



ANAIS

DIMENSÕES DISCIPLINARES EM BIOLOGIA SINTÉTICA RELACIONADA A PESQUISA EM BIOCOMBUSTÍVEIS

ANTONIO LUIZ FANTINEL

tonifantinel@gmail.com

UFRGS

ROGÉRIO MARGIS

rogerio.margis@ufrgs.br

UFRGS

EDSON TALAMINI

edson.talamini@ufrgs.br

UFRGS

HOMERO DEWES

hdewes@ufrgs.br

UFRGS

RESUMO: O presente trabalho objetivo identificar os conhecimentos que consubstanciam o desenvolvimento da biologia sintética relacionada à pesquisa em biocombustíveis (BSRB), e analisar individualmente as dimensões disciplinares das Ciências Agrícolas e Ambiental. Trata-se de estudo de análise Bibliometria e de conteúdo, que incorpora a extração de texto de artigos e revisões sobre a temática de BSRB nos últimos 13 anos. Por meio dessa pesquisa foi possível avançarmos em questões relevantes dentro da discussão de análise das dimensões disciplinares para BSRB. As publicações apresentam características multidisciplinares, com a atuação relevante das dimensões das Ciências Agrícolas e Ambiental, entre outras áreas do conhecimento e não mais apenas as áreas da biologia e da engenharia

PALAVRAS CHAVE: análise de dados, bioenergia, engenharia metabólica

ABSTRACT: This work aims to identify the knowledge that substantiates the development of synthetic biology related to biofuel research (SBBR), and to analyze individually the disciplinary dimensions of Agricultural and Environmental Sciences. This is a bibliometric and content analysis study, which incorporates the extraction of text from articles and reviews on the subject of SBBR in the last 13 years. Through this research, it was possible to advance in relevant issues within the discussion of the disciplinary dimensions for SBBR. The publications present multidisciplinary characteristics, with the relevant performance of the dimensions of the Agricultural and Environmental Sciences, among other areas of knowledge and not only the areas of biology and engineering

KEY WORDS: data analysis, bioenergy, metabolic engineering



ANAIS

1. INTRODUÇÃO

Em meio a sérias preocupações sobre a mudança climática e a competição com a produção de alimentos a comunidade da biologia sintética vem desenvolvendo plataformas microbianas cada vez mais aptas para a produção de biocombustíveis avançados (KUNG et al., 2012). O desenvolvimento de biocombustíveis avançados por meio de vias metabólicas sintéticas utiliza-se dos princípios da engenharia metabólica e da biologia sintética na manipulação de microrganismos como fábricas vivas (CHISTI, 2007; NAGARAJAN et al., 2017).

O projeto e construção de fábricas vivas em biologia industrial requer o trabalho conjunto de diferentes áreas do conhecimento. A maioria das vias sintéticas são projetadas em hospedeiros de fácil manipulação e de adaptação em condições industriais (ATSUMI; LIAO, 2008; SHEN; LIAO, 2008; KOPPOLU, VASIGALA, 2016; GOMAA; AL-HAJ; ABED, 2016).

Muito se fala sobre os possíveis impactos da biologia sintética na economia mundial, podendo essa afetar positivamente no contexto econômico, energético, ambiental e social. A união destas áreas poderá proporcionar a produção de diferentes compostos biológicos e naturalmente uma matriz energética baseada nos biocombustíveis que utilizem o mínimo de recursos produtivos (EUROPEAN COMMISSION, 2012). Todavia, a pesquisa em biocombustíveis utilizando ferramentas de biologia sintética é relativamente nova, e passa por intenso desenvolvimento científico em sua pesquisa básica, incorporando em sua base de disciplinas novas áreas do conhecimento científico e tecnológico, fazendo surgir inúmeros questionamentos acerca das dimensões disciplinares que consolidam e fortalecem o desenvolvimento desta nova área do conhecimento científico.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivo identificar os conhecimentos que consubstanciam o desenvolvimento da biologia sintética relacionada à pesquisa em biocombustíveis (BSRB), e analisar individualmente as dimensões disciplinares das ciências agrícolas e ambiental.

2. METODOLOGIA

2.1. Coleta dos dados

O presente trabalho consiste na união das ferramentas da pesquisa bibliométrica, e das técnicas de mineração de texto (GLENISSON et al., 2005; He et al., 2013), utilizando bases de dados *online* de publicações científicas. Foram coletados para análise, artigos e revisões publicadas em revistas científicas, no período de 2005 a setembro de 2017 utilizando as bases de dados da Web of Science; Scopus; MEDLINE®; e Sciencedirect. A estrutura de palavras-chaves utilizadas para recuperar as comunicações científicas sobre BSRB foram as seguintes:

ANAIS

Synthetic Biology and Biofuel OR Biodiesel OR Ethanol OR Bioenergy. Foram recuperados ao todo 1.560 publicações nas quatro bases de dados. A seleção baseou-se na conformidade dos limites dos assuntos aos objetivos deste trabalho. Publicações duplicadas e sem relação ao assunto foram excluídas, restando apenas 644 publicações (artigos e revisões).

2.2. *Categorias e termos utilizados no dicionário científico*

Os termos específicos, ou D-words (TALAMINI, 2008) foram obtidos por meio da mineração de texto utilizando títulos, resumos e palavras-chaves de artigos e revisões publicados em periódicos científico. Foram utilizados periódicos científicos que contemplavam os temas biologia sintética e biocombustíveis, classificados conforme seu ramo científico (CNPq, 2017)¹. Publicações independentemente dos assuntos tratados, a partir de edições únicas em anos alternados foram coletadas, seguindo o mesmo período de análise das publicações (GOMES; DEWES, 2017). Para essa tarefa foram utilizamos apenas os resumos de cada artigo (SHAH et al., 2003).

Foram selecionados 32 periódicos divididos em treze (13) áreas conhecimento científico. Após a coleta de dados, os documentos foram importados para o *software WordStat*, versão 7.1, onde foi procedida a mineração de texto (PROVALIS RESEARCH, 2017).

As palavras-chave ou termos de cada ramo científico gerados foram ponderados e ordenados usando o maior índice TF-IDF (SALTON; BUCKLEY, 1988; BERGER et al., 2000; GLENISSON et al., 2005; TALAMINI et al. 2013; GOMES; DEWES, 2017). Os termos que ocorrerão em mais de uma área do conhecimento científico foram agrupados aos seus três primeiros termos com o maior *Coefficiente Jaccard* (TALAMINI, 2008; GOMES; DEWES, 2017).

2.3. *Análise do conteúdo das comunicações científicas*

Os artigos e revisões em BSRB foram analisados usando o *software WordStat 7.1*. A funcionalidade do *software* recai sobre o uso dos dicionários (Pollach, 2011), que no nosso caso trata-se dos temas específicos (D-Words). Dessa forma foi realizada a análise comparativa entre os temas específicos (D-Words), e as publicações em BSRB. Retornando como resultado a participação de cada dimensão dentro das publicações. Após encontrarmos as relações das diferentes dimensões disciplinares em BSRB, analisamos de forma individual e detalhada as dimensões disciplinares das ciências agrícolas e ambiental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. *Análise de publicações e periódicos*

Na figura 1a verifica-se o crescimento das publicações em BSRB nos últimos 13 anos. A primeira publicação ocorreu em 2005, realizada por Crain Venter. O autor apresenta a criação da Synthetic Genomics Inc, criada para desenvolver e comercializar a biologia sintética

¹ CNPq- Conselho Nacional de desenvolvimento de pessoal superior, Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasil.

ANAIS

(VENTER, 2005). Verificamos que crescimento mais relevante em publicações ocorreu após 2009. Na mesma figura 1 é possível verificarmos a participação de artigos e revisões em relação à produção científica total em cada período.

As publicações em BSRB estão fortemente situadas em revistas (Figura 1b) que visam à publicação de novos circuitos e produtos genéticos, métodos computacionais na concepção de sistemas; biotecnologia; modulação dirigida de caminhos metabólicos para metabolitos e melhoria das propriedades celulares, aliado a conversão de microrganismos em fábricas de células microbianas. Outros periódicos estão demonstrados na Figura 4.

3

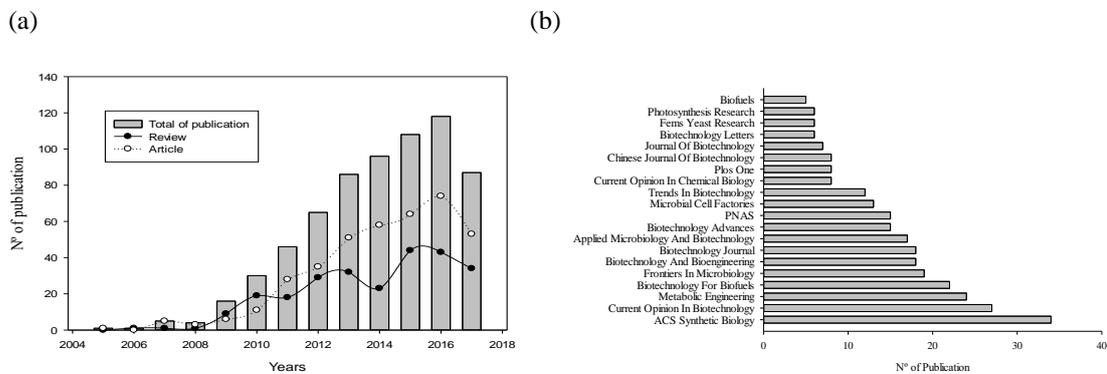


FIGURA 1- Publicações em Biologia sintética relacionadas à biocombustíveis (BSRB). (a) evolução das publicações (artigos e revisões) entre anos de 2005 a 2017. (b) principais periódicos que publicaram sobre BSRB, no mesmo período. Fonte: Banco de dados da Web of Science; Scopus; Medline; ScienceDirect, 2017.

3.2. Análise da produção científica em BSRB usando as D-words

Foi possível verificar que as publicações em BSRB possuem características fortemente ligadas a Microbiologia (Figura 2), tornando-se uma área base para o desenvolvimento científico e tecnológico deste campo (KHALIL, et al., 201). Além da dimensão da microbiologia, verificou-se a presença relevante das Ciências agrícolas. Esta dimensão teve seu auge no ano de 2015, diminuindo nos anos seguintes, assim como as demais dimensões. Outras áreas com forte presença no período analisado são Ciência da Planta, Ciências Ambientais, Química e Física; Engenharia, Ciências da Computação, Ciência de Materiais, Ciências Sociais, Geociências e Matemática.

ANAIS

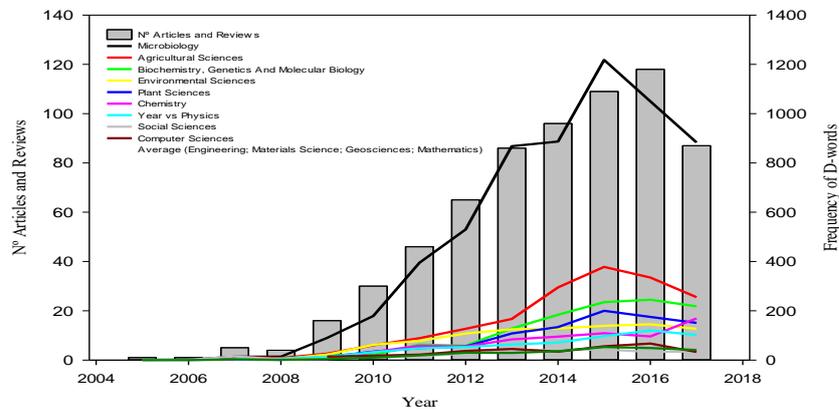


FIGURA 2- Expressão das Dimensões Disciplinares nas publicações científicas em biologia sintética relacionados a biocombustíveis (BSRB) entre 2005 a 2017.

O próximo passo foi analisar o peso relativo de cada uma das Dimensões Disciplinares no número variável de publicações sobre BSRB ao longo do período de análise (Figura 3). Novamente é possível verificar que a microbiologia domina as pesquisas sobre BSRB, todavia, outras disciplinas aparecem de forma relevante nas publicações. Ciências Agrícolas, Bioquímica, Genética e Biologia Molecular, Ciências Ambientais e da Planta, entre outras áreas do conhecimento estão presentes.

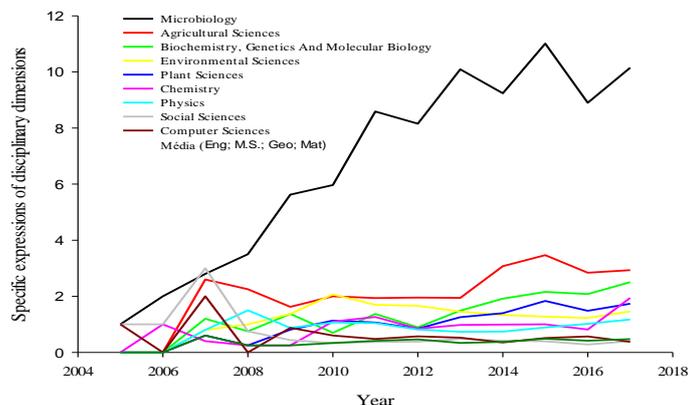


FIGURA 3- Mudanças das expressões específicas das Dimensões Disciplinares nas publicações científicas em biologia sintética relacionada a biocombustíveis (2005-2017).

3.3.Relevância dos temas na dimensão das Ciências Agrícolas em BSRB

De posse da ferramenta de modelagem de Tópicos, extraímos automaticamente usando análise fatorial (PROVALIS RESEARCH, 2017), os temas de pesquisa mais relevantes em BSRB classificados na dimensão das Ciências Agrícolas (Quadro 1). Os principais temas estão relacionados aos recentes avanços da biologia sintética e de sistemas no desenvolvimento de

ANAIS

ferramentas relacionadas a engenharia genética em microrganismos para produção de biocombustíveis renováveis em substituição a fontes fósseis.

Também foi possível verificar pesquisas abrangendo circuitos genéticos, vias e fluxos metabólicos, compostos orgânicos (*Piruvato*) e enzimas (*Dehydrogenase*), necessárias para uma ampla gama de aplicações, tais como a produção de biocombustíveis e outros produtos. Os demais temas e focos nas publicações estão na tabela, em ordem decrescente de relevância.

5

Quadro 1- Tópicos e palavras-chave a BSRB na dimensão Agrícola.

| Palavras chaves | % Cases |
|---|---------|
| Recent; Biology; Fuels; Energy; Renewable; Synthetic; Fossil; Research; Approaches; Engineering; Years; Pathways; Biofuels; Microorganisms | 90,83% |
| Nadph; Dehydrogenase; Flux; Achieved; Pyruvate; Formed; Rate; Pathway; Nadh; Pfk | 41,83% |
| Fatty; Chain; Lengths; Acyl; Alkane; Acids; Alkanes; Length; Aldehyde; Fas; Branched; Alcohols; Alkenes; Acid; Reductase | 29,75% |
| Fap; Myo; Inositol; Proline; Inhibitors; Metabolomic; Stress; Inhibition; Analysis; Tolerant; Tolerance; Involved | 29,75% |
| Protein; Domains; Binding; Rnas; Loop | 22,15% |
| Pyre; Readily; Allele; Marker; Antibiotic; Frame; Creation; Mutations; Deletions; Plasmid; Cac; Deletion; Phenotype; Random; Selection | 19,02% |
| Saps; Hsp; Fluorescent; Motif; Remain; Cis; Enormous; Rbs; Nucleotide; Functionality; Nuclear; Reporter; Chimeric; Drive; Driving | 14,09% |
| Xi; Yac; Arabinose; Xks; Pcr; Blot; Hexose; Comparable; Hydrolysate; Xylulokinase; Grew; Isomerase; Cassette; Automated; Multigene | 12,08% |
| Distances; Guidance; Reconstructed; Phylogenetic; Enrichment; Interacting; Investigate; Serves; Includes; Architecture; Shorter; Transcriptomics; Constraints; Functionally; Alga | 11,86% |
| Codh; Acetogenic; Acetogens; Gases; Acetate; Inactivation; Autoethanogenum; Clostridium; Lactate; Wood; Encodes | 11,63% |
| Oneidensis; Shewanella; Outer; Mtrc; Mfc; Mfcs; Electron; Aeruginosa; Pseudomonas; Export; Membrane; Transfer; Cytochrome; Exoelectrogens | 11,41% |
| Deprivation; Tab; Psi; Min; Tag; Partitioning; Profiles; Loss; Reprogramming; Occurs; Occurred; Dynamically; Regulating; Rewiring; Shift | 10,07% |
| Lysis; Illumination; Lytic; Management; Released; Osmotic; Fraction; Inducers; Suggests; Red; Quantities; Promises; Harboring; Shock; Huge | 10,07% |
| Endo; Gluc; Endoglucanase; Glucosidase; Cellulolytic; Straw; Bifunctional; Hydrolysis; Cellulase; μ mol; Cellodextrin; Linkers; Cellulose; MI; Secreted | 10,07% |

3.4.Relevância dos temas na dimensão das Ciências Ambientais em BSRB

No enquadramento ambiental (Quadro 2) é possível verificarmos que as publicações dos primeiros dois tópicos com maior relevância estão fortemente relacionadas ao desenvolvimento de novas fontes energéticas sustentáveis, utilizando e testando microrganismos (*S. Cerevisiae* e *E. coli*) sinteticamente modificados como fábricas vivas, para produção de combustíveis a base de fontes renováveis (biomassa). Também são trazidas para a discussão científica as principais matérias-primas, dentre elas, xilose; glicose; açúcares; pentose; lignocelulósicos, utilizadas por microrganismos (*S. Cerevisiae*, e *E. coli*) nos processos de fermentação para produção de biocombustíveis avançados e de produtos químicos de alto valor.

ANAIS

A produção química fotossintética em microrganismos é uma tecnologia promissora para energias renováveis, mitigação de CO₂ e substituição de combustíveis fósseis (CHERUBINI, 2010; BRENNAN; OWENDE, 2010; NAIK; GOUD; ROUT; DALAI, 2010;), segurança alimentar (FAO-OECD, 2011; HARVEY; PILGRIM, 2011; KOIZUMI, 2014, 2015), e uso da terra (PACINI, et al., 2013).

Quadro 2- Tópicos e palavras-chave em biologia na dimensão ambiental.

| Palavras chaves | % Cases |
|--|---------|
| Biology; Synthetic; Review; Tools; Recent; Approaches; Field; Systems; Research; Metabolic; Years; Engineering; Genetic; Methods; Biological | 91,13% |
| Fuels; Fuel; Petroleum; Renewable; Alternative; Fossil; Global; Microorganisms; Energy; Biofuels; Sustainable; Sources; Derived; Resources; Pathways | 84,65% |
| Flux; Metabolic; Product; Pathways; Pathway; Engineering; Reactions; Biochemical | 75,30% |
| Biomass; Fermentation; Ethanol; Lignocellulosic; Sugars; Process; Cost; Glucose; Promising; Low; Convert; Yield; Strain; Processes | 73,62% |
| Production | 73,38% |
| Expression; Promoters; Constructed; Sites; Gene; Promoter; Demonstrated; Strain; Dehydrogenase; Control; Heterologous | 54,92% |
| Increase; Significantly; Productivity; Genes; Increased; Study | 53,48% |
| Medium; Culture; System; Results; Conditions; Developed; Control; Effective | 52,28% |
| Enzyme; Enzymes; Substrate; Complex; Enzymatic; Designer; Cellulosic; Reaction; Provide; Degradation | 48,68% |
| Range; Wide; Escherichia; Coli; Compounds | 40,29% |
| Higher; Hosts; Native; Butanol; Alcohols; Isobutanol; Compared | 38,13% |
| Pcc; Synechocystis; Photosynthetic; Sp; Cyanobacteria; Cyanobacterial; Light; Genetically; Photosynthesis; Carbon; Slr | 37,89% |

4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o campo científico analisado apresenta características disciplinares, com a atuação relevante das dimensões das ciências agrícolas e ambiental, entre outras áreas do conhecimento, e não mais apenas as áreas da biologia e da engenharia (KHALIL et al., 2010). Avançando no entendimento da epistemologia da ciência, no qual trata da natureza e origem do conhecimento em BSRB, nas diferentes áreas da ciência. Também foi possível verificarmos a convergência para uma economia de base biotecnológica e bio-recursos utilizando microrganismos como fábricas vivas utilizando primas de base biológica para a produção de biocombustíveis e bioprodutos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATSUMI, Shota; LIAO, James C. Metabolic engineering for advanced biofuels production from *Escherichia coli*. **Current opinion in biotechnology**, v. 19, n. 5, p. 414-419, 2008.

ANAIS

- BERGER, Adam et al. Bridging the lexical chasm: statistical approaches to answer-finding. In: **Proceedings of the 23rd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval**. ACM, 2000. p. 192-199.
- BRENNAN, Liam; OWENDE, Philip. Biofuels from microalgae—a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 14, n. 2, p. 557-577, 2010.
- CHERUBINI, Francesco. The biorefinery concept: using biomass instead of oil for producing energy and chemicals. **Energy conversion and management**, v. 51, n. 7, p. 1412-1421, 2010.
- CHISTI, Yusuf. Biodiesel from microalgae. **Biotechnology advances**, v. 25, n. 3, p. 294-306, 2007.
- CNPq. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Ministério de Ciência e Tecnologia, Brasil (2017). Áreas do Conhecimento.
- EUROPEAN COMMISSION. Bio-economy Newsletter, February, 2016. http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/press/pdf/120202_research_en.pdf
- FAO-OECD, (2011). . Biofuels. *Agric Outlook*, 2020(2011), 77-93.
- GEORGIANNA, D. Ryan; MAYFIELD, Stephen P. Exploiting diversity and synthetic biology for the production of algal biofuels. **Nature**, v. 488, n. 7411, p. 329, 2012.
- GLENISSON, Patrick et al. Combining full text and bibliometric information in mapping scientific disciplines. **Information Processing & Management**, v. 41, n. 6, p. 1548-1572, 2005.
- GOMAA, M. A.; AL-HAJ, L.; ABED, R. M. M. Metabolic engineering of Cyanobacteria and microalgae for enhanced production of biofuels and high-value products. **Journal of applied microbiology**, v. 121, n. 4, p. 919-931, 2016.
- GOMES, Janaína; DEWES, Homero. Disciplinary dimensions and social relevance in the scientific communications on biofuels. **Scientometrics**, v. 110, n. 3, p. 1173-1189, 2017.
- HARVEY, Mark; PILGRIM, Sarah. The new competition for land: Food, energy, and climate change. **Food policy**, v. 36, p. S40-S51, 2011.
- HE, Wu; ZHA, Shenghua; LI, Ling. Social media competitive analysis and text mining: A case study in the pizza industry. **International Journal of Information Management**, v. 33, n. 3, p. 464-472, 2013.
- KHALIL, Ahmad S.; COLLINS, James J. Synthetic biology: applications come of age. **Nature Reviews Genetics**, v. 11, n. 5, p. 367, 2010.
- KOIZUMI, Tatsuji. **Biofuels and food security: Biofuel impact on food security in Brazil, Asia and major producing countries**. Springer, 2014.
- KOIZUMI, Tatsuji. Biofuels and food security. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 829-841, 2015.
- KOPPOLU, Veerendra; VASIGALA, Veneela KR. Role of Escherichia coli in biofuel production. **Microbiology insights**, v. 9, p. MBI.S10878, 2016.
- LI, Yanqun et al. Biofuels from microalgae. **Biotechnology progress**, v. 24, n. 4, p. 815-820, 2008.
- MCCORMICK, Kes; KAUTTO, Niina. The bioeconomy in Europe: An overview. **Sustainability**, v. 5, n. 6, p. 2589-2608, 2013.



ANAIS

- NAGARAJAN, R.; JAIN, Aatmesh; VORA, Kamalkishore. **Biodiesel from Microalgae**. SAE Technical Paper, 2017.
- NAIK, S. N[†] et al. Production of first and second generation biofuels: a comprehensive review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 14, n. 2, p. 578-597, 2010.
- PACINI, Henrique et al. The price for biofuels sustainability. **Energy Policy**, v. 59, p. 898-903, 2013.
- POLLACH, Irene. Software review: Wordstat 5.0. **Organizational Research Methods**, v. 14, n. 4, p. 741-744, 2011.
- Provalis Research. (2017). Wordstat v. 7.1. Montreal. <https://provalisresearch.com/news-events/wordstat-7-1-geospatial-intelligence-meets-text-analytics/>
- SALTON, Gerard; BUCKLEY, Christopher. Term-weighting approaches in automatic text retrieval. **Information processing & management**, v. 24, n. 5, p. 513-523, 1988.
- SHAH, Parantu K. et al. Information extraction from full text scientific articles: where are the keywords?. **BMC bioinformatics**, v. 4, n. 1, p. 20, 2003.
- SHEN, Claire R.; LIAO, James C. Metabolic engineering of Escherichia coli for 1-butanol and 1-propanol production via the keto-acid pathways. **Metabolic engineering**, v. 10, n. 6, p. 312-320, 2008.
- SPANHOL-FINOCCHIO, Caroline P.; DEWES, Homero. Expression of science in public policies and media reports related to obesity in the United States. **Food and Public Health**, v. 6, n. 5, p. 140-148, 2016.
- SPOLAORE, Pauline et al. Commercial applications of microalgae. **Journal of bioscience and bioengineering**, v. 101, n. 2, p. 87-96, 2006.
- SZOSTAK, Jack W.; BARTEL, David P.; LUISI, P. Luigi. Synthesizing life. **Nature**, v. 409, n. 6818, p. 387, 2001.
- TALAMINI, Edson. Ciência, mídia e governo na configuração do macroambiente para os biocombustíveis líquidos. 2008.
- TALAMINI, Edson et al. Scanning the macro-environment for liquid biofuels: A comparative analysis from public policies in Brazil, United States and Germany. **Journal of Strategy and Management**, v. 6, n. 1, p. 40-60, 2013.
- VENTER J.C. Synthetic Genomics seeks new bio-energy systems. **Industrial Bioprocessing**, 2005.