por trabalhos relacionados a produção de bio-hidrogênio, enquanto o tema central dos trabalhos do sub-grupo *g3.3* está relacionado ao desenvolvimento de células de combustíveis, e os processos utilizados para tal realização. No sub-grupo *g3.4* as publicações estão relacionadas à purificação do biogás, principalmente de siloxanos, que agem negativamente na vida útil de motores movidos a biogás para gerar energia elétrica. O último sub-grupo que teve origem a partir de *g3* foi *g3.5*, com estudos sobre o tratamento de lixo, principalmente via

reatores anaeróbicos.

Os estudos sobre utilização de microalgas para produção de bio-combustíveis foram listados no grupo *g4*, que após realizar o procedimento de agrupamento apenas com os trabalhos deste grupo foram detectados 4 sub-grupos. O sub-grupo *g4.1* tem como objeto central de estudo a utilização de microalgas para a produção de biodiesel. O sub-grupo *g4.2* é composto por trabalhos que utilizam de microbiologia e engenharia genética para a produção de biocombustíveis. O sub-grupo *g4.3* é composto por estudos de biohidrogenação de ácidos graxos, que compõem o processo digestivo dos animais ruminantes. Por fim, o sub-grupo *g4.4* estuda o processo fermentativo da produção de gasogênio (*syngas*).

Ao utilizar os termos de busca *biohydrogen** e *bio-hydrogen** artigos do sub-grupo *g4.3* não relacionados a bioenergia foram obtidos. Esses artigos tem relação com o processo digestivo de animais ruminantes. Essa duplicidade do termo de busca para campos do conhecimento distintos justifica o grupo *g4* apresentar menor evolução diante dos demais grupos na Figura 3.4, pois a ano médio das publicações do sub-grupo *g4.3* é 2006. Em outras palavras, o sub-grupo *g4.3* dificultou a identificação do grupo *g4* como emergente.

Após realizar o procedimento de reaplicação do método de agrupamento, 19 sub-grupos foram encontrados possibilitando identificar com maior acurácia o conteúdo de cada sub-grupo e a idade média de suas publicações. Contudo, alguns sub-grupos apresentam mais de um tema de pesquisa, além de 7 dos 19 sub-grupos conterem mais que 4 mil publicações, fato que motivou a aplicação do método de agrupamento pela terceira vez. Na terceira aplicação do método de agrupamento, foram considerados apenas os sub-grupos que apresentaram crescimento expressivo do número de publicações por ano, conforme análise da Figura 3.7. Estes sub-grupos são: *g1.1*, *g1.2*, *g1.3*, *g2.1*, *g2.2*, *g2.3*, *g3.1*, *g3.2*, *g3.3*, *g3.4*, *g4.1* e *g4.2*

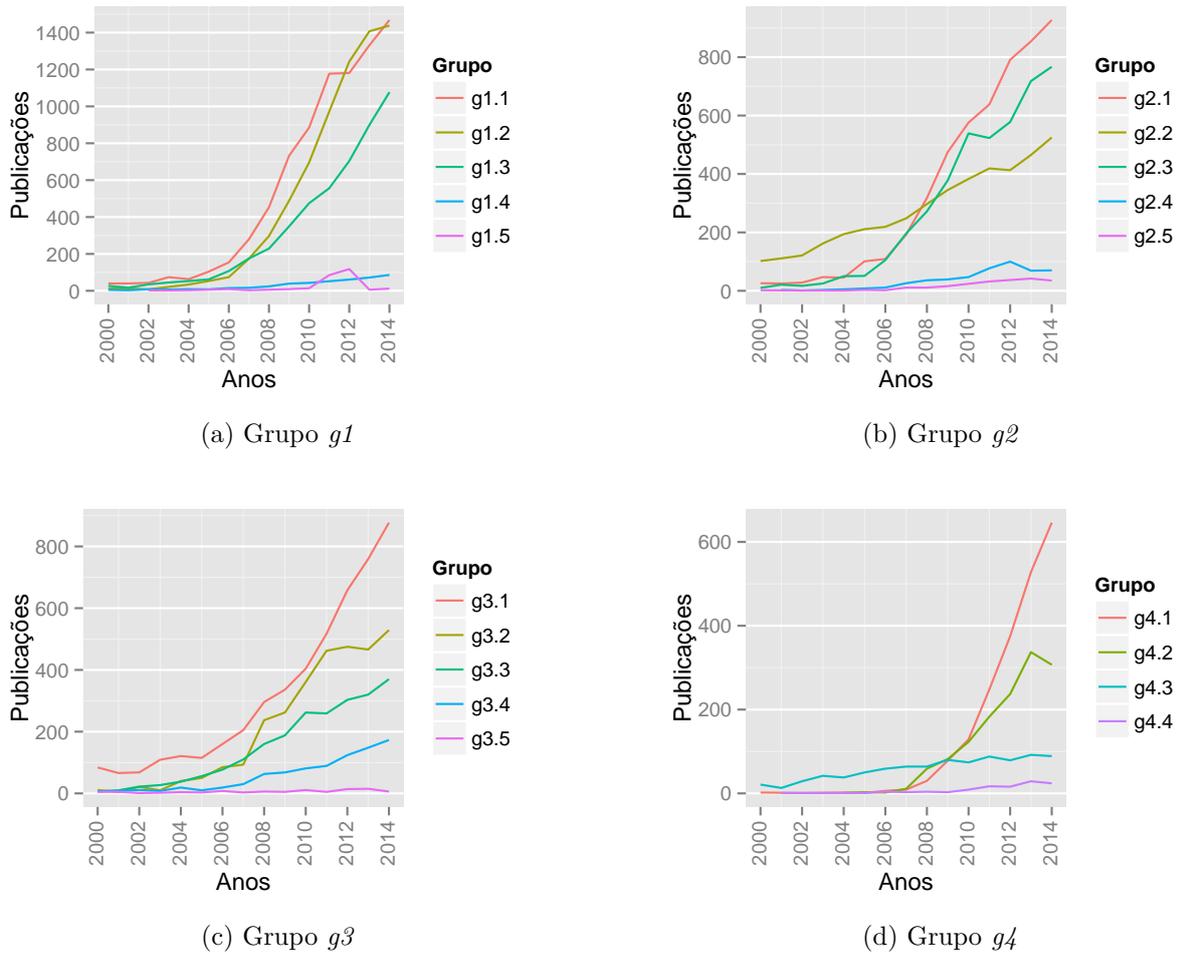


Figura 3.7: Evolução das publicações dos sub-grupos por ano - nível 2.

Elaborado pelo autor (2015).

Após escolher os 12 sub-grupos que apresentaram crescimento acentuado ao longo dos anos, um indicativo de interesse da comunidade científica no tema de estudo, um terceiro nível de agrupamento foi realizado. Foram detectados 46 sub-grupos emergentes, conforme ilustrado na Tabela 3.8 e Figura 3.8. Assumisse que os 46 sub-grupos são emergentes devido a idade média das publicações de cada sub-grupo estar próxima ao ano de referência 2014, Tabela 3.8, e ao crescente número de publicações sobre a temática a cada ano, Figura 3.8, sendo que quase todos os sub-grupos não tinham publicações no ano de 2000.

A quantidade de publicações que compõem os sub-grupos após o terceiro nível de agrupamento é inferior aos níveis anteriores, tendo na Tabela 3.8 o maior sub-grupo 2.847 publicações, $g1.1.1$, e o menor sub-grupo com 85 publicações, $g3.4.6$. Ao reduzir a quantidade de publicações nos sub-grupos foi possível obter maior homogeneidade das temáticas de pesquisa dos mesmos,

identificada após investigar o conteúdo dos grupos (FRANTZI; ANANIADOU; MIMA, 2000). Fator que determinou a não realização de uma quarta rodada de agrupamento.

Tabela 3.8: Definição dos sub-grupos emergentes.

Grupo	Área de Pesquisa	Ano médio	Publicações
g1.1.1	Custos e benefícios dos biocombustíveis e sua relação com a agricultura.	2011.01	2847
g1.1.2	Análise da cadeia de produção de biocombustíveis, tais como, escolhas tecnológicas, transporte e aspectos institucionais.	2010.36	1914
g1.1.3	Produção de biocombustíveis a partir de plantas, como: <i>switchgrass</i> , <i>miscanthus</i> , <i>perennial rhizomatous</i> , <i>prairie grasses</i> e milho, e sua relação com a agricultura e seu custo energético.	2010.10	1701
g1.1.4	Produção de hidrogênio através de <i>steam reforming</i> do etanol.	2011.08	1564
g1.2.1	Pesquisas sobre bioetanol, etanol de segunda geração, lignocelulose e celulose.	2011.33	2018
g1.2.2	Análises de tecnologias de pré-tratamento, a hidrólise e fermentação na produção de bioetanol.	2011.80	1994
g1.2.3	Estudos sobre tratamento da lignina.	2011.35	1276
g1.2.4	Biorefinaria.	2011.28	888
g1.3.1	Pirólise rápida para combustíveis líquidos.	2010.84	1796
g1.3.2	Produção de hidrogênio a partir de biomassa por meio de catalise de óleos e pirólise rápida.	2010.46	1345
g1.3.3	Análises de progressos e tendências em estudos sobre biocombustíveis. Revisões e comparações de métodos e tecnologias.	2011.06	1185
g1.3.4	Conversão catalítica de biomassa em biocombustíveis e hidroxidação.	2011.91	485
g2.1.1	Efeito dos biocombustíveis em motores e componentes automobilísticos.	2010.72	1913
g2.1.2	Produção de biodiesel a partir de diferentes fontes, como: <i>jatropha curcas</i> e <i>madhuca indica</i> .	2010.78	1738
g2.1.3	Estudos de propriedades do biodiesel, como oxidação, ácidos graxos, viscosidade e cristalização.	2010.42	1285
g2.2.1	Gasogênio e os processos de catálise e oxidação.	2009.70	1621
g2.2.2	Estudos sobre o processo de catálise para conversão de gasogênio em etanol.	2006.08	1431
g2.2.3	Produção de gasogênio e suas aplicações.	2009.70	1009
g2.3.1	Catálise para produção de biodiesel.	2011.26	1735
g2.3.2	Métodos para a produção de biodiesel, com destaque para cinética.	2010.60	1413
g2.3.3	Produção de biodiesel a partir de diferentes técnicas, como: <i>transesterification</i> , <i>enzymatic alcoholysis</i> e <i>lipase-catalyzed</i> .	2010.35	1006
g3.1.1	Técnicas de produção e transformação de biogás.	2009.50	1559
g3.1.2	Fermentação e digestão anaeróbica de microalgas e lixo urbano.	2009.57	1401
g3.1.3	Reatores de biogás, comunidades microbianas e digestão anaeróbica.	2005.79	1400
g3.2.1	A produção de bio-hidrogênio e suas fontes de matérias-primas.	2010.21	1170
g3.2.2	Comparações entre processos de produção do bio-hidrogênio.	2010.62	951
g3.2.3	Produção de biodiesel a partir de microrganismos oleaginosos.	2011.70	908
g3.3.1	Células de biocombustíveis em miniatura e suas aplicações.	2010.33	905
g3.3.2	Células de biocombustíveis microbiais.	2010.33	686
g3.3.3	Células de biocombustíveis.	2009.91	430
g3.3.4	Uso de diferentes técnicas para a construção células de biocombustíveis e biocenosos, como: bioeletroquímica, fotoeletroquímica e <i>hydrogenases</i> .	2010.85	169
g3.4.1	Processo de purificação do biogás.	2010.35	183
g3.4.2	Efeito do biogás em motores.	2009.50	156
g3.4.3	Biogás e célula de combustível de óxido sólido (SOFC).	2009.95	149
g3.4.4	Remoção de solixanos em biogás.	2010.34	111
g3.4.5	Pesquisas sobre conversão de biogás para outros combustíveis.	2010.97	102
g3.4.6	Técnicas de purificação e enriquecimento de biogás.	2010.06	85
g4.1.1	Biocombustíveis a partir de microalgas.	2012.23	713
g4.1.2	Estudos para aumentar a produção de lipídios em microalgas.	2012.47	566
g4.1.3	Cultivo de algas em águas residuais.	2012.33	470
g4.1.4	Trabalhos que analisam as perspectivas e desafios da produção de biocombustíveis a partir de microalgas.	2012.27	294
g4.2.1	Engenharia metabólica e microbiana para produção de biocombustíveis.	2012.35	407
g4.2.2	Análise bioquímica, molecular e genética da <i>Jatropha curcas</i> .	2012.29	381
g4.2.3	Aplicações de engenharia genética.	2012.31	256
g4.2.4	Estudos sobre a produção de butanol.	2012.38	130
g4.2.5	Bioengenharia em cianobactérias.	2012.28	128

Elaborado pelo autor (2015).

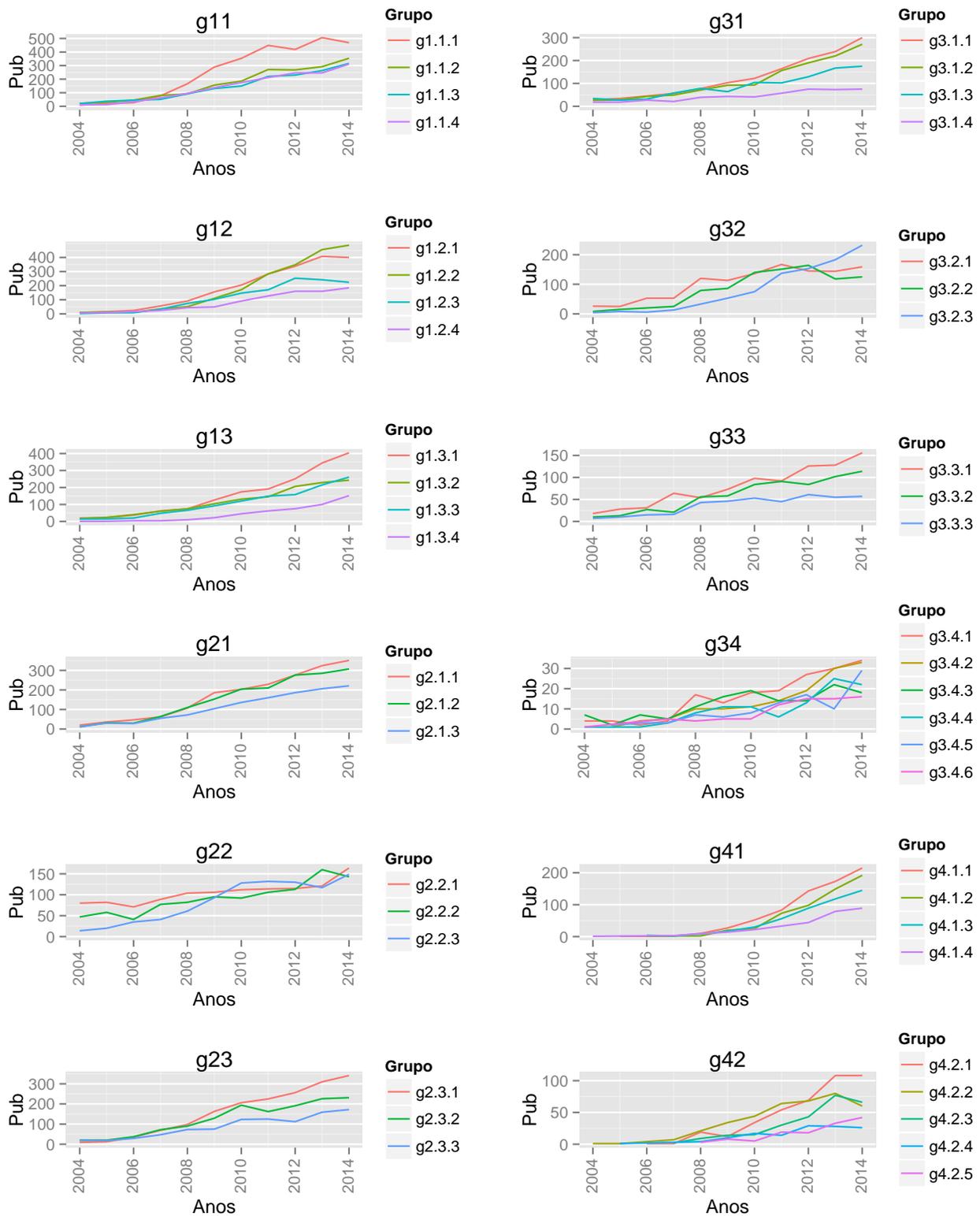


Figura 3.8: Publicações dos sub-grupos por ano - nível 3.

Elaborado pelo autor (2015).

Para identificar o conteúdo de cada sub-grupo na Tabela 3.8 foram utilizadas informações dos

termos mais comuns, principais revistas e principais publicações de cada sub-grupo, contidas no Apêndice B.1. Cabe destacar que houve uma significativa expansão dos estudos em bioenergia, onde foram identificados 46 sub-grupos emergentes, Tabela 3.8, que estão concentradas nas temáticas: análise de custos ambientais e a relação de biocombustíveis com a agricultura, etanol de segunda geração e suas tecnologias, biodiesel, gasogênio, bio-gás, bio-hidrogênio e suas tecnologias, bioferinaria, células de combustíveis, microalgas e tecnologias de terceira geração.

Os nove sub-grupos emergentes que tiveram origem no grupo *g4*, que são: *g4.1.1*, *g4.1.2*, *g4.1.3*, *g4.1.4*, *g4.2.1*, *g4.2.2*, *g4.2.3*, *g4.2.4* e *g4.2.5*, representam estudos relacionados a produção de biocombustíveis de terceira geração, com destaque para a produção de biodiesel a partir de algas. Biocombustíveis de terceira geração podem ser caracterizados devido a utilização de espécies microbianas, como leveduras, fungos e algas para a produção de biocombustíveis (SINGH; OLSEN; NIGAM, 2011). A idade média das publicações que compõem os grupos emergentes da família *g4*, conforme Tabela 3.8, é 2012, indicando que são publicações mais recentes que as publicações dos demais sub-grupos. Permitindo concluir que diante dos 46 sub-grupos emergentes os estudos relacionados a produção de biocombustíveis de terceira geração são os mais jovens. Em outras palavras, os emergentes dentre os emergentes.

As tecnologias listadas na Tabela 3.8 para os sub-grupos da produção de biocombustíveis de terceira geração são: engenharia metabólica, engenharia microbiana, engenharia de cianobactérias, engenharia genética associadas a análises bioquímicas e moleculares. Indicando que este novo campo do conhecimento emerge de forma radical, uma vez que estas tecnologias não tem ligações com as tecnologias de produção de biocombustíveis de primeira e segunda geração.

Os resultados demonstram que estudos sobre bioetanol de segunda geração [*g1*] representam maior volume de publicação, Figura 3.5. A partir do ano de 2008 a comunidade científica voltou seus esforços para essa temática de pesquisa, passando de 1.000 documentos por ano para 4.000 documentos no ano de 2014. Contudo, os estudos a partir de tecnologias de terceira geração [*g4*] representam inovação radical, enquanto estudos sobre biodiesel [*g2*], bio-gás e bio-hidrogênio [*g3*], apresentam desenvolvimento similar. Por fim, além das linhas de pesquisas emergentes detectou-se a co-existência de tecnologias em estudos sobre bioenergia.

Capítulo 4

Linhas de pesquisas emergentes em Empreendedorismo

4.1 Introdução

Para detectar linhas de pesquisas emergentes em estudos sobre empreendedorismo o primeiro passo é definir qual termo de busca utilizar para obter os dados das publicações científicas sobre o tema. Seguindo os estudos de Schildt, Zahra e Sillanpää (2006) e Cornelius, Landström e Persson (2006) optou-se pelo termo “*entrep**”. A busca foi realizada na base de dados *Web of Science - WoS*, onde foram obtidas 29.241 publicações.

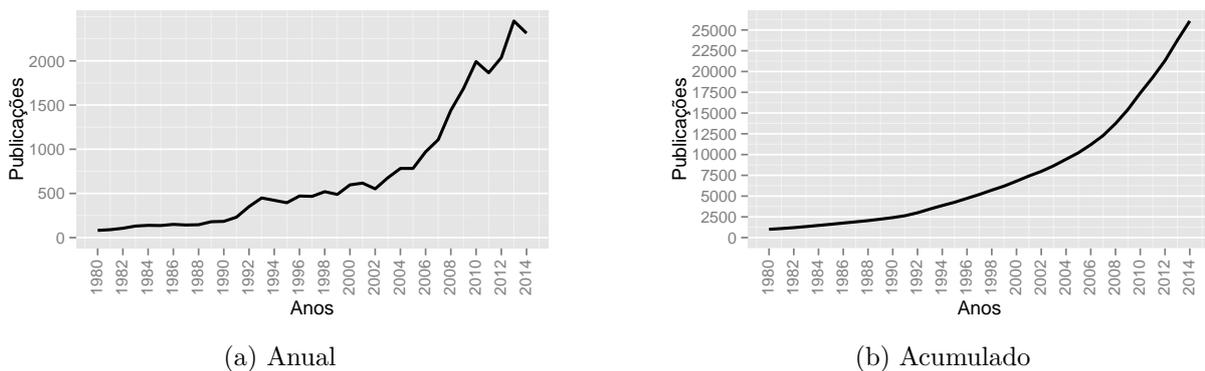


Figura 4.1: Publicações por ano.

Elaborado pelo autor (2015).

O número de publicações sobre empreendedorismo aumentou ao longo dos anos, Figura 4.1a,

tendo o número de publicações acumuladas ao longo dos anos aproximando-se de uma função exponencial, Figura 4.1b.

4.2 Análise dos resultados

Após a busca na base de dados, o método para detecção de linhas emergentes foi aplicado ao conjunto de publicações obtidas. O período que apresentou maior crescimento do número de publicações por ano foi a partir do ano 2004. O primeiro passo após a obtenção das publicações é a construção do código identificador único para cada publicação – último nome do primeiro autor, ano de publicação, volume da publicação e página inicial (PERSSON; DANELL; SCHNEIDER, 2009). A seguir o componente gigante da rede é mantido, tendo que 11.948 publicações continuaram na rede. A maioria dos documentos utilizados são *Articles* e *Proceedings Papers* (Tabela 4.1). As 11.948 publicações foram submetidas ao procedimento de agrupamento.

Tabela 4.1: Tipo de documento.

Tipo de documento	Quantidade
Article	9537
Proceedings Paper	857
Review	556
Article; Proceedings Paper	504
Editorial Material	292
Book Review	113
Article; Book Chapter	27
Note	27
Correction	16
Letter	7
Biographical-Item	3
Reprint	3
Review; Book Chapter	3
Meeting Abstract	2
Correction, Addition	1

Elaborado pelo autor (2015).

Na Figura 4.2 tem-se o resultado do procedimento de agrupamento, que detectou 4 principais grupos de publicações g_1 , g_2 , g_3 e g_4 . Cada círculo representa um grupo, e o tamanho do círculo é função do número de publicações no grupo. Todos os grupos apresentam idade média próxima a 6 anos de desvio do ano de 2014, o que indica que os grupos são compostos por artigos que foram publicados, na média, em 2008. Na Figura 4.2, ano de 2010, evidência a

existência de quatro principais grupos em posições distintas, dois grupo com idade média de 7 anos, e dois outros grupos com idade média de 5 anos. A partir do ano de 2010 esses quatro grupos convergiram para a mesma posição, o que indica idade média de publicação similares. Tal comportamento sinaliza que nenhum dos quatro grupos representa uma inovação radical na literatura sobre empreendedorismo.

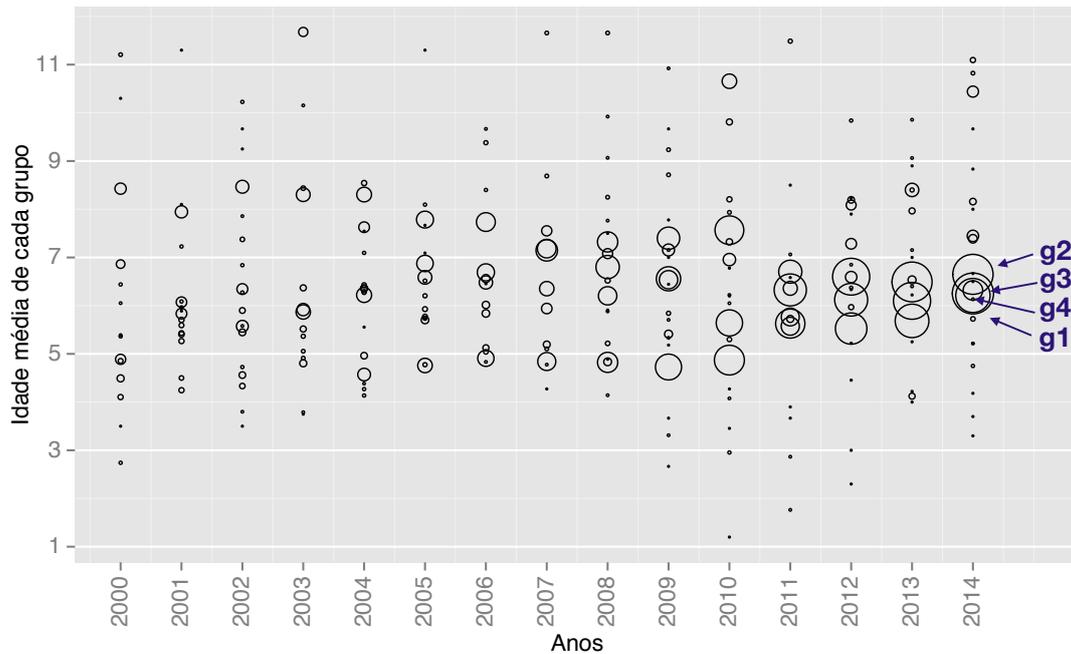


Figura 4.2: Grupos por ano.

Elaborado pelo autor (2015).

A Figura 4.3 ilustra a formação dos grupos, sendo possível compreender a proporção dos artigos de determinado grupo i no ano t que tiveram como destino o grupo j no ano $t + 1$. Nessa análise apenas o grupo $g1$ apresenta padrão explícito de formação, sendo seus artigos oriundos, principalmente, dos maiores grupos dos anos anteriores. A contribuição de artigos de vários grupos no ano $t - 1$ para a formação de determinado grupo no ano t , como ocorre na Figura 4.3, indica que os grupos apresentam similaridade das temáticas de pesquisa. Grupos com linhas de conhecimento distintas dos demais mantém os mesmos artigos ao longo dos processos de agrupamento.

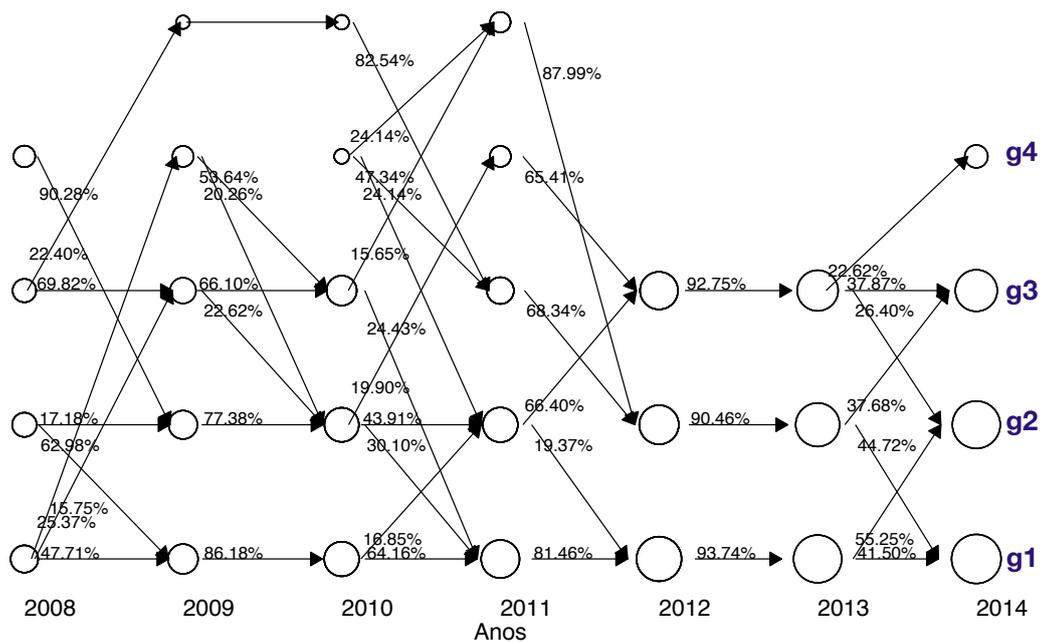


Figura 4.3: Formação dos grupos.

Elaborado pelo autor (2015).

Os grupos estudados ($g1$, $g2$, $g3$ e $g4$) são apresentados na Figura 4.4 quanto a evolução ao longo dos anos. As cores verde, amarelo, azul e laranja, retratam a evolução das arestas (citação) de cada grupos $g1$, $g2$, $g3$ e $g4$, respectivamente. Na visualização do ano de 1990 são mantidos todos os documentos em cada grupo que foram publicados até o ano de 1990. Na segunda visualização mantem-se todos os artigos publicados até o ano de 1995, seguindo esse raciocínio até chegar ao ano de 2014, com a rede completa. Conclui-se que o grupo $g4$ ganhou volume de publicações após o ano 2000, mas o crescimento deste não acompanhou o ritmo dos demais grupos. A expansão de nenhum dos grupos dominou a expansão dos demais grupos.

A análise da evolução dos grupos ao longo dos anos via número de documentos publicados é ilustrada na Figura 4.5. Destaca-se que o grupo $g1$ apresentou maior crescimento a partir do ano 2006 diante dos demais grupos, e o grupo $g4$ a partir do ano 2000 ganhou volume de publicações. A visualização da evolução das publicações dos grupos por ano auxilia na conclusão que não existe predominância de um grupo específico em estudos sobre empreendedorismo.

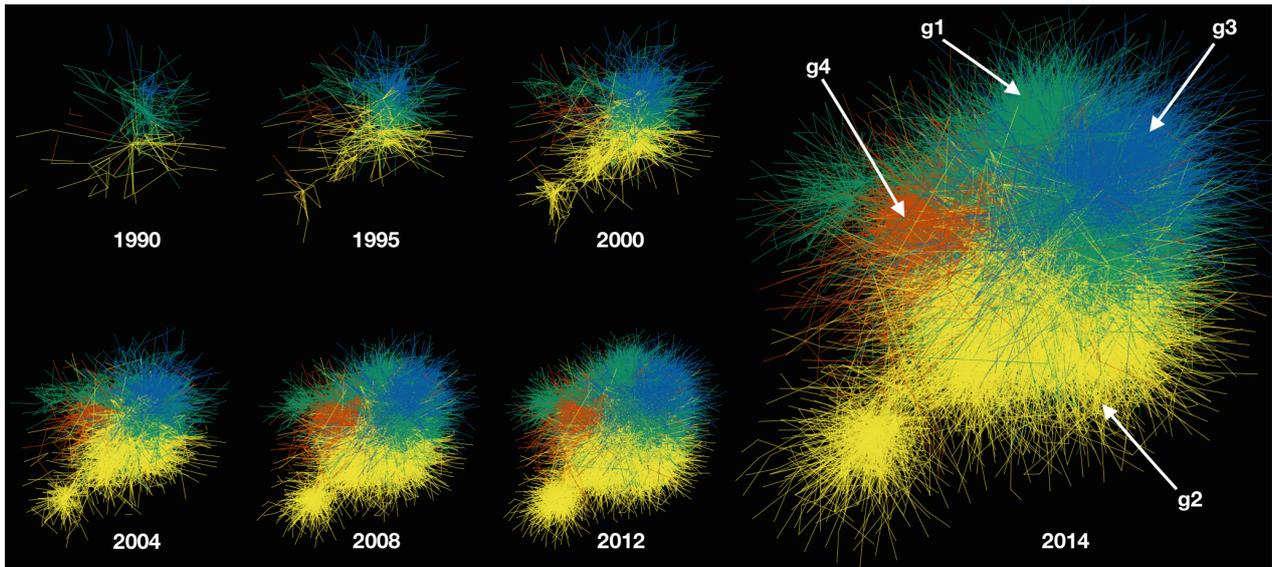


Figura 4.4: Evolução dos grupos.

Elaborado pelo autor (2015).

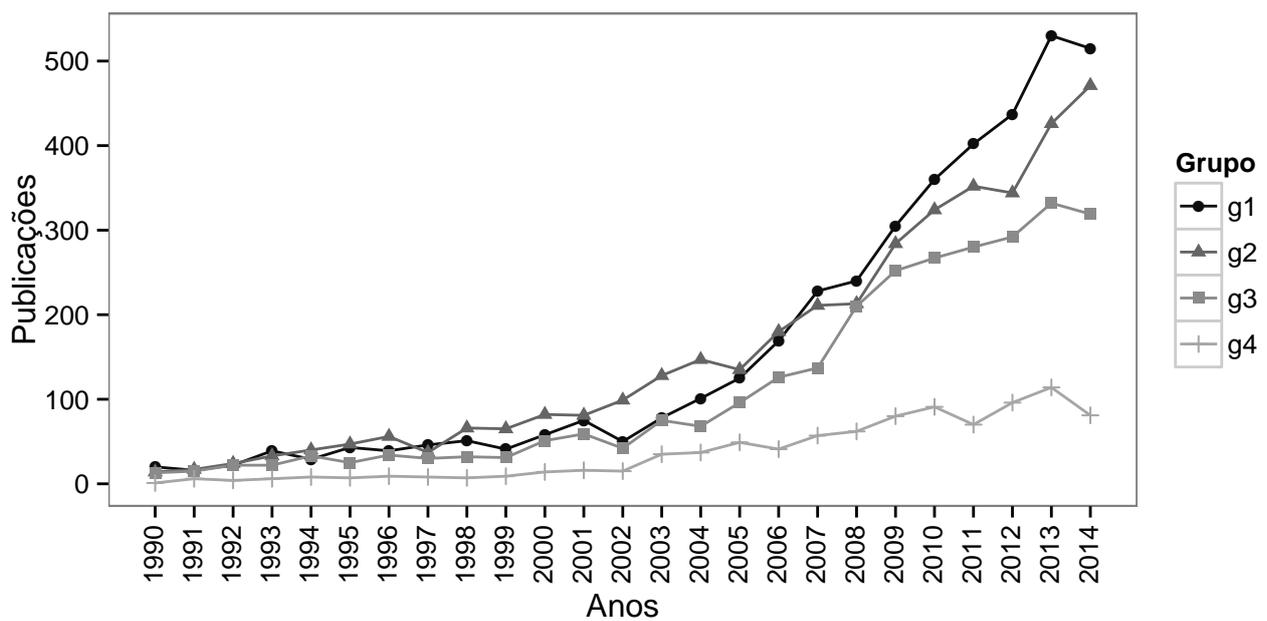


Figura 4.5: Quantidade de publicações por ano para cada grupo.

Elaborado pelo autor (2015).

A relação de prestígio intra-grupo e entre grupos permite compreender se um campo do conhecimento está em fase inicial ou estabelecida. Na Figura 4.6 tem-se a importância de cada documento intra-grupo z e entre grupos P . Os artigos *hubs*, com $z \geq 2,2$, são cinco, enquanto os artigos não *hubs*, com $z < 2,5$, são 10. Dentre os artigos *hubs* a maioria está na região

R6, que significa *hubs* com muitas ligações com outros grupos. Áreas do conhecimento onde novos trabalhos contribuem incrementalmente a partir de conhecimentos estabelecidos tem *hubs* nas regiões *R6* e *R7*, como em empreendedorismo. Enquanto áreas oriundas de contribuições radicais têm artigos na área *R5*, com $P \leq 0,3$, tendo seus *hubs* maior importância intra-grupo que entre grupos.

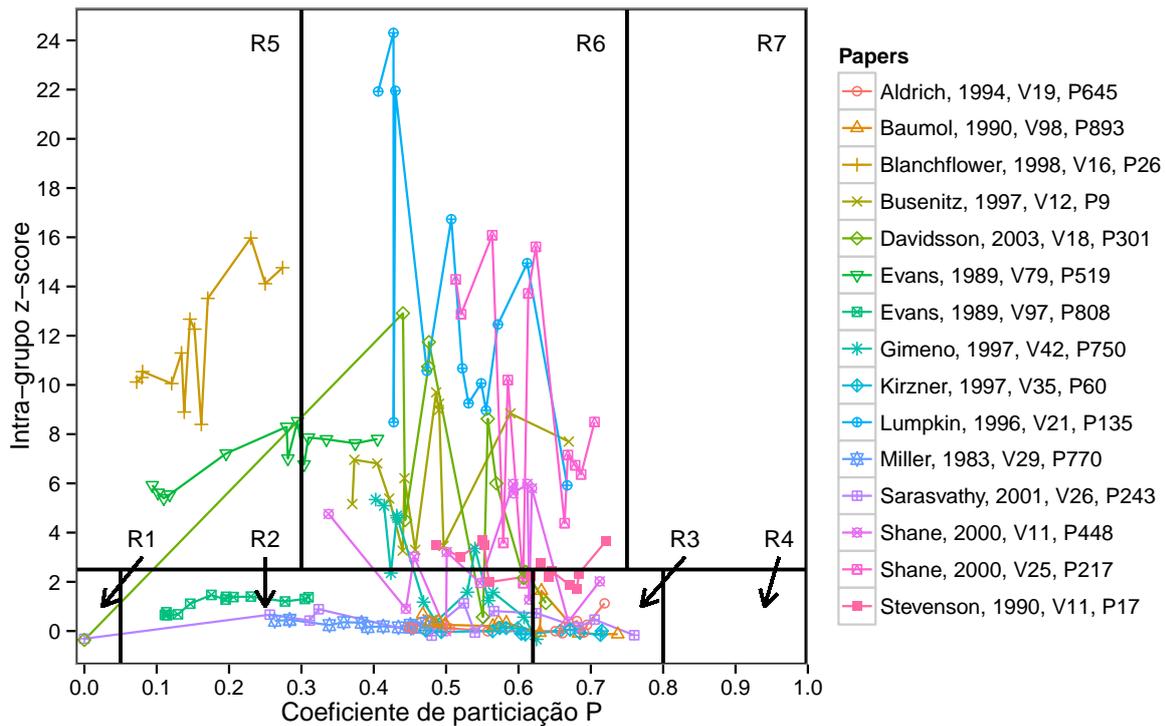


Figura 4.6: Medidas topológicas.

Elaborado pelo autor (2015).

As análises realizadas até o momento permitiram compreender que o campo de pesquisa empreendedorismo ganhou importância, devido o crescimento do número de publicações na área. Ao analisar os quatro principais grupos encontrados percebeu-se que as contribuições da literatura são incrementais, uma vez que os grupos apresentam conexões com trabalhos estabelecidos no próprio campo de pesquisa. Contudo o conteúdo dos quatro grupos ainda não é conhecido, fato que será analisado com a auxílio das Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4.

- Tabela 4.2: contém o tamanho dos grupos em números de documentos, a ano média dos documentos que compõem os grupos no ano de 2014 e os termos extraídos ao aplicar o método descrito na Seção 2.1.7.

- Tabela 4.3: contém as revistas com maior número de publicações para cada grupo e a proporção das publicações para cada revista entre parênteses, sendo o total de publicações do grupo igual a um.
- E na Tabela 4.4: contém os artigos mais citados para cada grupo, o número de citações da base de dados *Web of Science (WoS)* e o número de citações entre as publicações da rede.

Tabela 4.2: Principais termos por grupo.

Grupos	Termos	Número de Artigos	Ano Médio
g1	Organizational field, entrepreneurial self-efficacy, policy entrepreneurship, cognitive style, opportunity evaluation, social problem, male business owner, opportunity identification, institutional field, social mission, female business owner, portfolio entrepreneur, personal attitude, risk propensity, collective identity, loan officer, entrepreneurial identity, enterprise culture, public entrepreneurship, corporate social responsibility.	4139	2007.75
g2	Migrant entrepreneur, immigrant entrepreneur, urban entrepreneurialism, private equity, tax rate, private information, ethnic business, immigrant group, financial contract, migrant entrepreneurship, entrepreneurial city, self-employment rate, ethnic economy, ethnic enclave, african american, korean immigrant, urban governance, ethnic entrepreneurship, return migrant, vc investor.	3952	2007.35
g3	International performance, internationalization process, family involvement, subsidiary initiative, organizational performance, born-global firm, international sale, market orientation mo, psychic distance, technology resource, firm innovativeness, market turbulence, dynamic capability, franchise system, cooperative arrangement, entrepreneurial proclivity, competitive aggressiveness, international commitment, innovative culture, non-family firm.	2915	2007.79
g4	University-industry relationship, bayh-dole act, contract research, research product, research commercialization, scientist entrepreneurship, innovation speed, external agent, research productivity, entrepreneurial hospital, trade-secret protection, ssh research, patent application, genetic patent application, research performance, invention disclosure, concept center, poc process, faculty quality, student town.	942	2007.68

Elaborado pelo autor (2015).

Tabela 4.3: Revistas com maior número de publicações por grupo.

Grupos	Revistas
g1	Journal of business venturing (0.088), Entrepreneurship theory and practice (0.054), Small business economics (0.032), International small business journal (0.031), Journal of small business management (0.029), Entrepreneurship and regional development (0.026), Organization studies (0.02), Strategic entrepreneurship journal (0.019), Journal of management studies (0.017), Journal of business ethics (0.014).
g2	Small business economics (0.088), Journal of business venturing (0.034), Entrepreneurship and regional development (0.025), Regional studies (0.018), Urban studies (0.016), Entrepreneurship theory and practice (0.013), Research policy (0.013), International small business journal (0.012), International journal of urban and regional research (0.012), European planning studies (0.011).
g3	Journal of business venturing (0.059), Entrepreneurship theory and practice (0.04), Journal of small business management (0.031), International small business journal (0.028), Journal of business research (0.024), Technovation (0.024), International entrepreneurship and management journal (0.021), Strategic management journal (0.021), International business review (0.02), Small business economics (0.019).
g4	Research policy (0.1), Journal of technology transfer (0.069), Technovation (0.069), Higher education (0.027), R & d management (0.022), European planning studies (0.019), Technology analysis & strategic management (0.018), International journal of engineering education (0.016), Journal of business venturing (0.016), Scientometrics (0.016).

Elaborado pelo autor (2015).

Tabela 4.4: Artigos mais citados por grupo.

Grupo	Artigo	Título	WoS	Citações
g1	Shane, 2000, V25, P217	The promise of entrepreneurship as a field of research	1838	1215
	Shane, 2000, V11, P448	Prior knowledge and the discovery of entrepreneurial opportunities	915	559
	Davidsson, 2003, V18, P301	The role of social and human capital among nascent entrepreneurs	625	432
	Busenitz, 1997, V12, P9	Differences between entrepreneurs and managers in large organizations: Biases and heuristics in strategic decision-making	512	344
	Stevenson, 1990, V11, P17	A paradigm of entrepreneurship - entrepreneurial management	489	325
	Kirzner, 1997, V35, P60	Entrepreneurial discovery and the competitive market process: An Austrian approach	617	322
	Aldrich, 1994, V19, P645	Fools rush in - the institutional context of industry creation	780	321
	Sarasvathy, 2001, V26, P243	Causation and effectuation: Toward a theoretical shift from economic inevitability to entrepreneurial contingency	545	305
	Gimeno, 1997, V42, P750	Survival of the fittest? Entrepreneurial human capital and the persistence of underperforming firms	462	299
	Cooper, 1994, V9, P371	Initial human and financial capital as predictors of new venture performance	437	285
g2	Evans, 1989, V79, P519	Some empirical aspects of entrepreneurship	651	463
	Evans, 1989, V97, P808	An estimated model of entrepreneurial choice under liquidity constraints	663	412
	Baumol, 1990, V98, P893	Entrepreneurship - productive, unproductive, and destructive	787	398
	Blanchflower, 1998, V16, P26	What makes an entrepreneur?	526	317
	Stuart, 1999, V44, P315	Interorganizational endorsements and the performance of entrepreneurial ventures	690	250
	Hamilton, 2000, V108, P604	Does entrepreneurship pay? An empirical analysis of the returns to self-employment	334	240
	Kihlstrom, 1979, V87, P719	General equilibrium entrepreneurial theory of firm formation based on risk aversion	362	213
	Harvey, 1989, V71, P3	From managerialism to entrepreneurialism - the transformation in urban governance in late capitalism	955	208
	Shane, 2002, V48, P154	Organizational endowments and the performance of university startups	345	208
	Bates, 1990, V72, P551	Entrepreneur human-capital inputs and small business longevity	317	196
g3	Lumpkin, 1996, V21, P135	Clarifying the entrepreneurial orientation construct and linking it to performance	1235	808
	Miller, 1983, V29, P770	The correlates of entrepreneurship in 3 types of firms	755	491
	Oviatt, 1994, V25, P45	Toward a theory of international new ventures	741	282
	Uzzi, 1997, V42, P35	Social structure and competition in interfirm networks: The paradox of embeddedness	2353	256
	Zahra, 1995, V10, P43	Contextual influences on the corporate entrepreneurship performance relationship - a longitudinal analysis	341	246
	Autio, 2000, V43, P909	Effects of age at entry, knowledge intensity, and imitability on international growth	604	243
	Hoang, 2003, V18, P165	Network-based research in entrepreneurship - A critical review	385	241
	Miller, 1982, V3, P1	Innovation in conservative and entrepreneurial firms - 2 models of strategic momentum	488	231

Tabela 4.4: Continuação.

	Lumpkin, 2001, V16, P429	Linking two dimensions of entrepreneurial orientation to firm performance: The moderating role of environment and industry life cycle	330	227
	Wiklund, 2005, V20, P71	Entrepreneurial orientation and small business performance: a configurational approach	288	203
g4	Rothaermel, 2007, V16, P691	University entrepreneurship: a taxonomy of the literature	240	129
	Siegel, 2003, V32, P27	Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: an exploratory study	324	121
	Etzkowitz, 1998, V27, P823	The norms of entrepreneurial science: cognitive effects of the new university-industry linkages	249	116
	Etzkowitz, 2000, V29, P313	The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm	360	108
	Vohora, 2004, V33, P147	Critical junctures in the development of university high-tech spinout companies	190	108
	Etzkowitz, 2003, V32, P109	Research groups as 'quasi-firms': the invention of the entrepreneurial university	230	92
	O'shea, 2005, V34, P994	Entrepreneurial orientation, technology transfer and spinoff performance of US universities	173	87
	Louis, 1989, V34, P110	Entrepreneurs in academe - an exploration of behaviors among life scientists	158	81
	Stuart, 2006, V112, P97	When do scientists become entrepreneurs? The social structural antecedents of commercial activity in the academic life sciences	146	79
	Bercovitz, 2008, V19, P69	Academic entrepreneurs: Organizational change at the individual level	147	76

Elaborado pelo autor (2015).

Os artigos do grupo *g1* estão relacionados as perspectivas teóricas e conceituais no empreendedorismo. No grupo *g2* os trabalhos estão relacionados com a temática de empreendedorismo migrante, étnico, e abordagens empíricas. O grupo *g3* contém trabalhos sobre empreendedorismo corporativo e gerenciamento de recursos. Por fim, o grupo *g4* contém textos sobre universidade empresarial.

O grupo com o maior número de trabalhos é *g1* com 4.139, sendo que destes 8,8% foram publicados na revista *Journal of business venturing*. O autor com maior número de citações é Scott Shane com os trabalhos: Shane e Venkataraman (2000) e Shane (2000). No grupo sobre empreendedorismo migrante, étnico e abordagens empíricas, *g2*, a revista mais utilizada é *Small business economics*, com 8,8% do total de 3.952 publicações. Os autores com maior número de citações no grupo *g2* é David Evans com os trabalhos: Evans e Leighton (1989) e Evans e Jovanovic (1989). No grupo *g3*, sobre empreendedorismo corporativo e gerenciamento de recursos existem 2.915 trabalhos, sendo 5,9% publicados na revista *Journal of business venturing*.

Os autores mais citados no grupo g_3 são G. T. Lumpkin e Gregory G. Dess, com o trabalho: Lumpkin e Dess (1996). O menor grupo é g_4 com 942 publicações, que estuda a universidade empresarial. Diferente dos demais grupos, em estudos sobre empreendedorismo acadêmico 10% dos trabalhos são publicados na revista *Research policy*. O trabalho mais citado na rede foi Rothaermel, Agung e Jiang (2007), cabendo destacar que entre os dez trabalhos mais citados estão três de Henry Etzkowitz (ETZKOWITZ, 1998; ETZKOWITZ et al., 2000; ETZKOWITZ, 2003).

Buscando detectar linhas de pesquisas emergentes foram realizados os procedimentos descritos na Metodologia do presente estudo, conforme proposto por Shibata et al. (2008). Não existe evidências para identificar empreendedorismo como um campo do conhecimento emergente, uma vez que as contribuições dos novos trabalhos são baseadas em estudos já estabelecidos da área. Também detectou-se que existem quatro principais grupos em pesquisas sobre empreendedorismo, tendo estes 4.139, 3.952, 2.915 e 942 publicações, respectivamente.

Com intuito de aprimorar o método para encontrar linhas de pesquisas emergentes optou-se por reaplicar o método de agrupamento, para cada um dos quatro grupos separadamente. Os resultados estão descritos na próxima seção.

4.3 Análise da reaplicação do método de agrupamento

Como contribuição para refinar as linhas de pesquisas encontradas este trabalho sugere reaplicar o método de agrupamento, para cada um dos quatro grupos separadamente, como mostra Figura 4.7.

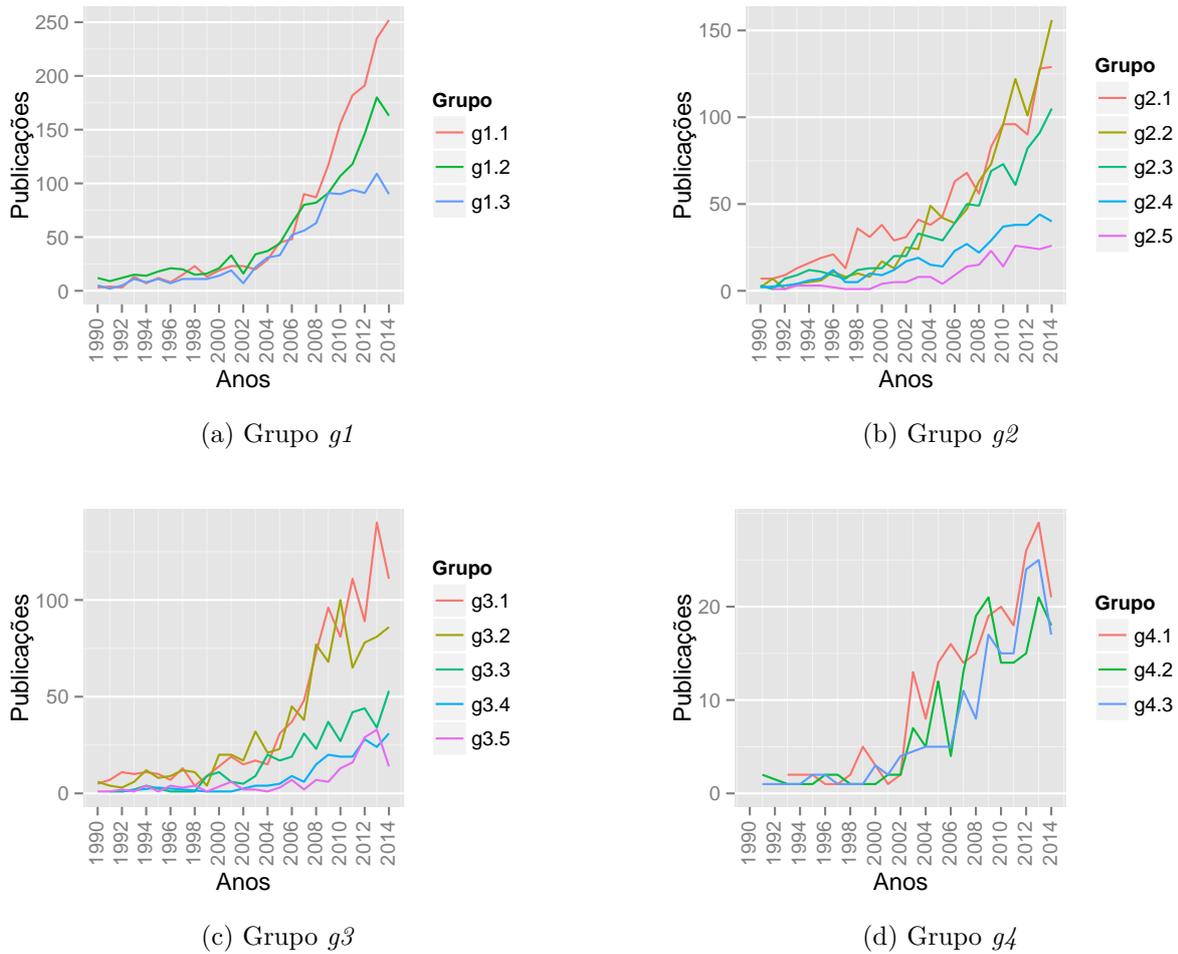


Figura 4.7: Publicações dos sub-grupos por ano - nível 2.

Elaborado pelo autor (2015).

Os procedimentos de agrupamento aplicados aos grupos g_1 , g_2 , g_3 e g_4 detectaram 16 sub-grupos. O conteúdo dos sub-grupos serão analisados a partir de três tabelas:

- Tabela 4.5: contém o tamanho dos sub-grupos em números de documentos, a idade média dos documentos que compõem os sub-grupos no ano de 2014 e os termos extraídos ao aplicar o método descrito na Seção 2.1.7.
- Tabela 4.6: contém as revistas com maior número de publicações para cada sub-grupo e a proporção das publicações para cada revista entre parênteses, sendo o total de publicações do sub-grupo igual a um.
- Tabela 4.7: contém os artigos mais citados para cada sub-grupo, o número de citações da base de dados *Web of Science (WoS)* e o número de citações entre as publicações da rede.

Tabela 4.5: Artigos mais citados por sub-grupo - nível 2.

Grupos	Termos	Número de Artigos	Ano Médio
g1.1	Institutional entrepreneur, policy entrepreneur, institutional entrepreneurship, institutional change, institutional logic, organizational field, social movement, policy entrepreneurship, social problem, public management.	1633	2009.08
g1.2	Risk propensity, internal loc, internal locus, male counterpart, entrepreneurial personality, male-owned business, growth intention, behavioral control, loan officer, career intent.	1442	2006.58
g1.3	Obsessive passion, interpersonal process, formal process, negative emotion, mortality risk, opportunity selection, decision-make model, opportunity execution, soft ability, global mindset.	965	2007.60
g2.1	Ethnic business, immigrant group, migrant entrepreneurship, african american, ethnic entrepreneurship, ethnic group, self-employment rate, immigrant entrepreneur, job satisfaction, immigrant entrepreneurship.	1234	2006.42
g2.2	Nuevas empresas, sme sector, entrepreneurship capital, birth rate, business formation, political connection, uncertainty avoidance, creation de nouvelles, informal entrepreneurship, company duplication.	1083	2008.16
g2.3	Informal investor, vc investment, venture capital firm, initial public offering ipo, business angel, corporate venture, venture capital vc, venture capital market, ipo firm, corporate venture capital.	852	2007.80
g2.4	Urban governance, urban entrepreneurialism, local state, urban politics, urban policy, public space, business improvement district, entrepreneurial city, creative city, urban renewal.	441	2007.06
g2.5	Tax enforcement, foreign bank, formal business owner, mobile skilled worker, entry regulation, informal business owner, amish entrepreneur, banking deregulation, incorporation mobility, investor protection.	225	2008.30
g3.1	Middle manager, learning orientation, firm innovativeness, competitive aggressiveness, job satisfaction, strategic learning, eo-performance relationship, traditional product, business model design, entrepreneurial knowledge.	1016	2007.70
g3.2	Business incubator, science park, weak tie, personal network, network structure, technology park, network size, resource acquisition, network tie, social relation.	853	2007.60
g3.3	Born-global firm, internationalization process, global firm, international sale, psychic distance, export performance, international business, international market entry, accelerated internationalization, international entry.	398	2008.59
g3.4	Family firm, family business, family business research, family member, social capital, future research, family involvement, family ownership, entrepreneurial orientation, corporate entrepreneurship.	192	2009.71
g3.5	Organization goal, prospective teacher, e-readiness assessment, government orientation, entrepreneurial intention, personal innovativeness, responsible buying, kibs firm, job satisfaction, production economy perspective.	166	2008.01
g4.1	Research commercialization, south africa, entrepreneurial hospital, student town, triple helix model, regional development, patent inventor, support structure, formal search, research activity.	237	2008.11
g4.2	Technology transfer, technology transfer office, spin-off firm, venture capital, knowledge transfer, entrepreneurial team, technology transfer office tto, spin-off company, technology commercialization, research center.	182	2008.01

Tabela 4.5: Continuação.

g4.3	Technology transfer, entrepreneurial activity, intellectual property, commercial activity, research group, open science, genetic patent application, social capital, institutional framework, patent application.	169	2008.40
------	---	-----	---------

Elaborado pelo autor (2015).

Tabela 4.6: Revistas com maior número de publicações por sub-grupo - nível 2.

Grupos	Revistas
g1.1	Entrepreneurship theory and practice (0.05), Journal of business venturing (0.046), Organization studies (0.046), Entrepreneurship and regional development (0.039), International small business journal (0.035), Journal of business ethics (0.024), Academy of management review (0.024), Journal of management studies (0.022), Academy of management journal (0.02), Organization (0.02).
g1.2	Journal of business venturing (0.11), Small business economics (0.062), Entrepreneurship theory and practice (0.058), Journal of small business management (0.052), International small business journal (0.034), Entrepreneurship and regional development (0.022), International entrepreneurship and management journal (0.02), African journal of business management (0.012), Journal of applied psychology (0.012), Strategic entrepreneurship journal (0.012).
g1.3	Journal of business venturing (0.12), Entrepreneurship theory and practice (0.058), Strategic entrepreneurship journal (0.031), Journal of management (0.027), Journal of small business management (0.026), Small business economics (0.026), Journal of management studies (0.024), Academy of management learning & education (0.023), International small business journal (0.021), Organization science (0.017).
g2.1	Small business economics (0.11), Entrepreneurship and regional development (0.03), International migration review (0.024), Journal of ethnic and migration studies (0.016), Economics letters (0.015), International small business journal (0.015), Journal of business venturing (0.015), Labour economics (0.015), Ethnic and racial studies (0.013), Regional studies (0.013).
g2.2	Small business economics (0.14), Entrepreneurship and regional development (0.042), Regional studies (0.039), Journal of business venturing (0.03), Annals of regional science (0.021), European planning studies (0.02), Journal of evolutionary economics (0.018), Entrepreneurship theory and practice (0.018), Economic development quarterly (0.016), International small business journal (0.016).
g2.3	Journal of business venturing (0.093), Small business economics (0.048), Strategic management journal (0.039), Management science (0.033), Entrepreneurship theory and practice (0.028), Research policy (0.027), Journal of finance (0.02), Review of financial studies (0.02), Strategic entrepreneurship journal (0.019), Journal of financial economics (0.018).
g2.4	Urban studies (0.11), International journal of urban and regional research (0.077), Urban geography (0.048), Environment and planning a (0.043), Cities (0.032), European planning studies (0.032), Geoforum (0.027), Antipode (0.023), European urban and regional studies (0.02), Tijdschrift voor economische en sociale geografie (0.02).
g2.5	Journal of development economics (0.058), American economic review (0.031), Journal of financial economics (0.031), Quarterly journal of economics (0.027), Economics letters (0.022), Small business economics (0.022), Economic inquiry (0.018), Journal of banking & finance (0.018), Journal of economic theory (0.018), Journal of finance (0.018).
g3.1	Journal of business venturing (0.042), Entrepreneurship theory and practice (0.035), Journal of business research (0.033), Journal of small business management (0.031), Strategic management journal (0.025), International entrepreneurship and management journal (0.024), Journal of product innovation management (0.024), African journal of business management (0.02), Journal of management studies (0.02), Industrial marketing management (0.019).
g3.2	Journal of business venturing (0.079), International small business journal (0.046), Entrepreneurship theory and practice (0.041), Technovation (0.039), Entrepreneurship and regional development (0.034), Small business economics (0.026), Asia pacific journal of management (0.025), Strategic management journal (0.025), Journal of small business management (0.021), Journal of world business (0.021).
g3.3	International business review (0.095), Journal of business venturing (0.058), Journal of international business studies (0.058), International marketing review (0.05), Journal of world business (0.05), Journal of international marketing (0.043), Small business economics (0.043), Entrepreneurship and regional development (0.025), Entrepreneurship theory and practice (0.025), International small business journal (0.025).
g3.4	Family business review (0.22), Entrepreneurship theory and practice (0.16), Journal of small business management (0.078), Journal of business venturing (0.047), Journal of family business strategy (0.042), International small business journal (0.036), Entrepreneurship and regional development (0.026), Small business economics (0.026), Asia pacific journal of management (0.021), Business history (0.021).

Tabela 4.6: Continuação.

g3.5	International entrepreneurship and management journal (0.15), Management decision (0.13), Service industries journal (0.12), Technovation (0.072), Journal of product innovation management (0.048), Journal of business research (0.03), Journal of organizational change management (0.024), Research policy (0.024), Journal of business venturing (0.018), Journal of small business management (0.018).
g4.1	Research policy (0.097), Higher education (0.089), Scientometrics (0.059), Technovation (0.051), R & d management (0.034), Social science information sur les sciences sociales (0.03), European planning studies (0.025), Environment and planning c-government and policy (0.021), Journal of business venturing (0.021), Journal of higher education (0.021).
g4.2	Journal of technology transfer (0.21), Research policy (0.093), Technovation (0.071), Journal of business venturing (0.044), Small business economics (0.033), Technology analysis & strategic management (0.033), Entrepreneurship theory and practice (0.027), Journal of product innovation management (0.027), R & d management (0.027), Academy of management learning & education (0.022).
g4.3	Research policy (0.24), Journal of technology transfer (0.11), Industry and innovation (0.03), R & d management (0.03), Cambridge journal of economics (0.024), Industrial and corporate change (0.024), Journal of management studies (0.024), Management science (0.024), California management review (0.018), Organization science (0.018).

Elaborado pelo autor (2015).

Tabela 4.7: Artigos mais citados por sub-grupo - nível 2.

Grupo	Artigo	Título	WoS	Citações
g1.1	Stevenson, 1990, V11, P17	A paradigm of entrepreneurship - entrepreneurial management	489	325
	Aldrich, 1994, V19, P645	Fools rush in - the institutional context of industry creation	780	321
	Sarasvathy, 2001, V26, P243	Causation and effectuation: Toward a theoretical shift from economic inevitability to entrepreneurial contingency	545	305
	Maguire, 2004, V47, P657	Institutional entrepreneurship in emerging fields: HIV/AIDS treatment advocacy in Canada	359	217
	Baker, 2005, V50, P329	Creating something from nothing: Resource construction through entrepreneurial bricolage	390	197
g1.2	Davidsson, 2003, V18, P301	The role of social and human capital among nascent entrepreneurs	625	432
	Busenitz, 1997, V12, P9	Differences between entrepreneurs and managers in large organizations: Biases and heuristics in strategic decision-making	512	344
	Gimeno, 1997, V42, P750	Survival of the fittest? Entrepreneurial human capital and the persistence of underperforming firms	462	299
	Cooper, 1994, V9, P371	Initial human and financial capital as predictors of new venture performance	437	285
g1.3	Krueger, 2000, V15, P411	Competing models of entrepreneurial intentions	378	257
	Shane, 2000, V25, P217	The promise of entrepreneurship as a field of research	1838	1215
	Shane, 2000, V11, P448	Prior knowledge and the discovery of entrepreneurial opportunities	915	559
	Kirzner, 1997, V35, P60	Entrepreneurial discovery and the competitive market process: An Austrian approach	617	322
	Low, 1988, V14, P139	Entrepreneurship - past research and future challenges	405	279
	Ardichvili, 2003, V18, P105	A theory of entrepreneurial opportunity identification and development	344	216
g2.1	Evans, 1989, V79, P519	Some empirical aspects of entrepreneurship	651	463
	Evans, 1989, V97, P808	An estimated model of entrepreneurial choice under liquidity constraints	663	412
	Blanchflower, 1998, V16, P26	What makes an entrepreneur?	526	317
	Hamilton, 2000, V108, P604	Does entrepreneurship pay? An empirical analysis of the returns to self-employment	334	240
	Kihlstrom, 1979, V87, P719	General equilibrium entrepreneurial theory of firm formation based on risk aversion	362	213
g2.2	Baumol, 1990, V98, P893	Entrepreneurship - productive, unproductive, and destructive	787	398
	Wennekers, 1999, V13, P27	Linking entrepreneurship and economic growth	287	189
	Reynolds, 2005, V24, P205	Global Entrepreneurship Monitor: Data collection design and implementation 1998-2003	239	173
	Baumol, 1968, V58, P64	Entrepreneurship in economic theory	216	124
g2.3	Wennekers, 2005, V24, P293	Nascent entrepreneurship and the level of economic development	156	121
	Stuart, 1999, V44, P315	Interorganizational endorsements and the performance of entrepreneurial ventures	690	250
	Shane, 2002, V48, P154	Organizational endowments and the performance of university startups	345	208
	Shane, 2002, V48, P364	Network ties, reputation, and the financing of new ventures	300	156
	Kaplan, 2003, V70, P281	Financial contracting theory meets the real world: An empirical analysis of venture capital contracts	353	141

Tabela 4.7: Continuação.

	Hsu, 2004, V59, P1805	What do entrepreneurs pay for venture capital affiliation?	209	114
g2.4	Harvey, 1989, V71, P3	From managerialism to entrepreneurialism - the transformation in urban governance in late capitalism	955	208
	Hall, 1996, V20, P153	The entrepreneurial city: New urban politics, new urban geographies?	160	54
	Macleod, 2002, V34, P602	From urban entrepreneurialism to a "revanchist city"? On the spatial injustices of Glasgow's renaissance	151	50
	Nee, 1992, V37, P1	Organizational dynamics of market transition - hybrid forms, property-rights, and mixed economy in china	392	47
	Jessop, 2000, V37, P2287	An entrepreneurial city in action: Hong Kong's emerging strategies in and for (Inter) urban competition	113	43
g2.5	Banerjee, 1993, V101, P274	Occupational choice and the process of development	524	89
	Black, 2002, V57, P2807	Entrepreneurship and bank credit availability	119	37
	King, 1993, V32, P513	Finance, entrepreneurship, and growth - theory and evidence	495	34
	Djankov, 2006, V96, P348	Who are China's entrepreneurs?	48	32
	Fonseca, 2001, V45, P692	Entrepreneurship, start-up costs and employment	67	32
g3.1	Lumpkin, 1996, V21, P135	Clarifying the entrepreneurial orientation construct and linking it to performance	1235	808
	Miller, 1983, V29, P770	The correlates of entrepreneurship in 3 types of firms	755	491
	Zahra, 1995, V10, P43	Contextual influences on the corporate entrepreneurship performance relationship - a longitudinal analysis	341	246
	Miller, 1982, V3, P1	Innovation in conservative and entrepreneurial firms - 2 models of strategic momentum	488	231
	Lumpkin, 2001, V16, P429	Linking two dimensions of entrepreneurial orientation to firm performance: The moderating role of environment and industry life cycle	330	227
g3.2	Uzzi, 1997, V42, P35	Social structure and competition in interfirm networks: The paradox of embeddedness	2353	256
	Hoang, 2003, V18, P165	Network-based research in entrepreneurship - A critical review	385	241
	Lee, 2001, V22, P615	Internal capabilities, external networks, and performance: A study on technology-based ventures	415	168
	Larson, 1992, V37, P76	Network dyads in entrepreneurial settings - a study of the governance of exchange relationships	779	157
	Eisenhardt, 1996, V7, P136	Resource-based view of strategic alliance formation: Strategic and social effects in entrepreneurial firms	669	155
g3.3	Oviatt, 1994, V25, P45	Toward a theory of international new ventures	741	282
	Autio, 2000, V43, P909	Effects of age at entry, knowledge intensity, and imitability on international growth	604	243
	Mcdougall, 2000, V43, P902	International entrepreneurship: The intersection of two research paths	328	195
	Mcdougall, 1994, V9, P469	Explaining the formation of international new ventures - the limits of theories from international-business research	359	159
	Oviatt, 2005, V29, P537	Defining international entrepreneurship and modeling the speed of internationalization	237	146
g3.4	Aldrich, 2003, V18, P573	The pervasive effects of family on entrepreneurship: toward a family embeddedness perspective	262	142
	Zahra, 2004, V28, P363	Entrepreneurship in family vs. non-family firms: A resource-based analysis of the effect of organizational culture	151	76

Tabela 4.7: Continuação.

	Zahra, 2005, V18, P23	Entrepreneurial risk taking in family firms	144	57
	Rogoff, 2003, V18, P559	Evolving research in entrepreneurship and family business: recognizing family as the oxygen that feeds the fire of entrepreneurship	76	48
	Kellermanns, 2006, V30, P809	Corporate entrepreneurship in family firms: A family perspective	62	39
g3.5	Daily, 2002, V28, P387	Governance and strategic leadership in entrepreneurial firms	84	46
	Huarng, 2011, V49, P284	Entrepreneurship, process innovation and value creation by a non-profit SME	59	40
	Lin, 2010, V48, P1230	New high-tech venturing as process of resource accumulation	39	31
	Lee, 2011, V7, P1	Culture and entrepreneurial orientation: a multi-country study	39	27
	Bergh, 2011, V7, P17	Entrepreneurs learning together: The importance of building trust for learning and exploiting business opportunities	46	26
g4.1	Rothaermel, 2007, V16, P691	University entrepreneurship: a taxonomy of the literature	240	129
	Etzkowitz, 1998, V27, P823	The norms of entrepreneurial science: cognitive effects of the new university-industry linkages	249	116
	Etzkowitz, 2000, V29, P313	The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm	360	108
	Etzkowitz, 2003, V32, P109	Research groups as 'quasi-firms': the invention of the entrepreneurial university	230	92
	Powers, 2005, V20, P291	University start-up formation and technology licensing with firms that go public: a resource-based view of academic entrepreneurship	102	60
g4.2	Siegel, 2003, V32, P27	Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: an exploratory study	324	121
	Vohora, 2004, V33, P147	Critical junctures in the development of university high-tech spinout companies	190	108
	O'shea, 2005, V34, P994	Entrepreneurial orientation, technology transfer and spinoff performance of US universities	173	87
	Lockett, 2005, V34, P981	The creation of spin-off firms at public research institutions: Managerial and policy implications	114	68
	Markman, 2005, V20, P241	Entrepreneurship and university-based technology transfer	116	59
g4.3	Louis, 1989, V34, P110	Entrepreneurs in academe - an exploration of behaviors among life scientists	158	81
	Stuart, 2006, V112, P97	When do scientists become entrepreneurs? The social structural antecedents of commercial activity in the academic life sciences	146	79
	Bercovitz, 2008, V19, P69	Academic entrepreneurs: Organizational change at the individual level	147	76
	Thursby, 2002, V48, P90	Who is selling the Ivory Tower? Sources of growth in university licensing	257	76
	Murray, 2004, V33, P643	The role of academic inventors in entrepreneurial firms: sharing the laboratory life	129	60

Elaborado pelo autor (2015).

Ao desagregar o grupo *g1*, composto por discussões sobre perspectivas teóricas e conceituais no empreendedorismo, foram detectados três sub-grupos, *g1.1*, *g1.2* e *g1.3*. O sub-grupo

g1.1 é o maior de todos os dezesseis sub-grupos com 1.633 publicações, todas voltadas para instituições e empreendedorismo institucional. O sub-grupo *g1.2* é tocado na análise da intenção empreendedora do indivíduo. Por sua vez, o sub-grupo *g1.3* analisa cognição empresarial e comportamento.

O grupo *g2* no primeiro nível de desagregação foi identificado por analisar o empreendedorismo migrante, étnico e abordagens empíricas. Após realizado o segundo nível de desagregação foram detectados cinco sub-grupos. O sub-grupo *g2.1* contém trabalhos que investigam migração e aspectos étnicos, o sub-grupo *g2.2* criação de pequenas empresas, *g2.3* *venture capital* e grupos de investidores anjo, *g2.4* empreendedorismo em espaços urbanos, e o sub-grupo *g2.5* financiamentos e empreendedorismo.

As publicações do grupo *g1* e *g2* estudam aspectos voltados para a análise em nível do indivíduo, enquanto o grupo *g3* contém publicações que analisam o nível da firma, por meio do empreendedorismo corporativo. Após desagregar o grupo *g3*, foram obtidos cinco sub-grupos, sendo que *g3.1* investiga processos inovativos em empresas, *g3.2* redes empresariais, *g3.3* nascimento de empresas globais, *g3.4* empreendedorismo em espaços urbanos, e *g3.5* financiamentos e empreendedorismo.

O grupo *g4* é composto por estudos que investigam a universidade empreendedora e sua relação com o crescimento econômico. Ao desagregar o grupo *g4* tem-se três sub-grupos, estes são: *g4.1* empreendedorismo acadêmico e suas relações com a economia, *g4.2* transferência de tecnologia, e *g4.3* o empreendedorismo acadêmico.

Nos últimos anos as pesquisas em empreendedorismo estão crescendo, principalmente após o ano de 2002 (ver Figura 4.1a), mas estas estão baseadas principalmente em estudos da década de 1990 (ver Tabela 4.8). Dentre os grupos *g1*, *g2*, *g3* e *g4* o ano médio de publicação dos 10 principais trabalhos de cada grupo é, 1997, 1992, 1997 e 2002, respectivamente, o que evidencia que as contribuições para analisar o papel da universidade no processo de gerar e comercializar conhecimento compõe o mais novo grupo de pesquisa dentre os estudos sobre empreendedorismo. Contudo, os sub-grupos *g3.4* e *g3.5* estão baseados em trabalhos mais recentes, publicados em média nos anos de 2005 e 2007. Conclui-se que empreendedorismo não é um campo de pesquisa emergente, mas sim um campo em crescimento onde os novos estudos são contribuições incrementais baseados nos trabalhos pioneiros.

Tabela 4.8: Ano médio das 10 principais publicações por grupo e sub-grupo.

Grupo	Sub-grupo	Ano médio
g1		1997
	g1.1	2001
	g1.2	1994
	g1.3	2000
g2		1992
	g2.1	1993
	g2.2	1998
	g2.3	2001
	g2.4	1997
	g2.5	2001
g3		1997
	g3.1	1996
	g3.2	1999
	g3.3	2001
	g3.4	2005
	g3.5	2007
g4		2002
	g4.1	2003
	g4.2	2004
	g4.3	2002

Elaborado pelo autor (2015).

Os estudos de Landström e co-autores mostraram que desde os anos 1980 o campo de pesquisa em empreendedorismo tem crescido significativamente, apesar de haver pouco desenvolvimento na década de 1990. O empreendedorismo foi analisado como um campo emergente que se move para a maturidade (CORNELIUS; LANDSTRÖM; PERSSON, 2006), tornando-se mais formalizado (LANDSTRÖM; HARIRCHI; ÅSTRÖM, 2012). Acrescenta-se que a expansão dos estudos sobre empreendedorismo a partir dos anos 2000, que parte de 500 trabalhos por ano para 2.300 trabalhos em 2014, são baseados nos estudos desenvolvidos nas décadas de 1980 e 1990, tendo os trabalhos recentes contribuído para a literatura de modo incremental.

Capítulo 5

Considerações Finais

O presente estudo teve como objetivo detectar linhas de pesquisas emergentes utilizando a abordagem computacional sugerida por Shibata et al. (2008). Segundo Shibata e coautores o método proposto não precisa da intervenção de especialistas para detectar linhas de pesquisas emergentes, sendo este o principal diferencial em relação as demais possibilidades de detecção de linhas de pesquisas emergentes. No presente estudo verificou-se o desempenho do método para uma rede com elevado número de publicações, forte ligação interdisciplinar e com a indústria (bioenergia), e uma rede de publicações do campo das ciências sociais com baixa conexão com o setor produtivo (empreendedorismo).

Para detectar linhas de pesquisas emergentes em pesquisas de bioenergia e empreendedorismo foi necessário realizar alterações no método proposto por Shibata e co-autores. A principal alteração foi reaplicar o procedimento de agrupamento de Newman (2004) e a análise de conteúdo dos sub-grupos via *Natural Language Processing* – NLP (FRANTZI; ANANIADOU; MIMA, 2000) e *tf-idf*.

5.1 Bioenergia

Na análise de publicações científicas em bioenergia foram obtidas 69.004 publicações, que após manter o componente gigante restaram 55.621 publicações. Foram obtidos 4 grupos após o primeiro procedimento de agrupamento. Detectou-se um elevado nível de agregação – g_1 tinha 21.266 documentos, g_2 15.241 documentos, g_3 12.133 documentos e g_4 4.657 documentos – não permitindo identificar linhas de pesquisas emergentes. Contudo, detectou-se que todos

os grupos tinham conteúdos relacionados a bioenergia. Este trabalho propôs a reaplicação do procedimento de agrupamento para todos os 4 grupos, onde foram detectados 19 sub-grupos no segundo nível de agrupamento.

O primeiro ponto que fez a análise deixar de ser automática foi a necessidade de intervenção do pesquisador para determinar se um novo procedimento de agrupamento seria aplicados nos 19 sub-grupos encontrados. Devido a não homogeneidade do conteúdo dos sub-grupos optou-se por re-aplicar o procedimento de agrupamento em um terceiro nível. Contudo, uma segunda intervenção do pesquisador foi necessária para definir quais sub-grupos dentre os 19 seriam utilizados no terceiro nível de agrupamento. Tal decisão foi realizada ao acompanhar a evolução do número de publicações para cada sub-grupo. Se um sub-grupo não apresentar evolução no número de publicações ao longo dos anos, esse não contém um conhecimento emergente.

Foram detectados 46 sub-grupos emergentes concentrados nas temáticas: análise de custos ambientais e a relação de biocombustíveis com a agricultura, etanol de segunda geração e suas tecnologias, biodiesel, gasogênio, bio-gás, bio-hidrogênio e suas tecnologias, bioferinaria, células de combustíveis, microalgas e tecnologias de terceira geração. Tendo destaque dentre os emergentes para as pesquisas relacionadas a produção de biocombustíveis de terceira geração, ou seja, a produção de biodiesel a partir de algas e suas tecnologias.

As tecnologias dos sub-grupos da produção de biocombustíveis de terceira geração são: engenharia metabólica, engenharia microbiana, engenharia de cianobactérias, engenharia genética associadas a análises bioquímicas e moleculares. Indicando que este novo campo do conhecimento emerge de forma radical, uma vez que estas tecnologias não têm ligações com as tecnologias de produção de biocombustíveis de primeira e segunda geração.

Os resultados demonstram ainda que estudos sobre bioetanol de segunda geração representam o maior volume de publicação. A partir do ano de 2008 a comunidade científica voltou seus esforços para essa temática de pesquisa, passando de 1.000 documentos por ano para 4.000 documentos no ano de 2014. Contudo, os estudos a partir de tecnologias de terceira geração representam inovação radical, enquanto estudos sobre biodiesel, bio-gás e bio-hidrogênio, apresentam desenvolvimento similar. Além das linhas de pesquisas emergentes detectou-se a co-existência de tecnologias em estudos sobre bioenergia.

5.2 Empreendedorismo

Ao analisar redes de publicações científicas sobre empreendedorismo foram obtidas 29.241 publicações. Após manter o componente gigante 11.948 publicações continuaram na rede. As pesquisas em empreendedorismo estão crescendo, principalmente após o ano de 2002, mas estas estão baseadas principalmente em estudos da década de 1990. O ano médio de publicação dos 10 principais trabalhos para os grupos encontrados é, 1997, 1992, 1997 e 2002, respectivamente. Dessa forma, as contribuições para analisar o papel da universidade no processo de gerar e comercializar conhecimento compõe o mais novo grupo de pesquisa dentre os estudos sobre empreendedorismo. Conclui-se que empreendedorismo não é um campo de pesquisas emergentes, mas sim um campo em crescimento onde os novos estudos são contribuições incrementais baseadas nos trabalhos pioneiros.

Analisando linhas de pesquisas emergentes em publicações científicas sobre empreendedorismo utilizou-se dois nível de agrupamento, sendo também necessária intervenção do pesquisador para definir o critério de parada do procedimento de agrupamento. Contudo, neste trabalho também foi sugerido a análise da idade média de publicação dos 10 trabalhos mais citados de cada grupo e sub-grupo para auxiliar na afirmação se o campo empreendedorismo é ou não emergente. Como as publicações estão baseadas principalmente em estudos das décadas de 1980 e 1990 confirmou-se que empreendedorismo não é um campo de pesquisa emergente.

Corroborar-se com os estudos de Landström e co-autores que mostraram que desde os anos 1980 o campo de pesquisas em empreendedorismo tem crescido significativamente, apesar de haver pouco desenvolvimento na década de 1990. O empreendedorismo foi analisado como um campo emergente que se move para a maturidade (CORNELIUS; LANDSTRÖM; PERSSON, 2006), tornando-se mais formalizado (LANDSTRÖM; HARIRCHI; ÅSTRÖM, 2012). Acrescenta-se que a expansão dos estudos sobre empreendedorismo a partir dos anos 2000, que parte de 500 trabalhos por ano para 2.300 trabalhos em 2014, são baseados nos estudos desenvolvidos nas décadas de 1980 e 1990, tendo os trabalhos recentes acrescentado para a literatura de modo incremental.

5.3 Considerações sobre o método

Conclui-se que o método proposto por Shibata et al. (2008) em sua versão original não foi eficiente para detectar linhas de pesquisas em redes com grande quantidades de vértices, sendo necessário re-aplicar o algoritmo para encontrar grupos com menor nível de agregação. Tal intervenção implica que o método passa a necessitar da análise de um pesquisador para determinar se o nível de agregação dos grupos é elevado. Outra intervenção necessária quando mais de dois procedimentos de agrupamento são aplicados é definir quais sub-grupos serão re-agrupados. Por sua vez, o pesquisador não precisa ser especialista no campo de pesquisa estudado, pois a decisão é feita via análise da evolução dos grupos e da homogeneidade dos grupos e sub-grupos encontrados.

A não necessidade de uso de filtros ao buscar pelas publicações em bases de dados como *Web of Science* e *Scopus* faz do método estudado uma alternativa para mapear a ciência em áreas específicas do conhecimento, deixando de ter o foco apenas em linhas de pesquisas emergentes e analisando todos os grupos e sub-grupos encontrados.

Cabe ainda salientar que definir sem a intervenção do pesquisador quantas vezes o procedimento de agrupamento e a análise do conteúdo dos grupos e sub-grupos devem ser realizados, assim como definir quais sub-grupos devem ser re-agrupados, seria um significativo avanço para detectar linhas de pesquisas emergentes. Uma vez que não seria necessário a intervenção do pesquisador, critério que pode aumentar a subjetividade da análise de linhas de pesquisas emergentes. Tal caminho será desenvolvido em estudos futuros e a solução poderá iniciar via critérios que utilizem métricas da rede ou homogeneidade dos grupos e sub-grupos.

O uso de técnicas computacionais para detectar linhas de pesquisas emergentes que reduzem a dependência de especialistas no campo de pesquisa estudado, representam um significativo avanço para a sociedade. Considerando a raciocínio desenvolvido por Saviotti (1998), o método estudado representa o conhecimento codificado, contra o conhecimento tácito, representado pelos métodos subjetivos que dependem apenas da análise de especialistas no campo do conhecimento estudado. O conhecimento codificado, como o método proposto por Shibata et al. (2008), pode ser incorporado no processo de tomada de decisão de empresas e agências de pesquisas. O caráter multidisciplinar, que permite incorporar o método em processos de tomada de decisão em diferentes áreas do conhecimento aproxima a uma tecnologia *gerenal purpose* (BRESNAHAN;

TRAJTENBERG, 1995).

Por fim, assumindo que a difusão de conhecimento é a chave para o progresso tecnológico de longo prazo e conseqüente crescimento econômico (ANTONELLI; LINK, 2015), redes acadêmicas podem gerar e aumentar a quantidade de conhecimento, bem como divulgar e utilizar o conhecimento para a indústria e para a geração de valor econômico, novos empreendimentos, empregos e riqueza (GOEL DEVRIM GÖKTEPE-HULTÉN, 2015).

Referências

- ADAI, A. T.; DATE, S. V.; WIELAND, S.; MARCOTTE, E. M. Lgl: Creating a map of protein function with an algorithm for visualizing very large biological networks. *Journal of Molecular Biology*, v. 340, n. 1, p. 179 – 190, 2004. ISSN 0022-2836. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022283604004851>>.
- ANTHONISSE, J. M. The rush in a directed graph. *Stichting Mathematisch Centrum. Mathematische Besliskunde*, Stichting Mathematisch Centrum, n. BN 9/71, p. 1–10, 1971.
- ANTONELLI, C.; LINK, A. N. *Routledge handbook of the economics of knowledge*. First edition. London ; New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2015. ISBN 978-0-415-64099-2.
- BATES, D.; MAECHLER, M. *Matrix: Sparse and Dense Matrix Classes and Methods*. [S.l.], 2015. R package version 1.1-5. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=Matrix>>.
- BELL, D. *The Coming Of Post-Industrial Society: A Venture In Social Forecasting* Author: Daniel Bell, Publisher: Basic Books Pages. [S.l.]: Basic Books, 1973.
- BOYACK, K. W.; KLAVANS, R. Co-citation analysis, bibliographic coupling, and direct citation: Which citation approach represents the research front most accurately? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company, v. 61, n. 12, p. 2389–2404, 2010. ISSN 1532-2890. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/asi.21419>>.
- BRESNAHAN, T.; TRAJTENBERG, M. General purpose technologies 'engines of growth'? *Journal of Econometrics*, v. 65, n. 1, p. 83–108, 1995.
- BURTON, R. E.; KEBLER, R. W. The “half-life” of some scientific and technical literatures. *American Documentation*, Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company, v. 11, n. 1, p. 18–22, 1960. ISSN 1936-6108. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/asi.5090110105>>.
- BUSENITZ, L. W.; PLUMMER, L. A.; KLOTZ, A. C.; SHAHZAD, A.; RHOADS, K. Entrepreneurship research (1985–2009) and the emergence of opportunities. *Entrepreneurship Theory and Practice*, v. 38, n. 5, p. 981–1000, 2014. ISSN 1540-6520. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/etap.12120>>.
- CALLON, M.; LAW, J.; ARIE, R. *Mapping the Dynamics of Science and Technology*. Basingstoke: Palgrave Macmillan Ltd, 1986. ISBN 9780333372234.
- CASTELLS, M. *The rise of the network society. Vol. 1 of The information age: Economy, society and culture*. [S.l.: s.n.], 1996.

CASTELLVÍ, M. T. C. *La terminología: representación y comunicación: elementos para una teoría de base comunicativa y otros artículos*. [S.l.]: Documenta Universitaria, 2010.

CHANG, W. *downloader: A package for downloading files over http and https*. [S.l.], 2013. R package version 0.3. Disponible em: <<http://CRAN.R-project.org/package=downloader>>.

CHEN, C. Searching for intellectual turning points: Progressive knowledge domain visualization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 101, n. suppl 1, p. 5303–5310, 2004. Disponible em: <http://www.pnas.org/content/101/suppl_1/5303.abstract>.

CHEN, C. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 57, n. 3, p. 359–377, fev. 2006. ISSN 1532-2890. Disponible em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asi.20317/abstract>>.

CHEN, C.; CRIBBIN, T.; MACREDIE, R.; MORAR, S. Visualizing and tracking the growth of competing paradigms: Two case studies. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company, v. 53, n. 8, p. 678–689, 2002. ISSN 1532-2890. Disponible em: <<http://dx.doi.org/10.1002/asi.10075>>.

CHEN, J.; HO, Y.-S.; WANG, M.-H.; WU, Y.-R. Perspective research entrepreneurship output performance in 1992-2009. In: *Technology Management in the Energy Smart World (PICMET), 2011 Proceedings of PICMET '11*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 1–10.

CLAUSET, A.; NEWMAN, M. E. J.; MOORE, C. Finding community structure in very large networks. *Phys. Rev. E*, American Physical Society, v. 70, p. 066111, Dec 2004. Disponible em: <<http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.70.066111>>.

CORNELIUS, B.; LANDSTRÖM, H.; PERSSON, O. Entrepreneurial studies: The dynamic research front of a developing social science. *Entrepreneurship Theory and Practice*, Blackwell Publishing Inc, v. 30, n. 3, p. 375–398, 2006. ISSN 1540-6520. Disponible em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-6520.2006.00125.x>>.

COZZENS, S.; GATCHAIR, S.; KANG, J.; KIM, K.-S.; LEE, H. J.; ORDÓÑEZ, G.; PORTER, A. Emerging technologies: quantitative identification and measurement. *Technology Analysis & Strategic Management*, v. 22, n. 3, p. 361–376, 2010. Disponible em: <<http://dx.doi.org/10.1080/09537321003647396>>.

CSARDI, G.; NEPUSZ, T. The igraph software package for complex network research. *InterJournal*, Complex Systems, p. 1695, 2006. Disponible em: <<http://igraph.org>>.

DAHL, D. B. *xtable: Export tables to LaTeX or HTML*. [S.l.], 2014. R package version 1.7-4. Disponible em: <<http://CRAN.R-project.org/package=xtable>>.

DONG, B.; XU, G.; LUO, X.; CAI, Y.; GAO, W. A bibliometric analysis of solar power research from 1991 to 2010. *Scientometrics*, Springer Netherlands, v. 93, n. 3, p. 1101–1117, 2012. ISSN 0138-9130. Disponible em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-012-0730-9>>.

ETZKOWITZ, H. The norms of entrepreneurial science: cognitive effects of the new university–industry linkages. *Research Policy*, v. 27, n. 8, p. 823 – 833, 1998. ISSN 0048-7333. Disponible em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733398000936>>.

ETZKOWITZ, H. Research groups as ‘quasi-firms’: the invention of the entrepreneurial university. *Research Policy*, v. 32, n. 1, p. 109 – 121, 2003. ISSN 0048-7333. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733302000094>>.

ETZKOWITZ, H.; WEBSTER, A.; GEBHARDT, C.; TERRA, B. R. C. The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. *Research Policy*, v. 29, n. 2, p. 313 – 330, 2000. ISSN 0048-7333. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733399000694>>.

EVANS, D. S.; JOVANOVIĆ, B. An estimated model of entrepreneurial choice under liquidity constraints. *Journal of Political Economy*, The University of Chicago Press, v. 97, n. 4, p. pp. 808–827, 1989. ISSN 00223808. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1832192>>.

EVANS, D. S.; LEIGHTON, L. S. Some empirical aspects of entrepreneurship. *The American Economic Review*, American Economic Association, v. 79, n. 3, p. pp. 519–535, 1989. ISSN 00028282. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1806861>>.

FALAGAS, M. E.; PITSOUNI, E. I.; MALIETZIS, G. A.; PAPPAS, G. Comparison of pubmed, scopus, web of science, and google scholar: strengths and weaknesses. *The FASEB Journal*, v. 22, n. 2, p. 338–342, 2008. Disponível em: <<http://www.fasebj.org/content/22/2/338.abstract>>.

FINATTO, M. J. B.; KRIEGER, M. d. G. Introdução à terminologia: teoria e prática. *São Paulo: Contexto*, 2004.

FRANTZI, K.; ANANIADOU, S.; MIMA, H. Automatic recognition of multi-word terms: the c-value/nc-value method. *International Journal on Digital Libraries*, Springer, v. 3, n. 2, p. 115–130, 2000.

FRANTZI, K.; ANANIADOU, S.; TSUJII, J. The c-value/nc-value method of automatic recognition for multi-word terms. In: *Research and Advanced Technology for Digital Libraries*. Springer Berlin Heidelberg, 1998, (Lecture Notes in Computer Science, v. 1513). p. 585–604. ISBN 978-3-540-65101-7. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/3-540-49653-X_35>.

GARFIELD, E.; SHER, I. H.; TORPIE, R. J. *The use of citation data in writing the history of science*. [S.l.], 1964.

GHIO, N.; GUERINI, M.; LEHMANN, E.; ROSSI-LAMASTRA, C. The emergence of the knowledge spillover theory of entrepreneurship. *Small Business Economics*, Springer US, v. 44, n. 1, p. 1–18, 2015. ISSN 0921-898X. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11187-014-9588-y>>.

GLÄNZEL, W.; CZERWON, H. A new methodological approach to bibliographic coupling and its application to the national, regional and institutional level. *Scientometrics*, Kluwer Academic Publishers, v. 37, n. 2, p. 195–221, 1996. ISSN 0138-9130. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/BF02093621>>.

GLÄNZEL, W.; THIJS, B. Using ‘core documents’ for the representation of clusters and topics. *Scientometrics*, Springer Netherlands, v. 88, n. 1, p. 297–309, 2011. ISSN 0138-9130. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-011-0347-4>>.

GLÄNZEL, W.; THIJS, B. Using ‘core documents’ for detecting and labelling new emerging topics. *Scientometrics*, Springer Netherlands, v. 91, n. 2, p. 399–416, 2012. ISSN 0138-9130. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-011-0591-7>>.

GOEL DEVRIM GÖKTEPE-HULTÉN, R. R. R. K. Academic networks and the diffusion of knowledge. In: ANTONELLI, C.; LINK, A. N. (Ed.). *Routledge Handbook of the Economics of Knowledge*. First edition. London ; New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2015. ISBN 978-0-415-64099-2.

GUIMERA, R.; AMARAL, L. A. N. Functional cartography of complex metabolic networks. *Nature*, v. 433, n. 7028, p. 895–900, fev. 2005. ISSN 0028-0836. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/nature03288>>.

HITT, M. A.; IRELAND, R. D.; SIRMON, D. G.; TRAHMS, C. A. Strategic entrepreneurship: Creating value for individuals, organizations, and society. *The Academy of Management Perspectives*, v. 25, n. 2, p. 57–75, 2011. Disponível em: <<http://amp.aom.org/content/25/2/57.abstract>>.

HLWIKI, C. *Scopus vs. Web of Science — HLWIKI Canada*,. 2015. [Online; accessed 23-February-2015]. Disponível em: <http://hlwiki.slais.ubc.ca/index.php?title=Scopus_vs._Web_of_Science&oldid=139774>.

HUANG, M.-H.; CHANG, C.-P. Detecting research fronts in OLED field using bibliographic coupling with sliding window. *Scientometrics*, v. 98, n. 3, p. 1721–1744, mar. 2014. ISSN 0138-9130, 1588-2861. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11192-013-1126-1>>.

JAIN, A. K.; DUBES, R. C. *Algorithms for Clustering Data*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc., 1988. ISBN 0-13-022278-X.

JANG, S.-L.; CHEN, L.-J.; CHEN, J.; CHIU, Y.-C. Innovation and production in the global solar photovoltaic industry. *Scientometrics*, Springer Netherlands, v. 94, n. 3, p. 1021–1036, 2013. ISSN 0138-9130. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-012-0907-2>>.

JARNEVING, B. Complete graphs and bibliographic coupling: A test of the applicability of bibliographic coupling for the identification of cognitive cores on the field level. *Journal of Informetrics*, v. 1, n. 4, p. 338 – 356, 2007. ISSN 1751-1577. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751157707000612>>.

JR, F. E. H.; DUPONT with contributions from C.; OTHERS. many. *Hmisc: Harrell Miscellaneous*. [S.l.], 2014. R package version 3.14-5. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>>.

KAJIKAWA, Y.; TAKEDA, Y. Structure of research on biomass and bio-fuels: A citation-based approach. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 75, n. 9, p. 1349 – 1359, 2008. ISSN 0040-1625. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162508000917>>.

KESSLER, M. M. Bibliographic coupling between scientific papers. *American Documentation*, Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company, v. 14, n. 1, p. 10–25, 1963. ISSN 1936-6108. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/asi.5090140103>>.

- KHANNA, M.; SCHEFFRAN, J.; ZILBERMAN, D. Bioenergy economics and policy: Introduction and overview. In: KHANNA, M.; SCHEFFRAN, J.; ZILBERMAN, D. (Ed.). *Handbook of Bioenergy Economics and Policy*. Springer New York, 2010, (Natural Resource Management and Policy, v. 33). p. 3–13. ISBN 978-1-4419-0368-6. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-0369-3_1>.
- KIRZNER, I. M. *Competition and entrepreneurship*. [S.l.]: University of Chicago Press Chicago, IL, 1973.
- KNIGHT, F. *Risk, uncertainty and profit*. [S.l.]: Houghton Mifflin, Boston, 1921.
- KONUR, O. The scientometric evaluation of the research on the algae and bio-energy. *Applied Energy*, v. 88, n. 10, p. 3532 – 3540, 2011. ISSN 0306-2619. Special Issue of Energy from algae: Current status and future trends. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261910005799>>.
- KONUR, O. The scientometric evaluation of the research on the production of bioenergy from biomass. *Biomass and Bioenergy*, v. 47, n. 0, p. 504 – 515, 2012. ISSN 0961-9534. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096195341200387X>>.
- KOSTOFF, R.; SCHALLER, R. Science and technology roadmaps. *Engineering Management, IEEE Transactions on*, v. 48, n. 2, p. 132–143, May 2001. ISSN 0018-9391.
- KRAUS, S. State-of-the-art current research in international entrepreneurship: A citation analysis. *African Journal of Business Management*, v. 5, n. 3, p. 1020–1038, 2011.
- KRAUS, S.; FILSER, M.; O'DWYER, M.; SHAW, E. Social entrepreneurship: An exploratory citation analysis. *Review of Managerial Science*, Springer Berlin Heidelberg, v. 8, n. 2, p. 275–292, 2014. ISSN 1863-6683. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11846-013-0104-6>>.
- KULKARNI, A.; AZIZ, B.; SHAMS, I.; BUSSE, J. Comparisons of citations in web of science, scopus, and google scholar for articles published in general medical journals. *JAMA*, v. 302, n. 10, p. 1092–1096, 2009. Disponível em: <[+http://dx.doi.org/10.1001/jama.2009.1307](http://dx.doi.org/10.1001/jama.2009.1307)>.
- LANDSTRÖM, H.; HARIRCHI, G.; ÅSTRÖM, F. Entrepreneurship: Exploring the knowledge base. *Research Policy*, v. 41, n. 7, p. 1154 – 1181, 2012. ISSN 0048-7333. Exploring the Emerging Knowledge Base of 'The Knowledge Society'. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733312000704>>.
- LEE, W. H. How to identify emerging research fields using scientometrics: An example in the field of information security. *Scientometrics*, v. 76, n. 3, p. 503–525, set. 2008. ISSN 0138-9130, 1588-2861. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11192-007-1898-2>>.
- LIU, W.; GU, M.; HU, G.; LI, C.; LIAO, H.; TANG, L.; SHAPIRA, P. Profile of developments in biomass-based bioenergy research: a 20-year perspective. *Scientometrics*, Springer Netherlands, v. 99, n. 2, p. 507–521, 2014. ISSN 0138-9130. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-013-1152-z>>.
- LUMPKIN, G. T.; DESS, G. G. Clarifying the entrepreneurial orientation construct and linking it to performance. *Academy of Management Review*, v. 21, n. 1, p. 135–172, 1996. Disponível em: <<http://amr.aom.org/content/21/1/135.abstract>>.

METZ, J.; CALVO, R.; SENO, E. R.; ROMERO, R. A.; LIANG, Z. *Redes Complexas: conceitos e aplicações*. [S.l.], 2007. Disponível em: <http://www.icmc.usp.br/CMS/Arquivos/arquivos_enviados/BIBLIOTECA_113_RT_290.pdf>.

MEYER, M.; LIBAERS, D.; THIJS, B.; GRANT, K.; GLÄNZEL, W.; DEBACKERE, K. Origin and emergence of entrepreneurship as a research field. *Scientometrics*, Springer Netherlands, v. 98, n. 1, p. 473–485, 2014. ISSN 0138-9130. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-013-1021-9>>.

MIMA, H.; FRANTZI, K.; ANANIADOU, S. The c-value/example-based approach to the automatic recognition of multi-word terms for cross-language terminology. In: *Proceedings of the Fifth Pacific Rim International Conference Artificial Intelligence (PRICAI'98), International Joint Workshop on Cross-Language Issues in Artificial Intelligence*. [S.l.: s.n.], 1998. p. 10–21.

MORRIS, S. A.; YEN, G.; WU, Z.; ASNAKE, B. Time line visualization of research fronts. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company, v. 54, n. 5, p. 413–422, 2003. ISSN 1532-2890. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/asi.10227>>.

NEWMAN, M. Fast algorithm for detecting community structure in networks. *Phys. Rev. E*, American Physical Society, v. 69, Jun 2004. Disponível em: <<http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.69.066133>>.

NEWMAN, M. *Networks: an introduction*. [S.l.]: Oxford University Press, 2010.

NEWMAN, M. E. J.; GIRVAN, M. Finding and evaluating community structure in networks. *Phys. Rev. E*, American Physical Society, v. 69, p. 026113, Feb 2004. Disponível em: <<http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.69.026113>>.

OECD. *OECD-FAO agricultural outlook 2011-2020*. [Paris]: OECD, 2011. ISBN 9789264106765 9264106766. Disponível em: <<http://site.ebrary.com/id/10493830>>.

PERSSON, O. The intellectual base and research fronts of JASIS 1986-1990. *Journal of the American Society for Information Science*, John Wiley & Sons Inc, 605 THIRD AVE, New York, NY 10158-0012, 45, n. 1, p. 31–38, JAN 1994. ISSN 0002-8231.

PERSSON, O.; DANELL, R.; SCHNEIDER, J. W. How to use bibexcel for various types of bibliometric analysis. In: ÅSTRÖM, F.; DANELL, R.; LARSEN, B.; SCHNEIDER, J. (Ed.). *Celebrating Scholarly Communication Studies: A Festschrift for Olle Persson at his 60th Birthday*. [S.l.]: International Society for Scientometrics and Informetrics, 2009, (Special volume of the e-newsletter of the International Society for Scientometrics and Informetrics). p. 9–24.

PRICE, D. J. d. S. Networks of scientific papers. *Science*, v. 149, n. 3683, p. 510–515, jul. 1965. ISSN 0036-8075, 1095-9203. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/149/3683/510>>.

R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.

RAGAUSKAS, A. J.; WILLIAMS, C. K.; DAVISON, B. H.; BRITOVSEK, G.; CAIRNEY, J.; ECKERT, C. A.; FREDERICK, W. J.; HALLETT, J. P.; LEAK, D. J.; LIOTTA, C. L.; MIELENZ, J. R.; MURPHY, R.; TEMPLER, R.; TSCHAPLINSKI, T. The path forward for biofuels and biomaterials. *Science*, v. 311, n. 5760, p. 484–489, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/311/5760/484.abstract>>.

ROBERTSON, S. Understanding inverse document frequency: on theoretical arguments for idf. *Journal of Documentation*, v. 60, n. 5, p. 503–520, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/00220410410560582>>.

ROTHAERMEL, F. T.; AGUNG, S. D.; JIANG, L. University entrepreneurship: a taxonomy of the literature. *Industrial and Corporate Change*, v. 16, n. 4, p. 691–791, 2007. Disponível em: <<http://icc.oxfordjournals.org/content/16/4/691.abstract>>.

SAG, I.; BALDWIN, T.; BOND, F.; COPESTAKE, A.; FLICKINGER, D. Multiword expressions: A pain in the neck for nlp. In: GELBUKH, A. (Ed.). *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing*. Springer Berlin Heidelberg, 2002, (Lecture Notes in Computer Science, v. 2276). p. 1–15. ISBN 978-3-540-43219-7. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/3-540-45715-1_1>.

SANZ-CASADO, E.; GARCIA-ZORITA, J.; SERRANO-LÓPEZ, A.; LARSEN, B.; INGWERSEN, P. Renewable energy research 1995–2009: a case study of wind power research in eu, spain, germany and denmark. *Scientometrics*, Springer Netherlands, v. 95, n. 1, p. 197–224, 2013. ISSN 0138-9130. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-012-0825-3>>.

SAVIOTTI, P. P. On the dynamics of appropriability, of tacit and of codified knowledge. *Research Policy*, v. 26, n. 7–8, p. 843 – 856, 1998. ISSN 0048-7333.

SCHIEBEL, E. Visualization of research fronts and knowledge bases by three-dimensional areal densities of bibliographically coupled publications and co-citations. *Scientometrics*, Springer Netherlands, v. 91, n. 2, p. 557–566, 2012. ISSN 0138-9130. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-012-0626-8>>.

SCHILD, H. A.; ZAHRA, S. A.; SILLANPÄÄ, A. Scholarly communities in entrepreneurship research: A co-citation analysis. *Entrepreneurship Theory and Practice*, Blackwell Publishing Inc, v. 30, n. 3, p. 399–415, 2006. ISSN 1540-6520. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-6520.2006.00126.x>>.

SCHVANEVELDT, R. W. (Ed.). *Pathfinder Associative Networks: Studies in Knowledge Organization*. Norwood, NJ, USA: Ablex Publishing Corp., 1990. ISBN 0-89391-624-2.

SHANE, S. Prior knowledge and the discovery of entrepreneurial opportunities. *Organization Science*, v. 11, n. 4, p. 448–469, 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1287/orsc.11.4.448.14602>>.

SHANE, S.; VENKATARAMAN, S. The promise of entrepreneurship as a field of research. *Academy of Management Review*, v. 25, n. 1, p. 217–226, 2000. Disponível em: <<http://amr.aom.org/content/25/1/217.abstract>>.

SHARPSTEEN, C.; BRACKEN, C. *tikzDevice: R Graphics Output in LaTeX Format*. [S.l.], 2015. R package version 0.8.1. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=tikzDevice>>.

SHIBATA, N.; KAJIKAWA, Y.; TAKEDA, Y.; MATSUSHIMA, K. Detecting emerging research fronts based on topological measures in citation networks of scientific publications. *Technovation*, v. 28, n. 11, p. 758 – 775, 2008. ISSN 0166-4972. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166497208000436>>.

SHIBATA, N.; KAJIKAWA, Y.; TAKEDA, Y.; MATSUSHIMA, K. Comparative study on methods of detecting research fronts using different types of citation. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 60, n. 3, p. 571–580, mar. 2009. ISSN 1532-2890. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asi.20994/abstract>>.

SHIBATA, N.; KAJIKAWA, Y.; TAKEDA, Y.; SAKATA, I.; MATSUSHIMA, K. Detecting emerging research fronts in regenerative medicine by the citation network analysis of scientific publications. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 78, n. 2, p. 274 – 282, 2011. ISSN 0040-1625. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004016251000154X>>.

SHUMPETER, J. A. The theory of economic development. *Cambridge, MA: Harvard University Pres*, 1934.

SINGH, A.; OLSEN, S. I.; NIGAM, P. S. A viable technology to generate third-generation biofuel. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, John Wiley & Sons, Ltd., v. 86, n. 11, p. 1349–1353, 2011. ISSN 1097-4660. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jctb.2666>>.

SKUPIN, A. The world of geography: Visualizing a knowledge domain with cartographic means. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 101, n. suppl 1, p. 5274–5278, abr. 2004. ISSN 0027-8424, 1091-6490. Disponível em: <http://www.pnas.org/content/101/suppl_1/5274>.

SMALL, H. Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. *Journal of the American Society for Information Science*, Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company, v. 24, n. 4, p. 265–269, 1973. ISSN 1097-4571. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/asi.4630240406>>.

SMALL, H. G. A co-citation model of a scientific specialty: A longitudinal study of collagen research. *Social Studies of Science*, Sage Publications, Ltd., v. 7, n. 2, p. pp. 139–166, 1977. ISSN 03063127. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/284873>>.

SOUZA, L. de; MORAES, M. de; POZ, M. D.; SILVEIRA, J. da. Collaborative networks as a measure of the innovation systems in second-generation ethanol. *Scientometrics*, Springer Netherlands, v. 103, n. 2, p. 355–372, 2015. ISSN 0138-9130. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-015-1553-2>>.

STEUBING, B.; ZAH, R.; WAEGER, P.; LUDWIG, C. Bioenergy in switzerland: Assessing the domestic sustainable biomass potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, n. 8, p. 2256 – 2265, 2010. ISSN 1364-0321. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032110000985>>.

TADDY, M. Multinomial inverse regression for text analysis. *Journal of the American Statistical Association*, Taylor & Francis, v. 108, n. 503, p. 755–770, 2013.

TEIXEIRA, A. Mapping the (in)visible college(s) in the field of entrepreneurship. *Scientometrics*, Springer Netherlands, v. 89, n. 1, p. 1–36, 2011. ISSN 0138-9130. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-011-0445-3>>.

TORRES, C. E. A. *Uso de informação linguística e análise de conceitos formais no aprendizado de ontologias*. Tese (text) — Universidade de São Paulo, out. 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/45/45134/tde-11022013-152711/>>.

TSAY, M.-Y. A bibliometric analysis of hydrogen energy literature, 1965–2005. *Scientometrics*, Springer Netherlands, v. 75, n. 3, p. 421–438, 2008. ISSN 0138-9130. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-007-1785-x>>.

UPHAM, S. P.; SMALL, H. Emerging research fronts in science and technology: patterns of new knowledge development. *Scientometrics*, v. 83, n. 1, p. 15–38, abr. 2010. ISSN 0138-9130, 1588-2861. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11192-009-0051-9>>.

WICKHAM, H. *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer New York, 2009. ISBN 978-0-387-98140-6. Disponível em: <<http://had.co.nz/ggplot2/book>>.

WICKHAM, H. The split-apply-combine strategy for data analysis. *Journal of Statistical Software*, v. 40, n. 1, p. 1–29, 2011. Disponível em: <<http://www.jstatsoft.org/v40/i01/>>.

WICKHAM, H. *stringr: Make it easier to work with strings*. [S.l.], 2012. R package version 0.6.2. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=stringr>>.

WICKHAM, H.; FRANCOIS, R. *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. [S.l.], 2015. R package version 0.4.1. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=dplyr>>.

WRAY, A. *Formulaic language and the lexicon*. [S.l.]: Cambridge University Press Cambridge, 2002. v. 5.

YAOYANG, X.; BOEING, W. J. Mapping biofuel field: A bibliometric evaluation of research output. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 28, n. 0, p. 82 – 91, 2013. ISSN 1364-0321. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113004723>>.

ZHAI, Q.; SU, J.; YE, M. Focus on china: the current status of entrepreneurship research in china. *Scientometrics*, Springer Netherlands, v. 98, n. 3, p. 1985–2006, 2014. ISSN 0138-9130. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-013-1114-5>>.

Apêndice A

Redes de citações

Buscando exemplificar a construção dos três diferentes tipos de redes de citações (citação direta, co-citação e acoplamento bibliográfico), segue Figura A.1. Onde A , B , C , D e E representam artigos científicos publicados em três períodos do tempo distintos, t_0 , t_1 e t_2 .

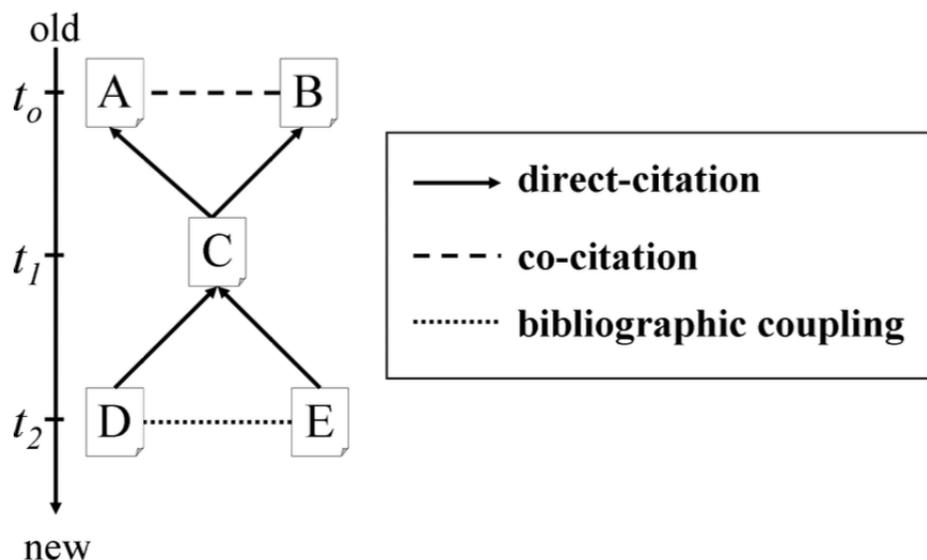


Figura A.1: Redes de citações.

Shibata et al. (2009).

Os artigos A e B formam uma rede de co-citação, pois, ambos foram citados pelo artigo C . Já os artigos D e E formam uma rede de acoplamento bibliográfico, pois, ambos citam o artigo C . Ao analisar a rede na ótica da citação direta, todos os artigos fazem parte da rede, pois, foram citados ou citam outros artigos.

Boyack e Klavans (2010) elaboraram didaticamente a visualização dos diferentes tipos de redes de citações, principalmente por exemplificar redes de artigos que citam artigos que estão fora da base de dados. Conforme segue Figura A.2.

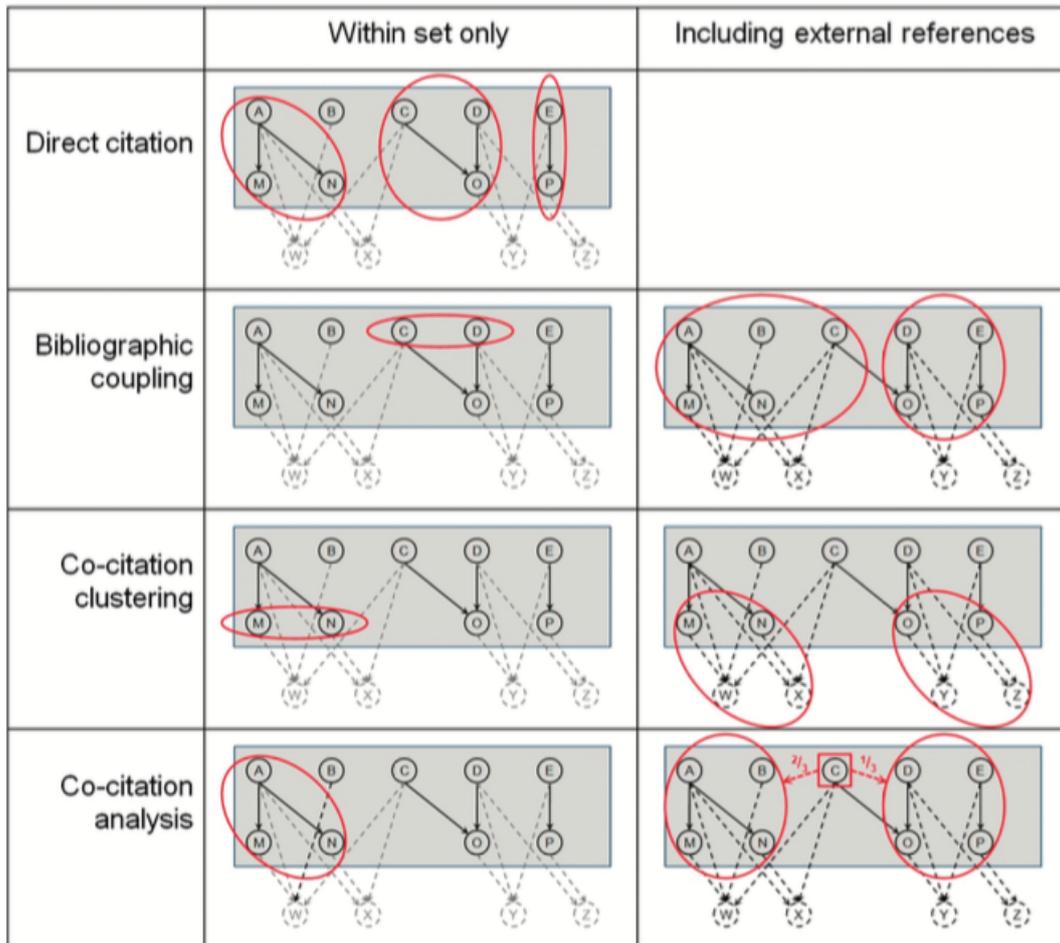


Figura A.2: Redes de citações.

Boyack e Klavans (2010).

Na Figura A.2 a caixa de texto cinza representa os artigos que estão da base de dados. Tendo estes feito citações para os artigos *W*, *X*, *Y* e *Z*, que estão fora da base de dados. Nesse exemplo ilustrativo Boyack e Klavans (2010) usam setas solidas para indicar citações dentro da base de dados, setas pontilhadas para indicar citações para documentos que estão fora da base de dados. Por fim, as marcações em vermelho indicam como os documentos podem ser agrupados segundo cada abordagem utilizada para criação das redes de citações.

Apêndice B

Bioenergia

B.1 Identificação dos 46 sub-grupos

Segue 3 Tabelas utilizadas para caracterizar os grupos após terceiro nível de clusterização, contendo os principais termos, revistas e artigos de cada sub-grupo, respectivamente.

Tabela B.1: Principais termos por sub-grupo - nível 3.

Grupos	Conteúdo
g1.1.1	Direct land, indirect land, direct land-use change, biofuel crop, indirect land-use, indirect land-use change, indirect land-use change., land grab, palm plantation, biofuel crops.
g1.1.2	Direct land, indirect land, direct land-use change, biofuel crop, indirect land-use, indirect land-use change, land grab, water footprint, oil palm plantation, palm biodiesel.
g1.1.3	Certification system, policy measures., modern bioenergy, life cycle greenhouse gas ghg emission, scenario analysis, tax exemption, road transport sector, plug-in hybrid, eu member state, policy context.
g1.1.4	Biodiesel industry., biodiesel fuel, biodiesel producers., green process, bio-diesel production, bar abs., corn straw, transmission electron microscopy tem, value-added chemical, specific surface area.
g1.2.1	Xylose reductase, xylitol dehydrogenase, catalytic domain, parental strain, parental strain., designer cellulosome, xylose fermentation, xylose fermentation., industrial strains., ethanol tolerance.
g1.2.2	Consolidated bioprocessing cbp, ethanol titer, efficient hydrolysis, biomass substrate, p. chrysosporium, glucan conversion, enzyme extract, cell viability, thermotolerant yeast, low efficiency.
g1.2.3	Ethanol titer, uv-a pelleting, glucan conversion, enzyme extract, thermotolerant yeast, cell viability, cellulase adsorption, cellulase component, sodium dodecyl sulfate, incubation time.
g1.2.4	Control strain, parent strain, inhibitor tolerance, parent strain., xylanolytic enzyme, b. subtilis., cell factory, yeast cell surface, carbon catabolite repression, glycerol production.
g1.3.1	Cm3 min-1, cm3 min-1., catalytic fast pyrolysis, fast pyrolysis reactor, 1h nmr, sweeping gas, sweep gas, catalytic esterification, organic distillate, maple wood.
g1.3.2	Cm3 min-1., cm3 min-1, catalytic fast pyrolysis, 1h nmr, 1h nmr., organic distillate, catalytic esterification, maple wood, nitrogen flow rate, acid number.
g1.3.3	Cellulose pyrolysis, bioslurry fuel, wood chip, hot gas, aaem specie, char particle, alkaline earth, fluidised bed, bio-oil conversion, bed height.

Tabela B.1: Continuação.

g1.3.4	Acidic catalyst, light oxygenate, solid base catalyst, zeolite, furan ring, technical lignin, physicochemical property, lignin-derived phenol, pt nanoparticle, steric hindrance.
g2.1.1	Biodiesel emulsion, particulate mass, carbonyl compound, pah emission, elemental carbon, organic fraction, pine oil, combustion phasing, combustion phasing., soluble organic fraction.
g2.1.2	Particulate mass, carbonyl compound, elemental carbon, pine oil, combustion phasing, soluble organic fraction, pilot injection, low engine load, fuel oxygen, gtl fuel.
g2.1.3	Low kinematic viscosity, palm oil methyl ester biodiesel, oxidative stability, cold flow property, flow property, induction period, surface tension, experimental datum, storage stability, rancimat method.
g2.2.1	Pom reaction, pom reaction., ni loading, methane cpo, ni/sio2 catalyst, nickel load, oxidative conversion, ni particle size, nickel loading, methane cpom.
g2.2.2	Physicochemical property, small crystallite size, dimethyl ether dme, alcohol synthesis, dme synthesis, hybrid catalyst, methanol synthesis catalyst, direct synthesis, methanol dehydration, mixed alcohol.
g2.2.3	Computational fluid dynamic model, equivalence ratio phi, solid oxide fuel cell sofc, carbon capture, gas turbine, fuel reactor, chemical-looping combustion, chemical-looping combustion clc, flue gas, sofc anode.
g2.3.1	Acidic ionic liquid, eutectic solvent, so3h group, sulfonic acid group, deep eutectic solvent, 12-tungstophosphoric acid, acidic site, temperature-programmed desorption, -so3h group, mixed metal.
g2.3.2	Low activation energy, chemical property, experimental datum, reactive distillation, sunflow oil, equilibrium datum, ultrasonic irradiation, ternary system, liquid-liquid equilibrium, algal biomass.
g2.3.3	Catalytic property, fatty acid methyl ester production, olive oil, whole-cell biocatalyst, lipozyme tl im, molar equivalent, lipase production, free lipase, operational stability, candida rugosa.
g3.1.1	Biomass burning, black carbon, biomass fuel, fuel burning, air pollution, biofuel burning, indoor air, bc emission, biofuel combustion, air mass.
g3.1.2	Life cycle assessment lca, electrical energy, solid waste management, bottom ash, green waste, chlorella sp, mixture ratio, operation cost, microalgal biomass, mechanical pretreatment.
g3.1.3	Electric power, beet silage, fodder beet, energy maize, cassava peel, tall fescue, animal dung, uass reactor, perennial grass, paddy straw.
g3.1.4	Silage maize, biogas digestate, field trial, catch crop, raw slurry, farming system, biogas production system, fertilizer type, northern germany, crop yield.
g3.2.1	Ethanol type, ethanol type fermentation, heat pretreatment, olive pulp, linoleic acid la, liquid fermentation product, chemical wastewater, influent cod, expanded clay, acidogenic culture.
g3.2.2	Light intensity, biological hydrogen production, rhodobacter sphaeroides, hydrogen fermentation, photosynthetic bacterium, biological hydrogen, specific hydrogen production rate, specific hydrogen production, chlamydomonas reinhardtii, solar energy.
g3.2.3	Lipid production, lipid content, oleaginous yeast, lipid accumulation, raw glycerol, microbial lipid, lipid yield, microbial oil, citric acid, waste glycerol.
g3.3.1	Myrothecium verrucaria, dioxygen reduction, microfluidic fuel cell, reduction current, human serum, bioelectrocatalytic reduction, cubic phase, logic operation, osmium complex, t1 cu.
g3.3.2	Low current density, fuel cell assembly, microbial fuel cell mfc, microbial fuel cell mfcs, microbial electrolysis cell, hydrogen production, wastewater treatment, chemical oxygen demand, electrolysis cell, microbial electrolysis.
g3.3.3	Glucose oxidase gox, enzyme immobilization, composite film, glucose biosensor, enzyme electrode, alcohol dehydrogenase adh, glassy carbon electrode gce, glucose oxidase god, o-2 biofuel cell, glucose dehydrogenase.
g3.4.1	Biotrickling filter, h2s removal, h2s removal efficiency, ferrous iron, sulfide removal, removal rate, m-3 h-1, sulfide oxidation, h2s adsorption, removal performance.
g3.4.2	Solid oxide fuel cell, biogas flow rate, cell performance, air ratio, h-2 fuel, gas flow rate, environmental impact, mix ratio, dilution rate, electric generator.

Tabela B.1: Continuação.

g3.4.3	Ysz anode, molten carbonate fuel cell, carbonate fuel cell, current density, anode material, solid oxide fuel cell, fuel cell system, solid oxide fuel cell sofc, cell voltage, mass transfer.
g3.4.4	Biotrickling filter, oxidation rate, packing material, solid oxide fuel cell, empty bed residence, polyurethane foam, adsorption capacity, mass transfer, methane production, biological process.
g3.4.5	Hydrogen sulfide h2s, fuel cell system, ppm h2s, process performance, air flow rate, scale plant, operating temperature, gas flow rate, sulphur compound, sewage sludge.
g3.4.6	H2s removal, elemental sulphur, hydrogen sulfide h2s, hydrogen sulphide h2s, sorption capacity, 13x zeolite, adsorption capacity, ppm h2s, zeolite 13x, acetic acid.
g4.1.1	Life cycle assessment, life cycle assessment lca, ionic liquid, base case, hexane extraction, lipid extraction yield, energy input, energy system, n2o emission, fp pbr case.
g4.1.2	Energy input, terrestrial plant, carbon capture, nitzschia sp, eicosapentaenoic acid epa, nannochloropsis oceanica, extraction rate, raman spectroscopy, synechococcus sp, sodium bicarbonate.
g4.1.3	Recovery efficiency, greenhouse gas ghg emission, microalgal biofuel production, renewable diesel, cell disruption method, high-pressure homogenization, water quality, astaxanthin production, photoautotrophic culture, sustainable energy source.
g4.1.4	Algal suspension, fluid flow, solvent system, production facility, magnetic field, computational fluid dynamics cfd, flow field, cell damage, surface area, ambient temperature.
g4.2.1	Isobutanol production, fatty acid product, fatty acid production, coli strain, ffa production, butanol production, 2-keto acid, butanol tolerance, fatty acyl-coa, advanced biofuels.
g4.2.2	Gene sequence, coli cell, renewable source, biodiesel industry, protein hydrolysate, fatty acid composition, genetic analysis, dry mass, polymerase chain reaction, low productivity.
g4.2.3	Synthetic biology, acyl carrier protein, acyl carrier protein acp, nile red, opacus pd630, metabolic engineering effort, long-chain fatty acid, strain improvement, wild type strain, central metabolism.
g4.2.4	Butanol production, butanol tolerance, engineered strain, clostridium acetobutylicum, alcohol production, alcohol dehydrogenase, microbial production, butanol pathway, butanol yield, batch fermentation.
g4.2.5	Advanced biofuels, synthetic biology, engineered strain, fatty acid ethyl ester, alcohol dehydrogenase, microbial production, bacillus subtilis, fatty alcohol, synechocystis sp, synechococcus elongatus pcc.

Elaborado pelo autor (2015).

Tabela B.2: Revistas com maior número de publicações por sub-grupo - nível 3.

Grupos	Revistas
g1.1.1	Energy policy (0.078), Biomass & bioenergy (0.07), Renewable & sustainable energy reviews (0.043), Environmental science & technology (0.036), Journal of cleaner production (0.031), Applied energy (0.03), Global change biology bioenergy (0.029), Biofuels bioproducts & biorefining-biofpr (0.029), Energy (0.021), International journal of life cycle assessment (0.021).
g1.1.2	Biomass & bioenergy (0.15), Energy policy (0.05), Energy (0.045), Applied energy (0.037), Industrial & engineering chemistry research (0.026), Journal of cleaner production (0.026), Renewable & sustainable energy reviews (0.026), Forest ecology and management (0.023), Computers & chemical engineering (0.02), Biofuels bioproducts & biorefining-biofpr (0.017).
g1.1.3	Biomass & bioenergy (0.18), Bioenergy research (0.075), Global change biology bioenergy (0.071), Agronomy journal (0.036), Crop science (0.026), Bioresource technology (0.022), Agriculture ecosystems & environment (0.017), Biofuels bioproducts & biorefining-biofpr (0.015), Energy policy (0.014), Industrial crops and products (0.013).
g1.1.4	International journal of hydrogen energy (0.1), Green chemistry (0.045), Catalysis today (0.044), Chemsuschem (0.038), Applied catalysis a-general (0.036), Bioresource technology (0.03), Applied catalysis b-environmental (0.029), Industrial & engineering chemistry research (0.027), Fuel (0.021), Energy & fuels (0.02).
g1.2.1	Biotechnology for biofuels (0.07), Bioresource technology (0.059), Applied microbiology and biotechnology (0.052), Biotechnology and bioengineering (0.032), Applied and environmental microbiology (0.03), Applied biochemistry and biotechnology (0.03), Plos one (0.027), Journal of industrial microbiology & biotechnology (0.021), Proceedings of the national academy of sciences of the united states of america (0.019), Journal of biotechnology (0.018).
g1.2.2	Bioresource technology (0.23), Applied biochemistry and biotechnology (0.048), Biomass & bioenergy (0.047), Bioresources (0.045), Biotechnology for biofuels (0.025), Industrial crops and products (0.024), Applied energy (0.017), Journal of chemical technology and biotechnology (0.016), Bioprocess and biosystems engineering (0.016), Renewable energy (0.016).
g1.2.3	Bioenergy research (0.053), Bioresource technology (0.049), Biotechnology for biofuels (0.036), Biomass & bioenergy (0.035), Industrial crops and products (0.032), Plos one (0.027), Journal of agricultural and food chemistry (0.026), Plant biotechnology journal (0.02), Applied biochemistry and biotechnology (0.017), New phytologist (0.016).
g1.2.4	Bioresource technology (0.096), Bioresources (0.054), Industrial & engineering chemistry research (0.047), Biomass & bioenergy (0.033), Holzforschung (0.033), Tappi journal (0.026), Journal of membrane science (0.025), Journal of biobased materials and bioenergy (0.018), Industrial crops and products (0.016), Cellulose chemistry and technology (0.015).
g1.3.1	Energy & fuels (0.12), Bioresource technology (0.092), Journal of analytical and applied pyrolysis (0.089), Fuel (0.071), Biomass & bioenergy (0.032), Fuel processing technology (0.031), Industrial & engineering chemistry research (0.024), Green chemistry (0.019), Energy sources part a-recovery utilization and environmental effects (0.018), Bioresources (0.017).
g1.3.2	International journal of hydrogen energy (0.081), Energy & fuels (0.071), Fuel (0.06), Bioresource technology (0.048), Biomass & bioenergy (0.043), Fuel processing technology (0.043), Industrial & engineering chemistry research (0.037), Energy (0.028), Applied energy (0.025), Journal of analytical and applied pyrolysis (0.022).
g1.3.3	Bioresource technology (0.15), Energy sources part a-recovery utilization and environmental effects (0.071), Energy & fuels (0.07), Fuel (0.054), Journal of analytical and applied pyrolysis (0.041), Energy conversion and management (0.03), Biomass & bioenergy (0.022), Applied catalysis a-general (0.02), Industrial & engineering chemistry research (0.02), Applied energy (0.019).
g1.3.4	Chemsuschem (0.058), Catalysis today (0.052), Green chemistry (0.052), Journal of catalysis (0.052), Applied catalysis a-general (0.049), Energy & fuels (0.043), Applied catalysis b-environmental (0.041), Acs catalysis (0.037), Catalysis communications (0.033), Catalysis letters (0.031).

Tabela B.2: Continuação.

g2.1.1	Fuel (0.13), Energy & fuels (0.075), Energy (0.043), Applied energy (0.04), Energy conversion and management (0.038), Atmospheric environment (0.032), Fuel processing technology (0.024), Renewable energy (0.021), Environmental science & technology (0.019), Proceedings of the institution of mechanical engineers part d-journal of automobile engineering (0.019).
g2.1.2	Fuel (0.065), Renewable & sustainable energy reviews (0.064), Biomass & bioenergy (0.055), Bioresource technology (0.045), Industrial crops and products (0.033), Energy sources part a-recovery utilization and environmental effects (0.03), Renewable energy (0.028), Energy conversion and management (0.025), International journal of green energy (0.025), Applied energy (0.025).
g2.1.3	Fuel (0.14), Energy & fuels (0.082), Journal of the american oil chemists society (0.072), Journal of thermal analysis and calorimetry (0.047), European journal of lipid science and technology (0.029), Fuel processing technology (0.028), Biomass & bioenergy (0.024), Industrial crops and products (0.022), Journal of chemical and engineering data (0.02), Renewable energy (0.019).
g2.2.1	Applied catalysis a-general (0.11), Catalysis today (0.1), International journal of hydrogen energy (0.075), Catalysis letters (0.053), Journal of catalysis (0.039), Industrial & engineering chemistry research (0.036), Chinese journal of catalysis (0.027), Catalysis communications (0.022), Reaction kinetics and catalysis letters (0.021), Chemical engineering science (0.02).
g2.2.2	Applied catalysis a-general (0.1), Catalysis today (0.068), Catalysis letters (0.06), Chinese journal of catalysis (0.05), Journal of catalysis (0.043), Industrial & engineering chemistry research (0.041), Fuel processing technology (0.039), Catalysis communications (0.033), Journal of molecular catalysis a-chemical (0.031), Fuel (0.027).
g2.2.3	International journal of hydrogen energy (0.13), Journal of power sources (0.082), Energy & fuels (0.047), Industrial & engineering chemistry research (0.045), Fuel (0.041), Catalysis today (0.025), Energy (0.024), Applied catalysis a-general (0.019), Applied energy (0.019), Fuel processing technology (0.018).
g2.3.1	Bioresource technology (0.072), Applied catalysis a-general (0.067), Fuel (0.048), Fuel processing technology (0.044), Energy & fuels (0.039), Industrial & engineering chemistry research (0.037), Catalysis today (0.027), Catalysis communications (0.024), Applied catalysis b-environmental (0.022), Green chemistry (0.021).
g2.3.2	Fuel (0.091), Bioresource technology (0.084), Industrial & engineering chemistry research (0.064), Energy & fuels (0.052), Fuel processing technology (0.04), Journal of the american oil chemists society (0.033), Journal of supercritical fluids (0.031), Ultrasonics sonochemistry (0.02), Energy conversion and management (0.018), Chemical engineering journal (0.018).
g2.3.3	Journal of molecular catalysis b-enzymatic (0.096), Bioresource technology (0.07), Process biochemistry (0.043), Applied biochemistry and biotechnology (0.036), Biochemical engineering journal (0.031), Journal of the american oil chemists society (0.03), Enzyme and microbial technology (0.023), Applied microbiology and biotechnology (0.021), Energy & fuels (0.021), Bioprocess and biosystems engineering (0.017).
g3.1.1	Bioresource technology (0.071), Biomass & bioenergy (0.062), Renewable & sustainable energy reviews (0.059), Renewable energy (0.042), Applied energy (0.038), Atmospheric environment (0.035), Atmospheric chemistry and physics (0.031), Journal of geophysical research-atmospheres (0.028), Energy (0.026), Energy policy (0.025).
g3.1.2	Bioresource technology (0.21), Water science and technology (0.1), Waste management (0.043), Water research (0.036), Chemical engineering journal (0.028), Environmental technology (0.026), Water environment research (0.02), Biomass & bioenergy (0.019), Waste management & research (0.019), Renewable energy (0.017).
g3.1.3	Bioresource technology (0.14), Water science and technology (0.053), Biomass & bioenergy (0.032), Water research (0.027), Applied microbiology and biotechnology (0.018), Environmental technology (0.018), Waste management (0.018), Process biochemistry (0.016), Applied and environmental microbiology (0.015), Applied biochemistry and biotechnology (0.014).

Tabela B.2: Continuação.

g3.1.4	Water science and technology (0.1), Bioresource technology (0.074), Water research (0.03), Biomass & bioenergy (0.025), Environmental technology (0.019), Biotechnology and bioengineering (0.017), Waste management (0.017), European journal of agronomy (0.012), Journal of agricultural science (0.012), Journal of chemical technology and biotechnology (0.012).
g3.2.1	International journal of hydrogen energy (0.4), Bioresource technology (0.13), Water science and technology (0.026), Biotechnology and bioengineering (0.022), Biomass & bioenergy (0.015), Renewable energy (0.015), Water research (0.015), Process biochemistry (0.014), Applied biochemistry and biotechnology (0.0094), Applied energy (0.0077).
g3.2.2	International journal of hydrogen energy (0.42), Bioresource technology (0.11), Biomass & bioenergy (0.02), Applied microbiology and biotechnology (0.016), Journal of biotechnology (0.015), Biotechnology for biofuels (0.012), Applied and environmental microbiology (0.011), Biotechnology letters (0.0095), Current opinion in biotechnology (0.0084), Microbial cell factories (0.0084).
g3.2.3	Bioresource technology (0.17), Applied microbiology and biotechnology (0.048), Applied biochemistry and biotechnology (0.032), International journal of hydrogen energy (0.032), Journal of industrial microbiology & biotechnology (0.022), Process biochemistry (0.022), Biomass & bioenergy (0.02), Biotechnology and bioengineering (0.019), Journal of chemical technology and biotechnology (0.019), Biotechnology for biofuels (0.017).
g3.3.1	Electrochimica acta (0.081), Biosensors & bioelectronics (0.066), Electrochemistry communications (0.052), Electroanalysis (0.045), Chemical communications (0.039), Analytical chemistry (0.036), Journal of the american chemical society (0.034), Physical chemistry chemical physics (0.033), Bioelectrochemistry (0.032), Journal of the electrochemical society (0.031).
g3.3.2	Bioresource technology (0.08), Environmental science & technology (0.069), International journal of hydrogen energy (0.05), Applied microbiology and biotechnology (0.036), Biosensors & bioelectronics (0.032), Water science and technology (0.032), Water research (0.025), Energy & environmental science (0.022), Journal of power sources (0.022), Biotechnology and bioengineering (0.019).
g3.3.3	Biosensors & bioelectronics (0.098), Electrochimica acta (0.067), Electroanalysis (0.056), Journal of power sources (0.035), Electrochemistry communications (0.03), Journal of electroanalytical chemistry (0.026), Bioelectrochemistry (0.021), Langmuir (0.021), Sensors and actuators b-chemical (0.019), Acs catalysis (0.016).
g3.4.1	Chemical engineering journal (0.082), Water science and technology (0.082), International journal of hydrogen energy (0.077), Journal of power sources (0.049), Bioresource technology (0.044), Chemosphere (0.027), Journal of chemical technology and biotechnology (0.027), Energy (0.022), Journal of hazardous materials (0.022), Process biochemistry (0.022).
g3.4.2	International journal of hydrogen energy (0.19), Energy conversion and management (0.096), Fuel (0.083), Applied energy (0.064), Journal of engineering for gas turbines and power-transactions of the asme (0.045), Renewable energy (0.038), Energy (0.032), Biomass (0.019), Biomass & bioenergy (0.019), Bioresource technology (0.013).
g3.4.3	Journal of power sources (0.21), International journal of hydrogen energy (0.16), Journal of fuel cell science and technology (0.054), Solid oxide fuel cells 11 (sofc-xi) (0.04), Solid state ionics (0.04), Journal of the ceramic society of japan (0.027), Chemical engineering journal (0.02), Energy (0.02), Fuel cells (0.02), Fuel processing technology (0.02).
g3.4.4	Waste management (0.072), Energy conversion and management (0.045), Environmental science & technology (0.045), Waste management & research (0.045), Water science and technology (0.045), Chemosphere (0.036), Industrial & engineering chemistry research (0.036), Talanta (0.036), Analytical chemistry (0.027), Bioresource technology (0.027).
g3.4.5	International journal of hydrogen energy (0.24), Catalysis today (0.049), Journal of power sources (0.049), Acta physico-chimica sinica (0.039), Energy & fuels (0.039), Fuel (0.039), Applied catalysis a-general (0.029), Renewable & sustainable energy reviews (0.029), Renewable energy (0.029), 4 international conference on advances in energy research (icaer 2013) (0.02).

Tabela B.2: Continuação.

g3.4.6	Journal of membrane science (0.15), Industrial & engineering chemistry research (0.11), Microporous and mesoporous materials (0.071), Chemie ingenieur technik (0.047), Separation science and technology (0.047), Kagaku kogaku ronbunshu (0.035), Chemical engineering & technology (0.024), Chemical engineering journal (0.024), Chemical engineering science (0.024), Chemical society reviews (0.024).
g4.1.1	Bioresource technology (0.2), Algal research-biomass biofuels and bioproducts (0.059), Environmental science & technology (0.038), Applied energy (0.031), Biomass & bioenergy (0.031), Journal of applied phycology (0.027), Renewable & sustainable energy reviews (0.025), Biotechnology advances (0.018), Chemical engineering journal (0.017), Biotechnology and bioengineering (0.014).
g4.1.2	Bioresource technology (0.26), Journal of applied phycology (0.078), Biomass & bioenergy (0.032), Algal research-biomass biofuels and bioproducts (0.028), Biotechnology and bioengineering (0.028), Applied biochemistry and biotechnology (0.023), Applied microbiology and biotechnology (0.021), Bioprocess and biosystems engineering (0.016), Biotechnology for biofuels (0.014), Plos one (0.014).
g4.1.3	Bioresource technology (0.29), Applied biochemistry and biotechnology (0.043), Applied energy (0.038), Algal research-biomass biofuels and bioproducts (0.032), Journal of applied phycology (0.032), Water research (0.023), Applied microbiology and biotechnology (0.021), Biomass & bioenergy (0.021), Ecological engineering (0.019), Environmental technology (0.019).
g4.1.4	Bioresource technology (0.11), Journal of applied phycology (0.034), Biomass & bioenergy (0.027), Journal of biotechnology (0.024), Algal research-biomass biofuels and bioproducts (0.02), Bioprocess and biosystems engineering (0.02), Energies (0.02), Applied biochemistry and biotechnology (0.017), Applied energy (0.017), Applied microbiology and biotechnology (0.017).
g4.2.1	Metabolic engineering (0.11), Applied microbiology and biotechnology (0.088), Applied and environmental microbiology (0.059), Biotechnology and bioengineering (0.044), Microbial cell factories (0.039), Biotechnology for biofuels (0.037), Plos one (0.037), Proceedings of the national academy of sciences of the united states of america (0.037), Current opinion in biotechnology (0.032), Acs synthetic biology (0.02).
g4.2.2	Industrial crops and products (0.063), Biomass & bioenergy (0.039), Molecular biology reports (0.037), Plant science (0.024), Acta physiologiae plantarum (0.021), Biotechnology for biofuels (0.021), African journal of biotechnology (0.016), Crop breeding and applied biotechnology (0.016), Genetics and molecular research (0.016), Plant biotechnology (0.016).
g4.2.3	Plos one (0.055), Plant biotechnology journal (0.043), Plant journal (0.043), Plant physiology (0.039), Eukaryotic cell (0.035), Bioresource technology (0.023), Biotechnology for biofuels (0.02), Journal of applied phycology (0.02), Journal of proteome research (0.02), Bmc genomics (0.016).
g4.2.4	Applied microbiology and biotechnology (0.077), Bioresource technology (0.069), Metabolic engineering (0.046), Applied and environmental microbiology (0.038), Energy & fuels (0.038), Biomass & bioenergy (0.031), Biotechnology journal (0.031), Current opinion in biotechnology (0.031), Biochemical engineering journal (0.023), Biotechnology advances (0.023).
g4.2.5	Biotechnology journal (0.047), Plos one (0.039), Applied and environmental microbiology (0.031), Journal of biotechnology (0.031), Microbial cell factories (0.031), Photosynthesis research (0.031), Proceedings of the national academy of sciences of the united states of america (0.031), Bioresource technology (0.023), Biotechnology for biofuels (0.023), Metabolic engineering (0.023).

Elaborado pelo autor (2015).

Tabela B.3: Artigos mais citados por sub-grupo - nível 3.

Grupo	Artigo	Título	WoS	Citações
-------	--------	--------	-----	----------

Tabela B.3: Continuação.

g1.1.1	Searchinger, 2008, V319, P1238	Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change	1512	894
g1.1.1	Fargione, 2008, V319, P1235	Land clearing and the biofuel carbon debt	1245	739
g1.1.1	Hill, 2006, V103, P11206	Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels	940	356
g1.1.1	Tilman, 2006, V314, P1598	Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass	682	355
g1.1.1	Tilman, 2009, V325, P270	Beneficial Biofuels-The Food, Energy, and Environment Trilemma	425	221
g1.1.2	Faaij, 2006, V34, P322	Bio-energy in Europe: changing technology choices	204	100
g1.1.2	Tijmensen, 2002, V23, P129	Exploration of the possibilities for production of Fischer Tropsch liquids and power via biomass gasification	320	91
g1.1.2	Eksioglu, 2009, V57, P1342	Analyzing the design and management of biomass-to-biorefinery supply chain	83	71
g1.1.2	Schlamadinger, 1996, V10, P275	The role of forest and bioenergy strategies in the global carbon cycle	152	71
g1.1.2	You, 2012, V58, P1157	Optimal design of sustainable cellulosic biofuel supply chains: Multi-objective optimization coupled with life cycle assessment and input-output analysis	90	67
g1.1.3	Mclaughlin, 2005, V28, P515	Development of switchgrass (<i>Panicum virgatum</i>) as a bioenergy feedstock in the United States	378	213
g1.1.3	Lewandowski, 2003, V25, P335	The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe	419	207
g1.1.3	Heaton, 2008, V14, P2000	Meeting US biofuel goals with less land: the potential of <i>Miscanthus</i>	308	184
g1.1.3	Parrish, 2005, V24, P423	The biology and agronomy of switchgrass for biofuels	244	155
g1.1.3	Heaton, 2004, V27, P21	A quantitative review comparing the yields of two candidate C-4 perennial biomass crops in relation to nitrogen, temperature and water	223	145
g1.1.4	Ni, 2007, V32, P3238	A review on reforming bio-ethanol for hydrogen production	469	234
g1.1.4	Haryanto, 2005, V19, P2098	Current status of hydrogen production techniques by steam reforming of ethanol: A review	534	184
g1.1.4	Vaidya, 2006, V117, P39	Insight into steam reforming of ethanol to produce hydrogen for fuel cells	317	159
g1.1.4	Llorca, 2002, V209, P306	Efficient production of hydrogen over supported cobalt catalysts from ethanol steam reforming	314	149
g1.1.4	Zhou, 2008, V37, P527	Chemoselective catalytic conversion of glycerol as a biorenewable source to valuable commodity chemicals	609	146
g1.2.1	Himmel, 2007, V315, P804	Biomass recalcitrance: Engineering plants and enzymes for biofuels production	1225	570
g1.2.1	Hahn-hagerdal, 2006, V24, P549	Bio-ethanol - the fuel of tomorrow from the residues of today	521	252
g1.2.1	Lynd, 2008, V26, P169	How biotech can transform biofuels	455	233
g1.2.1	Farrell, 2006, V311, P506	Ethanol can contribute to energy and environmental goals	1188	213
g1.2.1	Zhang, 2006, V24, P452	Outlook for cellulase improvement: Screening and selection strategies	471	180
g1.2.2	Hendriks, 2009, V100, P10	Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass	864	414
g1.2.2	Alvira, 2010, V101, P4851	Pretreatment technologies for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis: A review	656	409

Tabela B.3: Continuação.

g1.2.2	Kumar, 2009, V48, P3713	Methods for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Efficient Hydrolysis and Biofuel Production	628	317
g1.2.2	Taherzadeh, 2008, V9, P1621	Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: A review	491	255
g1.2.2	Yang, 2008, V2, P26	Pretreatment: the key to unlocking low-cost cellulosic ethanol	434	235
g1.2.3	Ragauskas, 2006, V311, P484	The path forward for biofuels and biomaterials	1917	483
g1.2.3	Chen, 2007, V25, P759	Lignin modification improves fermentable sugar yields for biofuel production	439	284
g1.2.3	Carroll, 2009, V60, P165	Cellulosic Biofuels	253	133
g1.2.3	Schmer, 2008, V105, P464	Net energy of cellulosic ethanol from switchgrass	429	125
g1.2.3	Somerville, 2010, V329, P790	Feedstocks for Lignocellulosic Biofuels	308	106
g1.2.4	Cardona, 2007, V98, P2415	Fuel ethanol production: Process design trends and integration opportunities	327	149
g1.2.4	Kamm, 2004, V64, P137	Principles of biorefineries	297	115
g1.2.4	Huang, 2008, V62, P1	A review of separation technologies in current and future biorefineries	247	91
g1.2.4	Fitzpatrick, 2010, V101, P8915	A biorefinery processing perspective: Treatment of lignocellulosic materials for the production of value-added products	161	62
g1.2.4	Amidon, 2008, V2, P100	Biorefinery: Conversion of woody biomass to chemicals, energy and materials	99	61
g1.3.1	Mohan, 2006, V20, P848	Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: A critical review	1374	842
g1.3.1	Czernik, 2004, V18, P590	Overview of applications of biomass fast pyrolysis oil	816	603
g1.3.1	Elliott, 2007, V21, P1792	Historical developments in hydroprocessing bio-oils	428	319
g1.3.1	Bridgwater, 1999, V30, P1479	An overview of fast pyrolysis of biomass	543	318
g1.3.1	Bridgwater, 2003, V91, P87	Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass	559	260
g1.3.2	Wang, 1997, V36, P1507	Biomass to hydrogen via fast pyrolysis and catalytic steam reforming of the pyrolysis oil or its fractions	267	154
g1.3.2	Rioche, 2005, V61, P130	Steam reforming of model compounds and fast pyrolysis bio-oil on supported noble metal catalysts	191	146
g1.3.2	Garcia, 2000, V201, P225	Catalytic steam reforming of bio-oils for the production of hydrogen: effects of catalyst composition	265	143
g1.3.2	Sutton, 2001, V73, P155	Review of literature on catalysts for biomass gasification	448	139
g1.3.2	Czernik, 2002, V41, P4209	Hydrogen by catalytic steam reforming of liquid byproducts from biomass thermoconversion processes	227	122
g1.3.3	Huber, 2007, V46, P7184	Synergies between bio- and oil refineries for the production of fuels from biomass	465	187
g1.3.3	Peterson, 2008, V1, P32	Thermochemical biofuel production in hydrothermal media: A review of sub- and supercritical water technologies	367	136
g1.3.3	Huber, 2007, V329, P120	Processing biomass in conventional oil refineries: Production of high quality diesel by hydrotreating vegetable oils in heavy vacuum oil mixtures	209	114
g1.3.3	Demirbas, 2007, V33, P1	Progress and recent trends in biofuels	620	101
g1.3.3	Miao, 2004, V71, P855	Fast pyrolysis of microalgae to produce renewable fuels	169	99
g1.3.4	Furimsky, 2000, V199, P147	Catalytic hydrodeoxygenation	349	190
g1.3.4	Zakzeski, 2010, V110, P3552	The Catalytic Valorization of Lignin for the Production of Renewable Chemicals	563	140

Tabela B.3: Continuação.

g1.3.4	Zhao, 2009, V48, P3987	Highly Selective Catalytic Conversion of Phenolic Bio-Oil to Alkanes	181	114
g1.3.4	Cortright, 2002, V418, P964	Hydrogen from catalytic reforming of biomass-derived hydrocarbons in liquid water	871	113
g1.3.4	Stocker, 2008, V47, P9200	Biofuels and Biomass-To-Liquid Fuels in the Biorefinery: Catalytic Conversion of Lignocellulosic Biomass using Porous Materials	278	98
g2.1.1	Graboski, 1998, V24, P125	Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines	809	549
g2.1.1	Lapuerta, 2008, V34, P198	Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions	531	448
g2.1.1	Agarwal, 2007, V33, P233	Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines	711	387
g2.1.1	Dorado, 2003, V82, P1311	Exhaust emissions from a Diesel engine fueled with transesterified waste olive oil	287	225
g2.1.1	Mccormick, 2001, V35, P1742	Impact of biodiesel source material and chemical structure on emissions of criteria pollutants from a heavy-duty engine	277	217
g2.1.2	Srivastava, 2000, V4, P111	Triglycerides-based diesel fuels	677	319
g2.1.2	Ramadhas, 2005, V84, P335	Biodiesel production from high FFA rubber seed oil	383	220
g2.1.2	Demirbas, 2009, V50, P14	Progress and recent trends in biodiesel fuels	422	192
g2.1.2	Canakci, 2001, V44, P1429	Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids	461	191
g2.1.2	Pramanik, 2003, V28, P239	Properties and use of jatropha curcas oil and diesel fuel blends in compression ignition engine	255	184
g2.1.3	Knothe, 2005, V86, P1059	Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters	642	350
g2.1.3	Monyem, 2001, V20, P317	The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions	288	260
g2.1.3	Knothe, 2005, V84, P1059	Kinematic viscosity of biodiesel fuel components and related compounds. Influence of compound structure and comparison to petrodiesel fuel components	232	188
g2.1.3	Knothe, 2008, V22, P1358	"Designer"biodiesel: Optimizing fatty ester (composition to improve fuel properties	347	168
g2.1.3	Knothe, 2007, V88, P669	Some aspects of biodiesel oxidative stability	202	150
g2.2.1	Hickman, 1993, V259, P343	Production of syngas by direct catalytic-oxidation of methane	643	363
g2.2.1	Bradford, 1999, V41, P1	CO ₂ reforming of CH ₄	658	210
g2.2.1	Torniainen, 1994, V146, P1	Comparison of monolith-supported metals for the direct oxidation of methane to syngas	266	174
g2.2.1	Bharadwaj, 1995, V42, P109	Catalytic partial oxidation of natural-gas to syngas	201	120
g2.2.1	Rostrupnielsen, 1993, V18, P305	Production of synthesis gas	319	108
g2.2.2	Subramani, 2008, V22, P814	A review of recent literature to search for an efficient catalytic process for the conversion of syngas to ethanol	204	136
g2.2.2	Spivey, 2007, V36, P1514	Heterogeneous catalytic synthesis of ethanol from biomass-derived syngas	180	122
g2.2.2	Takeguchi, 2000, V192, P201	Effect of the property of solid acid upon syngas-to-dimethyl ether conversion on the hybrid catalysts composed of Cu-Zn-Ga and solid acids	131	90
g2.2.2	Wender, 1996, V48, P189	Reactions of synthesis gas	238	85
g2.2.2	Sachtler, 1986, V90, P4752	Catalytic site requirements for elementary steps in syngas conversion to oxygenates over promoted rhodium	242	76

Tabela B.3: Continuação.

g2.2.3	Wilhelm, 2001, V71, P139	Syngas production for gas-to-liquids applications: technologies, issues and outlook	200	105
g2.2.3	Trembly, 2007, V163, P986	The effect of IGFC warm gas cleanup system conditions on the gas-solid partitioning and form of trace species in coal syngas and their interactions with SOFC anodes	77	61
g2.2.3	Chiesa, 2005, V30, P747	Co-production of hydrogen, electricity and CO ₂ from coal with commercially ready technology. PartA: Performance and emissions	210	58
g2.2.3	Song, 2006, V115, P2	Global challenges and strategies for control, conversion and utilization of CO ₂ for sustainable development involving energy, catalysis, adsorption and chemical processing	495	54
g2.2.3	Cayan, 2008, V185, P595	Effects of coal syngas impurities on anodes of solid oxide fuel cells	89	46
g2.3.1	Ma, 1999, V70, P1	Biodiesel production: a review	2050	950
g2.3.1	Lotero, 2005, V44, P5353	Synthesis of biodiesel via acid catalysis	658	464
g2.3.1	Suppes, 2004, V257, P213	Transesterification of soybean oil with zeolite and metal catalysts	323	243
g2.3.1	Granados, 2007, V73, P317	Biodiesel from sunflower oil by using activated calcium oxide	269	223
g2.3.1	Xie, 2006, V300, P67	Transesterification of soybean oil catalyzed by potassium loaded on alumina as a solid-base catalyst	280	217
g2.3.2	Meher, 2006, V10, P248	Technical aspects of biodiesel production by transesterification - a review	1017	465
g2.3.2	Zhang, 2003, V89, P1	Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment	636	338
g2.3.2	Saka, 2001, V80, P225	Biodiesel fuel from rapeseed oil as prepared in supercritical methanol	470	306
g2.3.2	Noureddini, 1997, V74, P1457	Kinetics of transesterification of soybean oil	428	303
g2.3.2	Marchetti, 2007, V11, P1300	Possible methods for biodiesel production	488	277
g2.3.3	Fukuda, 2001, V92, P405	Biodiesel fuel production by transesterification of oils	787	474
g2.3.3	Shimada, 2002, V17, P133	Enzymatic alcoholysis for biodiesel fuel production and application of the reaction to oil processing	324	259
g2.3.3	Shimada, 1999, V76, P789	Conversion of vegetable oil to biodiesel using immobilized <i>Candida antarctica</i> lipase	309	244
g2.3.3	Nelson, 1996, V73, P1191	Lipase-catalyzed production of biodiesel	294	213
g2.3.3	Iso, 2001, V16, P53	Production of biodiesel fuel from triglycerides and alcohol using immobilized lipase	253	199
g3.1.1	Weiland, 2010, V85, P849	Biogas production: current state and perspectives	340	214
g3.1.1	Holm-nielsen, 2009, V100, P5478	The future of anaerobic digestion and biogas utilization	215	131
g3.1.1	Amon, 2007, V118, P173	Biogas production from maize and dairy cattle manure - Influence of biomass composition on the methane yield	182	125
g3.1.1	Amon, 2007, V98, P3204	Methane production through anaerobic digestion of various energy crops grown in sustainable crop rotations	166	98
g3.1.1	Berglund, 2006, V30, P254	Assessment of energy performance in the life-cycle of biogas production	141	87
g3.1.2	Mata-alvarez, 2000, V74, P3	Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives	494	250
g3.1.2	Hansen, 1998, V32, P5	Anaerobic digestion of swine manure: Inhibition by ammonia	324	171

Tabela B.3: Continuação.

g3.1.2	Appels, 2008, V34, P755	Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge	378	153
g3.1.2	Angelidaki, 2009, V59, P927	Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays	236	137
g3.1.2	Bouallagui, 2005, V40, P989	Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes	155	97
g3.1.3	Gunaseelan, 1997, V13, P83	Anaerobic digestion of biomass for methane production: A review	204	109
g3.1.3	Karakashev, 2005, V71, P331	Influence of environmental conditions on methanogenic compositions in anaerobic biogas reactors	145	84
g3.1.3	Griffin, 1998, V57, P342	Methanogenic population dynamics during start-up of anaerobic digesters treating municipal solid waste and biosolids	178	64
g3.1.3	Parawira, 2004, V29, P1811	Anaerobic batch digestion of solid potato waste alone and in combination with sugar beet leaves	88	58
g3.1.3	Schluter, 2008, V136, P77	The metagenome of a biogas-producing microbial community of a production-scale biogas plant fermenter analysed by the 454-pyrosequencing technology	98	55
g3.1.4	Ward, 2008, V99, P7928	Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources	277	162
g3.1.4	Sahlstrom, 2003, V87, P161	A review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants	109	58
g3.1.4	Nielsen, 2007, V31, P820	Regulation and optimization of the biogas process: Propionate as a key parameter	52	33
g3.1.4	Blumensaat, 2005, V39, P171	Modelling of two-stage anaerobic digestion using the IWA Anaerobic Digestion Model No. 1 (ADM1)	81	32
g3.1.4	Weiland, 2000, V11, P415	Anaerobic waste digestion in Germany - Status and recent developments	50	32
g3.2.1	Levin, 2004, V29, P173	Biohydrogen production: prospects and limitations to practical application	650	475
g3.2.1	Hawkes, 2002, V27, P1339	Sustainable fermentative hydrogen production: challenges for process optimisation	488	372
g3.2.1	Fang, 2002, V82, P87	Effect of pH on hydrogen production from glucose by a mixed culture	447	347
g3.2.1	Lay, 1999, V33, P2579	Feasibility of biological hydrogen production from organic fraction of municipal solid waste	409	310
g3.2.1	Li, 2007, V37, P1	Fermentative hydrogen production from wastewater and solid wastes by mixed cultures	291	230
g3.2.2	Kapdan, 2006, V38, P569	Bio-hydrogen production from waste materials	530	361
g3.2.2	Nath, 2004, V65, P520	Improvement of fermentative hydrogen production: various approaches	288	192
g3.2.2	Kotay, 2008, V33, P258	Biohydrogen as a renewable energy resource - Prospects and potentials	215	148
g3.2.2	Chen, 2005, V30, P1063	Fermentative hydrogen production with <i>Clostridium butyricum</i> CGS5 isolated from anaerobic sewage sludge	176	144
g3.2.2	Das, 2008, V33, P6046	Advances in biological hydrogen production processes	170	120
g3.2.3	Yazdani, 2007, V18, P213	Anaerobic fermentation of glycerol: a path to economic viability for the biofuels industry	338	150
g3.2.3	Ito, 2005, V100, P260	Hydrogen and ethanol production from glycerol-containing wastes discharged after biodiesel manufacturing process	213	139

Tabela B.3: Continuação.

g3.2.3	Li, 2007, V41, P312	High-density cultivation of oleaginous yeast <i>Rhodospiridium toruloides</i> Y4 in fed-batch culture	194	119
g3.2.3	Meng, 2009, V34, P1	Biodiesel production from oleaginous microorganisms	281	119
g3.2.3	Li, 2008, V80, P749	Perspectives of microbial oils for biodiesel production	222	106
g3.3.1	Barton, 2004, V104, P4867	Enzymatic biofuel cells for Implantable and microscale devices	654	524
g3.3.1	Heller, 2004, V6, P209	Miniature biofuel cells	399	327
g3.3.1	Mano, 2003, V125, P6588	Characteristics of a miniature compartment-less glucose-O ₂ biofuel cell and its operation in a living plant	302	240
g3.3.1	Chen, 2001, V123, P8630	A miniature biofuel cell	278	207
g3.3.1	Cracknell, 2008, V108, P2439	Enzymes as working or inspirational electrocatalysts for fuel cells and electrolysis	396	198
g3.3.2	Logan, 2006, V40, P5181	Microbial fuel cells: Methodology and technology	1405	257
g3.3.2	Rabaey, 2004, V70, P5373	Biofuel cells select for microbial consortia that self-mediate electron transfer	488	195
g3.3.2	Chaudhuri, 2003, V21, P1229	Electricity generation by direct oxidation of glucose in mediatorless microbial fuel cells	573	179
g3.3.2	Rabaey, 2005, V23, P291	Microbial fuel cells: novel biotechnology for energy generation	691	163
g3.3.2	Rabaey, 2005, V39, P3401	Microbial phenazine production enhances electron transfer in biofuel cells	288	147
g3.3.3	Bullen, 2006, V21, P2015	Biofuel cells and their development	469	351
g3.3.3	Kim, 2006, V24, P296	Challenges in biocatalysis for enzyme-based biofuel cells	262	168
g3.3.3	Akers, 2005, V50, P2521	Development of alcohol/O ₂ biofuel cells using salt-extracted tetrabutylammonium bromide/Nafion membranes to immobilize dehydrogenase enzymes	137	112
g3.3.3	Ivnitski, 2006, V8, P1204	Glucose oxidase anode for biofuel cell based on direct electron transfer	146	103
g3.3.3	Willner, 2002, V298, P2407	Biomaterials for sensors, fuel cells, and circuitry	222	65
g3.4.1	Abatzoglou, 2009, V3, P42	A review of biogas purification processes	87	40
g3.4.1	Fortuny, 2008, V71, P10	Biological sweetening of energy gases mimics in biotrickling filters	49	21
g3.4.1	Trogisch, 2005, V145, P632	Operation of molten carbonate fuel cells with different biogas sources: A challenging approach for field trials	25	19
g3.4.1	Nishimura, 1997, V36, P349	Removal of hydrogen sulfide from an anaerobic biogas using a big-scrubber	32	15
g3.4.1	Rasmussen, 2009, V191, P534	The effect of H ₂ S on the performance of Ni-YSZ anodes in solid oxide fuel cells	67	13
g3.4.2	Huang, 1998, V77, P1793	Assessment of simulated biogas as a fuel for the spark ignition engine	71	51
g3.4.2	Porpatham, 2008, V87, P1651	Investigation on the effect of concentration of methane in biogas when used as a fuel for a spark ignition engine	38	26
g3.4.2	Porpatham, 2007, V32, P2057	Effect of hydrogen addition on the performance of a biogas fuelled spark ignition engine	60	24
g3.4.2	Henham, 1998, V39, P2001	Combustion of simulated biogas in a dual-fuel diesel engine	29	19
g3.4.2	Nathan, 2010, V51, P1347	An experimental study of the biogas-diesel HCCI mode of engine operation	33	19
g3.4.3	Staniforth, 1998, V71, P275	Biogas powering a small tubular solid oxide fuel cell	63	41
g3.4.3	Shiratori, 2008, V33, P6316	Feasibility of direct-biogas SOFC	58	38
g3.4.3	Shiratori, 2010, V35, P7905	Internal reforming SOFC running on biogas	45	29

Tabela B.3: Continuação.

g3.4.3	Lanzini, 2010, V35, P2463	Experimental investigation of direct internal reforming of biogas in solid oxide fuel cells	45	25
g3.4.3	Goula, 2006, V177, P2119	Catalytic and electrocatalytic behavior of Ni-based cermet anodes under internal dry reforming of CH ₄ +CO ₂ mixtures in SOFCs	50	24
g3.4.4	Dewil, 2006, V47, P1711	Energy use of biogas hampered by the presence of siloxanes	89	59
g3.4.4	Schweigkofler, 2001, V83, P183	Removal of siloxanes in biogases	80	56
g3.4.4	Schweigkofler, 1999, V33, P3680	Determination of siloxanes and VOC in landfill gas and sewage gas by canister sampling and GC-MS/AES analysis	88	44
g3.4.4	Ajhar, 2010, V101, P2913	Siloxane removal from landfill and digester gas - A technology overview	53	35
g3.4.4	Mcbean, 2008, V35, P431	Siloxanes in biogases from landfills and wastewater digesters	34	29
g3.4.5	Rasi, 2007, V32, P1375	Trace compounds of biogas from different biogas production plants	138	54
g3.4.5	Kolbitsch, 2008, V87, P701	Catalytic steam reforming of model biogas	50	35
g3.4.5	Effendi, 2005, V84, P869	Optimising H ₂ production from model biogas via combined steam reforming and CO shift reactions	51	27
g3.4.5	Benito, 2007, V169, P177	Development of biogas reforming Ni-La-Al catalysts for fuel cells	45	25
g3.4.5	Effendi, 2002, V77, P181	Steam reforming of a clean model biogas over Ni/Al ₂ O ₃ in fluidized- and fixed-bed reactors	60	25
g3.4.6	Harasimowicz, 2007, V144, P698	Application of polyimide membranes for biogas purification and enrichment	35	18
g3.4.6	Stern, 1998, V151, P63	Performance of a bench-scale membrane pilot plant for the upgrading of biogas in a wastewater treatment plant	23	12
g3.4.6	Grande, 2007, V46, P4595	Biogas to fuel by vacuum pressure swing adsorption - I. Behavior of equilibrium and kinetic-based adsorbents	20	11
g3.4.6	Alonso-vicario, 2010, V134, P100	Purification and upgrading of biogas by pressure swing adsorption on synthetic and natural zeolites	27	8
g3.4.6	Favre, 2009, V328, P11	Biogas, membranes and carbon dioxide capture	31	8
g4.1.1	Chisti, 2008, V26, P126	Biodiesel from microalgae beats bioethanol	577	294
g4.1.1	Schenk, 2008, V1, P20	Second Generation Biofuels: High-Efficiency Microalgae for Biodiesel Production	532	294
g4.1.1	Brennan, 2010, V14, P557	Biofuels from microalgae-A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products	655	284
g4.1.1	Wijffels, 2010, V329, P796	An Outlook on Microalgal Biofuels	405	197
g4.1.1	Lardon, 2009, V43, P6475	Life-Cycle Assessment of Biodiesel Production from Microalgae	368	184
g4.1.2	Hu, 2008, V54, P621	Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances	927	462
g4.1.2	Rodolfi, 2009, V102, P100	Microalgae for Oil: Strain Selection, Induction of Lipid Synthesis and Outdoor Mass Cultivation in a Low-Cost Photobioreactor	627	395
g4.1.2	Griffiths, 2009, V21, P493	Lipid productivity as a key characteristic for choosing algal species for biodiesel production	323	221
g4.1.2	Gouveia, 2009, V36, P269	Microalgae as a raw material for biofuels production	335	209
g4.1.2	Li, 2008, V81, P629	Effects of nitrogen sources on cell growth and lipid accumulation of green alga <i>Neochloris oleoabundans</i>	272	190
g4.1.3	Miao, 2006, V97, P841	Biodiesel production from heterotrophic microalgal oil	446	223

Tabela B.3: Continuação.

g4.1.3	Xu, 2006, V126, P499	High quality biodiesel production from a microalga <i>Chlorella protothecoides</i> by heterotrophic growth in fermenters	324	183
g4.1.3	Liu, 2008, V99, P4717	Effect of iron on growth and lipid accumulation in <i>Chlorella vulgaris</i>	229	150
g4.1.3	Chen, 2011, V102, P71	Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production: A critical review	293	149
g4.1.3	Pittman, 2011, V102, P17	The potential of sustainable algal biofuel production using wastewater resources	215	132
g4.1.4	Chisti, 2007, V25, P294	Biodiesel from microalgae	2191	1041
g4.1.4	Mata, 2010, V14, P217	Microalgae for biodiesel production and other applications: A review	824	377
g4.1.4	Scott, 2010, V21, P277	Biodiesel from algae: challenges and prospects	83	107
g4.1.4	Stephens, 2010, V15, P554	Future prospects of microalgal biofuel production systems	78	46
g4.1.4	Georgianna, 2012, V488, P329	Exploiting diversity and synthetic biology for the production of algal biofuels	84	30
g4.2.1	Atsumi, 2008, V451, P86	Non-fermentative pathways for synthesis of branched-chain higher alcohols as biofuels	608	184
g4.2.1	Steen, 2010, V463, P559	Microbial production of fatty-acid-derived fuels and chemicals from plant biomass	439	144
g4.2.1	Atsumi, 2008, V10, P305	Metabolic engineering of <i>Escherichia coli</i> for 1-butanol production	279	113
g4.2.1	Lu, 2008, V10, P333	Overproduction of free fatty acids in <i>E. coli</i> : Implications for biodiesel production	157	82
g4.2.1	Inui, 2008, V77, P1305	Expression of <i>Clostridium acetobutylicum</i> butanol synthetic genes in <i>Escherichia coli</i>	163	76
g4.2.2	Fairless, 2007, V449, P652	Biofuel: The little shrub that could - maybe	177	79
g4.2.2	Francis, 2005, V29, P12	A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspectives of <i>Jatropha</i> plantations	183	61
g4.2.2	Basha, 2007, V156, P375	Inter and intra-population variability of <i>Jatropha curcas</i> (L.) characterized by RAPD and ISSR markers and development of population-specific SCAR markers	106	60
g4.2.2	Sun, 2008, V48, P1865	SSR and AFLP markers reveal low genetic diversity in the biofuel plant <i>Jatropha curcas</i> in China	63	43
g4.2.2	Divakara, 2010, V87, P732	Biology and genetic improvement of <i>Jatropha curcas</i> L.: A review	117	43
g4.2.3	Radakovits, 2010, V9, P486	Genetic Engineering of Algae for Enhanced Biofuel Production	222	69
g4.2.3	Durrett, 2008, V54, P593	Plant triacylglycerols as feedstocks for the production of biofuels	199	52
g4.2.3	Moellering, 2010, V9, P97	RNA Interference Silencing of a Major Lipid Droplet Protein Affects Lipid Droplet Size in <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	107	43
g4.2.3	Work, 2010, V9, P1251	Increased Lipid Accumulation in the <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> sta7-10 Starchless Isoamylase Mutant and Increased Carbohydrate Synthesis in Complemented Strains	95	37
g4.2.3	Fan, 2011, V585, P1985	A chloroplast pathway for the de novo biosynthesis of triacylglycerol in <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	76	34
g4.2.4	Papoutsakis, 2008, V19, P420	Engineering solventogenic clostridia	140	49
g4.2.4	Lutke-eversloh, 2011, V22, P634	Metabolic engineering of <i>Clostridium acetobutylicum</i> : recent advances to improve butanol production	80	30
g4.2.4	Durre, 2008, V1125, P353	Fermentative butanol production - Bulk chemical and biofuel	112	29

Tabela B.3: Continuação.

g4.2.4	Green, 2011, V22, P337	Fermentative production of butanol - the industrial perspective	96	27
g4.2.4	Alsaker, 2010, V105, P1131	Metabolite Stress and Tolerance in the Production of Biofuels and Chemicals: Gene-Expression-Based Systems Analysis of Butanol, Butyrate, and Acetate Stresses in the Anaerobe <i>Clostridium acetobutylicum</i>	66	21
g4.2.5	Lindberg, 2010, V12, P70	Engineering a platform for photosynthetic isoprene production in cyanobacteria, using <i>Synechocystis</i> as the model organism	139	63
g4.2.5	Dexter, 2009, V2, P857	Metabolic engineering of cyanobacteria for ethanol production	74	38
g4.2.5	Ducat, 2011, V29, P95	Engineering cyanobacteria to generate high-value products	109	30
g4.2.5	Angermayr, 2009, V20, P257	Energy biotechnology with cyanobacteria	71	20
g4.2.5	Gao, 2012, V5, P9857	Photosynthetic production of ethanol from carbon dioxide in genetically engineered cyanobacteria	33	17

Elaborado pelo autor (2015).