

# Análise da produção científica sobre o mosaico-dourado do feijoeiro<sup>1</sup>

Bruno César Brito Miyamoto<sup>2</sup>  
Roney Fraga Souza<sup>3</sup>  
José Maria Ferreira Jardim da Silveira<sup>4</sup>  
Jaim José da Silva Junior<sup>5</sup>

**Resumo** – A doença do mosaico-dourado do feijoeiro é uma das principais causas de perdas na produção de feijão no Brasil. Com base em dados de publicações científicas depositadas na plataforma Scopus, este trabalho analisa redes de colaboração internacional em pesquisas referentes ao mosaico-dourado do feijoeiro. O objetivo deste artigo é identificar os principais países, organizações de pesquisa e cientistas com trabalhos desenvolvidos nessa área. Além disso, este estudo classifica e analisa as principais linhas de pesquisa científica relacionadas ao vírus do mosaico-dourado do feijoeiro no mundo. Verificou-se que a pesquisa brasileira cumpre papel central na busca por biotecnologias que confirmam às plantas resistência ao vírus causador da doença. Nos demais países, a busca por soluções para o problema do mosaico-dourado segue estratégias focadas no melhoramento convencional de cultivares de feijão. Considerando os três níveis de representação da rede de produção científica – macro/países, meso/organizações e micro/pesquisadores –, a pesquisa brasileira desempenha importante papel nas versões mais desagregadas da rede.

**Palavras-chave:** bibliometria, mosca-branca, redes de citações, redes de coautoria.

## Analysis of the scientific production on the golden mosaic of the bean plant

**Abstract** – The golden mosaic disease of bean is one of the main causes of losses in bean production in Brazil. From data of scientific publications deposited in the Scopus platform the work analyzes networks of international collaborations in research focused on the problem of the golden mosaic of the bean. The main objective of the article is to identify the main countries, research organizations and scientists with works in this area. In addition, the study classifies and analyzes the main lines of scientific research related to the gold mosaic virus of the bean plant in the world. It was verified that

<sup>1</sup> Original recebido em 17/5/2017 e aprovado em 25/7/2017.

<sup>2</sup> Administrador, mestre em Desenvolvimento Econômico, professor do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Feliz. E-mail: miyamoto@igf.edu.br

<sup>3</sup> Economista, doutor em Desenvolvimento Econômico, professor adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). E-mail: roneyfraga@gmail.com

<sup>4</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Teoria Econômica, professor livre-docente da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). E-mail: jmsilv52@gmail.com

<sup>5</sup> Economista, doutor em Teoria Econômica, professor substituto da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). E-mail: jaimjunior@gmail.com

the Brazilian research plays a central role in the search for biotechnologies that give the plants resistance to the virus that causes the disease. In other countries the concentration of efforts in the search for solutions to the golden mosaic problem follows strategies focused on the conventional improvement of bean cultivars. Considering the three levels of representation of the scientific production network (macro / countries, meso / organizations and micro / individuals), Brazilian research assumes a central role in the most disaggregated versions of the network.

**Keywords:** bibliometrics, whitefly, citation networks, co-authorship networks.

## Introdução

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) – um dos mais importantes alimentos na dieta do brasileiro – é uma das leguminosas mais produzidas e consumidas no mundo, principalmente na América Latina e no Leste da África. Nos últimos anos, as importações brasileiras de feijão vêm aumentando, já que a produção nacional não consegue atender à demanda interna. Um dos grandes responsáveis por essa incapacidade são as perdas produtivas geradas pela doença do mosaico-dourado.

No Brasil, a doença do mosaico-dourado é causada pelo vírus do mosaico-dourado do feijoeiro (VMDF) – em inglês, *Bean golden mosaic virus* (BGMV) –, transmitido pela mosca-branca. O nome da doença está associado a um de seus principais sintomas, que é o amarelecimento foliar, brilhante ou dourado. As plantas podem apresentar também outros sintomas, como nanismo e/ou superbrotamento, antecipação do ciclo, além de vagens deformadas ou de pequeno tamanho (FARIA; YOKOHAMA, 2008). Dependendo do tipo de cultivar utilizada, das condições ambientais, da população do vetor e da presença de hospedeiros alternativos, as perdas econômicas provocadas pela doença do mosaico-dourado podem variar de 30% a 100% (FARIA et al., 1996).

Os métodos convencionais de controle da doença no Brasil envolvem ações diretas contra a mosca-branca, como o uso de inseticidas químicos e o plantio do feijão durante períodos frios e chuvosos. Até o momento, não existe no mercado variedades de sementes tolerantes à doença, com capacidade de reduzir as perdas produtivas a níveis técnicos e econômicos acei-

táveis. No entanto, há expectativa favorável em relação a novas tecnologias de controle da doença, recentemente lançadas por organizações públicas de pesquisa, como a variedade de feijão IPR Celeiro, criada pelo Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), desenvolvida por meio de melhoramento convencional, e o evento biotecnológico Embrapa 5.1, desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Várias condições de natureza econômica tornam pouco atrativas, para o setor privado, a pesquisa e o desenvolvimento de cultivares de feijão e outras tecnologias voltadas ao controle do mosaico-dourado. Empresas e organizações privadas de pesquisa preferem concentrar esforços de P&D em commodities que possam proporcionar elevado retorno dos investimentos, como soja, milho, algodão e canola. Não sendo, então, uma cultura de interesse global, o que dificulta a apropriação de retornos de investimentos em P&D, o feijão acabou sendo um cultivo próprio de pequenos e médios produtores. O baixo estímulo ao investimento privado em P&D reforça a necessidade de investimentos públicos em pesquisas, na busca por soluções para algumas doenças do feijão, entre as quais o mosaico-dourado.

A pesquisa agrícola financiada com recursos públicos gera *spillovers* de conhecimento, disseminados livremente por todos os agentes capazes de absorvê-lo. É nesse contexto que se criam incentivos à formação de redes de pesquisa, que tenham acesso a conhecimentos produzidos em outros países e organizações de pesquisa. Uma característica comum à pesquisa científica moderna é, aliás, a colaboração entre pesquisadores, seja para compartilhar recursos

indisponíveis localmente, seja para adquirir conhecimentos produzidos em laboratórios distantes. Em muitos casos, o acesso a recursos e conhecimentos de fronteira em uma determinada área de pesquisa depende primordialmente de parcerias internacionais.

Este trabalho persegue o objetivo de analisar a colaboração internacional em pesquisas voltadas à questão da doença do mosaico-dourado do feijoeiro, e identificar o padrão de inserção dos pesquisadores brasileiros nessas pesquisas. O estudo também procurou responder às seguintes questões: a) que países pesquisam a questão do mosaico-dourado do feijoeiro?; b) que organizações de pesquisa desenvolvem atividades ligadas ao mosaico-dourado do feijoeiro?; c) que autores respondem pelos principais artigos científicos sobre a questão do mosaico-dourado do feijoeiro?; e d) qual é o padrão de inserção da pesquisa brasileira?

## A produção de feijão no Brasil

Feijão é o nome aplicado, de forma ampla, a diversas plantas da família das leguminosas. O tipo de feijão mais consumido no mundo atualmente é o feijão comum. Pesquisas sugerem que ele evoluiu a partir de espécies selvagens de regiões da América Central e dos Andes. Existem grandes diferenças dentro da categoria de feijão comum, expressas por variações em propriedades físicas e organolépticas do produto. Este trabalho adota o termo feijão para tratar indiscriminadamente de feijões da espécie *Phaseolus vulgaris* dotados de coloração, formato e propriedade distintos (FUNICA, 2009).

De acordo com dados da The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (Faostat), os quatro maiores produtores – Índia, Brasil, Myanmar e Estados Unidos – responderam por aproximadamente 60% da produção mundial de feijão comum em 2012. Do lado da demanda, Nicarágua, El Salvador, Brasil e Coreia do Norte alcançaram os maiores índices de consumo per capita anual de feijão, variando de 19 kg a 25 kg. Embora o modo de

preparação do feijão seja distinto entre os países, a espécie *Phaseolus vulgaris* é a mais consumida.

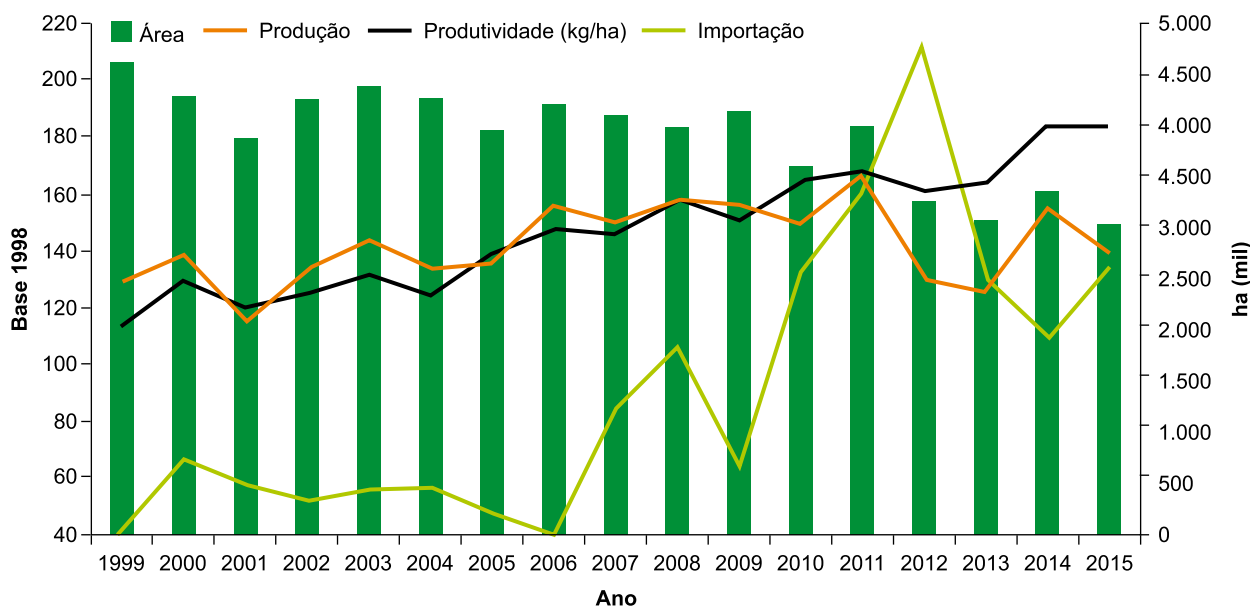
O sistema produtivo do feijão no Brasil abrange três tipos: a) feijão das águas – primeira safra (cultivado entre 40% da produção e 37% da área plantada); b) feijão da seca – segunda safra (cultivado entre 46% da produção e 55% da área plantada); e c) feijão de inverno – terceira safra (cultivado entre 15% da produção e 8% da área plantada). No Censo Agropecuário de 2006 foram registrados aproximadamente 731 mil produtores de feijão comum, que correspondem aos mais diversos tipos de agricultor em várias regiões do País, os quais utilizam diversos níveis tecnológicos e sistemas de produção. Os agricultores familiares foram responsáveis por 70% da produção de feijão comum no Brasil naquele ano (IBGE, 2006).

Nos últimos dez anos (de 2006 a 2016), a produção nacional de feijão (considerando todas as espécies) tem oscilado de 2,9 milhões a 3,7 milhões de toneladas, que ocupam área de 3 milhões a 4 milhões de hectares. Apesar de o Brasil figurar entre os maiores produtores mundiais, a demanda nacional de feijão somente é suprida com o aporte de importações. De acordo com dados da base Faostat, a relação importação/oferta de feijão no Brasil não ultrapassou o valor de 10% na última década. Historicamente, os principais exportadores de feijão para o Brasil são Argentina, Bolívia e Myanmar.

A Figura 1 mostra a evolução da produção e da importação de feijão no Brasil, nas últimas décadas. Nota-se que tanto a produção quanto a área cultivada apresentaram oscilações positivas e negativas no período. Já os indicadores de produtividade e importação apresentaram tendência de elevação. Cabe ressaltar que, de 2010 a 2015, a importação brasileira de feijão congelado da Bélgica, da China e da Espanha aumentou significativamente.

## O mosaico-dourado do feijoeiro

Um dos principais determinantes das perdas produtivas e, conseqüentemente, do



**Figura 1.** Produção e importação de feijão no Brasil.

Fonte: Conab (2016) e Faostat (2016).

incremento das importações nacionais de feijão é a doença do mosaico-dourado. No Brasil, essa doença é causada pelo vírus do mosaico-dourado do feijoeiro (VMDF), pertencente ao gênero *Begomovirus*, cujo principal vetor de transmissão é a mosca-branca (*Bemisia tabaci* ou *Bemisia agentifolii*). O VMDF provoca, no feijoeiro, amarelecimento das folhas, nanismo, abortamento das flores e deformação de vagens e grãos (FARIA; ARAGÃO, 2013).

A produção de feijão nos Estados Unidos (Flórida) e em alguns países da América Latina também é afetada pela doença do mosaico-dourado (BONFIM et al., 2007; VELEZ et al., 1998). Até pouco tempo, acreditava-se que o VDMF ou BGMV (Bean golden mosaic virus) fosse o único begomovírus causador do mosaico-dourado. No entanto, estudos aprofundados sobre a doença em vários países mostraram que há distinção entre o vírus que afeta a produção brasileira e o vírus responsável pela doença em outros países da América, tanto em termos de propriedades biológicas quanto de sequência do DNA (FARIA; ARAGÃO, 2013; GARRIDO-RAMIREZ et al., 2000).

Pelo fato de provocarem uma doença com sintomas similares, os dois tipos de vírus foram denominados inicialmente de BGMV tipo I, para a variação encontrada na América do Sul, incluindo o Brasil, e de BGMV tipo II, para o vírus causador da doença no Caribe, na América Central e nos EUA. Posteriormente, os dois tipos de vírus começaram a ser tratados como espécies distintas e foram, então, renomeados. O nome BGMV tipo I passou a ser chamado de BGMV, sendo esse o vírus que afeta a produção brasileira. O BGMV tipo II passou a ser chamado de BGYMV (Bean golden yellow mosaic virus), sendo esse o vírus que afeta a produção do Caribe, da América Central e dos EUA (GARRIDO-RAMIREZ et al., 2000).

Faria e Yokoyama (2008) indicam que o VMDF foi encontrado primeiramente no Município de Campinas, SP, por Álvaro Santos Costa, em 1965. Desde então, o agente causal disseminou-se por quase todas as regiões produtoras de feijão do País, principalmente naquelas com clima propício ao desenvolvimento do inseto vetor.

Conforme Embrapa (UM SISTEMA..., 2015), estima-se que perdas da produção agrícola de feijão em consequência de ataques do VMDF situam-se entre 90 mil toneladas e 300 mil toneladas. Segundo Embrapa (UM SISTEMA..., 2015), a possibilidade de ocorrência do mosaico-dourado praticamente impede a produção de feijão em cerca de 200 mil hectares, no período mais seco das regiões Sudeste, Centro-Oeste e em parte do Sul. Isso porque os principais fatores que influenciam no desenvolvimento populacional do vetor do VMDF (mosca-branca) correspondem a condições climáticas de alta temperatura e diversidade de plantas hospedeiras. Durante o ano, em condições de altas temperaturas, é possível a ocorrência de 11 a 15 gerações de mosca-branca.

O principal método de controle da mosca-branca no País é feito com o uso de agroquímicos (FARIA; YOKOYAMA, 2008). No entanto, os princípios ativos mais aplicados no controle da mosca-branca – thiamethoxan, acetamiprid, imidacloprid, piretroides – correspondem a produtos formulados com elevados níveis de toxicidade e são de alto custo; aliás, sua comercialização é proibida em vários países. Consta que a rejeição da opinião pública à estratégia de combate do VMDF pelo uso de produtos agroquímicos gera mais incertezas relacionadas ao desenvolvimento de inovações nesse sentido. Faria e Yokoyama (2008) destacam que a busca por cultivares resistentes ao mosaico-dourado no Brasil foi iniciada na década de 1970. Atualmente, pode-se afirmar que não existe cultivar com nível adequado de resistência ao mosaico-dourado, inclusive entre as plantas do gênero *Phaseolus*.

## Metodologia

### Redes de produção e colaboração científica

As redes sociais têm sido objeto de muitos estudos teóricos e empíricos nos últimos 50 anos. Rede social é um conjunto de pessoas (ou vértices), unidas em pares, por linhas (ou arestas)

que denotam proximidade. As diversas estruturas dessas redes implicam importantes distinções no que se refere a padrões de difusão de doenças, tecnologias e informações (NEWMAN, 2001). Com a evolução das tecnologias de informação e o aumento da disponibilidade de dados nas últimas décadas, redes sociais utilizadas por um grande número de indivíduos vêm se tornando objeto de análise frequente.

Rede de coautoria científica é uma rede social na qual dois autores (vértices) são considerados como conectados se tiverem, conjuntamente, escrito um artigo. A construção de redes de coautoria de artigos científicos é uma metodologia amplamente usada em análises de colaboração científica (BARABÁSI et al., 2002; NEWMAN, 2001; SOUZA et al., 2015). Segundo Kim (2006), o interesse pelas redes de coautoria científica tem crescido nos últimos anos em virtude dos seguintes fatos: a) as colaborações em pesquisa são consideradas como indicador de qualidade dos pesquisadores ou dos grupos de pesquisa; b) o aumento do número de colaborações científicas é uma das principais características dos atuais sistemas de pesquisa; e c) as colaborações científicas são uma forma efetiva de os países em desenvolvimento acessarem conhecimentos e tecnologias de ponta.

Os estudos sobre redes de coautoria podem ser organizados em níveis micro (pesquisadores), meso (organizações de pesquisa) e macro (países) (HOU et al., 2008). Há, além disso, trabalhos que tratam da colaboração científica dentro de um país, ou da colaboração internacional de forma geral, sem tratar de áreas específicas de pesquisa (ÇAVUSGLU; TUKER, 2003; GLANZEL, 2001). Outros trabalhos tratam de setores ou áreas específicas de pesquisa que preservam os três níveis de análise (micro, meso e macro), como Souza et al. (2015), ao estudarem a colaboração internacional em pesquisa e o papel do Brasil na área de etanol de segunda geração. Em muitos casos, os resultados desses estudos têm mostrado padrões similares em relação ao grau de proximidade dos indivíduos, com a ocorrência de efeitos denominados *small*

*worlds*<sup>6</sup> (TOMASSINI; LUTHI, 2007). O presente trabalho tem o objetivo de analisar as colaborações internacionais em pesquisas voltadas ao problema do mosaico-dourado do feijoeiro e ao padrão de inserção da pesquisa pública brasileira.

O tratamento dos dados sobre as publicações e as etapas subsequentes de construção e análise das redes de coautoria foram efetuados no software estatístico R (CORE, 2016), utilizando-se o pacote *igraph* desenvolvido por Csardi e Nepusz (2006). O procedimento de extração do conteúdo dos abstracts dos artigos foi feito via Term Management System, disponível em The National Centre for Text Mining (NaCTeM)<sup>7</sup>.

### Base de dados

As bases Scopus e Web of Science (WoS) estão entre as mais importantes plataformas internacionais de busca de publicações científicas. A principal diferença entre elas está no número de revistas indexadas: a Scopus possui um volume maior de revistas registradas, enquanto a Web of Science cobre um maior número de anos.

A principal deficiência da base WoS está no seu vocabulário não controlado, fato que reduz a precisão de pesquisas lexicográficas. Já a plataforma Scopus apresenta como principal carência a cobertura das ciências sociais, especialmente nos trabalhos anteriores a 1966. Considerando a abrangência das bases de dados, optou-se por utilizar, neste estudo, a base Scopus. Para mais informações sobre essas bases, ver Falagas et al. (2008), Hlwiki (2015) e Kulkarni et al. (2009).

A busca na base foi realizada utilizando o termos TITLE(bean\* golden mosaic) OR ABS(bean\* golden mosaic)). Em outras palavras, buscaram-se todas as publicações da base Scopus que tivessem ambas as palavras, bean e golden

mosaic, no título ou no resumo. Esse termo foi definido com o intuito de obter todos os trabalhos relacionados à doença do mosaico-dourado do feijoeiro.

### Formulação das redes

Admitindo a notação matemática adotada por Newman (2010), uma rede pode ser representada pela matriz de adjacência  $A$  de dimensão  $n \times n$ , em que  $n$  corresponde ao número de vértices. Denotando os elementos dessa matriz por  $a_{ij}$ , tal que os vértices  $i$  e  $j$  são conectados:

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

Como exemplo, temos a seguinte matriz de adjacências:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

que pode ser representada graficamente pela Figura 2.

Uma rede de colaboração, ou coautoria, é composta por pesquisadores, cada um considerado um vértice. E a ligação entre os vértices existe quando dois autores aparecem no mesmo artigo. Segundo essa notação, quando dois autores constituem uma coautoria, o valor na matriz de adjacência é modificado para 1, indicando a existência de uma aresta.

Quanto à rede de colaboração entre países, o elemento  $a_{ij}$  da matriz de adjacência

<sup>6</sup> Segundo esse efeito, a distância geodésica média da rede, calculada a partir das distâncias geodésicas entre todos os vértices (número mínimo de ligações ou caminhos necessários para se chegar de um vértice a outro), aumenta em função do logaritmo do número de vértices da rede. Em outras palavras, a distância entre os vértices da rede aumenta em uma velocidade muito menor do que o número de vértices (NEWMAN, 2010). Isso faz com que, mesmo em rede muito grande, o número de caminhos necessários para ir de um vértice a outro seja pequeno.

<sup>7</sup> Disponível em: <<http://nactem.ac.uk>>.

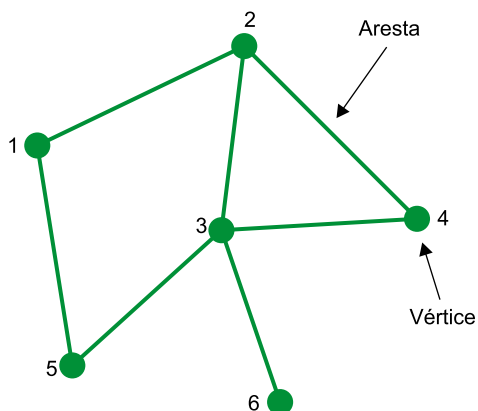


Figura 2. Exemplo de rede.

assume valor 1 quando existe, no mesmo trabalho, autores de países  $i$  e  $j$ . O mesmo raciocínio aplica-se à rede de colaboração entre organizações de pesquisa – o elemento  $a_{ij}$  da matriz de adjacência tem valor 1 quando existem autores das organizações de pesquisa  $i$  e  $j$  no mesmo artigo científico. Com base nessa notação, procedemos ao cálculo das métricas de rede.

### Métricas de redes

**Densidade** – Proporção entre o número de ligações em uma rede e o número máximo de ligações possíveis. Uma rede é considerada densa se esse valor se aproxima de 1, e esparsa se a densidade estiver próxima de 0. Valores de densidade próximos de 1 indicam elevado número de colaborações entre os autores da rede.

A densidade da rede  $D$ , em que  $N$  é o número de vértices da rede e  $E$  é o número de arestas, é dada por

$$D = \frac{2E}{N(N-1)} \quad (3)$$

**Centralidade de grau (*degree centrality*)** – Inicialmente proposta por Nieminen (1974), a centralidade de grau mensura o número de conexões que um vértice possui na rede. Em redes sociais, espera-se que os vértices, ou autores, que possuam maior número de conexões tenham

maior grau de acesso a informação, influência e prestígio do que aqueles que estão conectados com poucos vértices.

O *degree centrality*  $C_D$  de um vértice  $v_i$  pode ser escrito como

$$C_D(v_i) = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (4)$$

**Centralidade de intermediação (*betweenness centrality*)** – Sendo o caminho geodésico a trajetória mais curta entre dois vértices quaisquer da rede, pode-se definir *betweenness centrality* como o número de caminhos geodésicos que passam por um determinado vértice (FREEMAN, 1978). Mesmo que possuam poucas conexões em uma rede (baixo valor de *degree centrality*), vértices com elevado valor de *betweenness centrality* podem ser considerados influentes por causa da elevada capacidade de intermediar a troca de informações. A remoção de um vértice que possua elevado valor de *betweenness centrality* pode interromper as relações e o fluxo de informações entre outros vértices que dependem de sua intermediação.

O *betweenness centrality*  $C_B$  de um vértice  $v_i$  pode ser representado como

$$C_B(v_i) = \sum_{j < k} \frac{g_{jk}(v_i)}{g_{jk}}, \quad i \neq j \quad (5)$$

As métricas de centralidade estão associadas à capacidade de um indivíduo exercer poder e influência na rede; em outras palavras, significa ter menos restrições e mais oportunidades de estabelecer relações vantajosas com os demais participantes da rede (MAIA; CAREGNATO, 2008). As medidas de *betweenness centrality* e *degree centrality* são amplamente utilizadas em estudos de cientometria e bibliometria para avaliar a posição e a inserção de determinados pesquisadores em redes de conhecimento. No presente artigo, as medidas de centralidade são empregadas como *proxy* para avaliar a inserção de organizações e pesquisadores brasileiros nas

redes de colaboração científica sobre o problema do mosaico-dourado do feijoeiro.

### Agrupamento/clusterização de redes

Com o objetivo de identificar comunidades e caracterizar o padrão de inserção internacional dos principais autores brasileiros, as redes de coautoria e colaboração entre pesquisadores individuais foi clusterizada, utilizando-se o método de *edge betweenness*. Esse método, proposto inicialmente por Newman e Girvan (2004), detecta o número de caminhos mais curtos entre todos os pares de vértices que passam pela aresta. As arestas, que são classificadas como o menor caminho entre dois vértices, terão o maior valor de *edge betweenness*. O método detecta comunidades que eliminam progressivamente as arestas com maior valor de *edge betweenness* da rede original, sendo os componentes conectados restantes da rede chamados de comunidades ou *clusters*.

O *edge betweenness* pode ser exposto como

$$C_b(e) = \sum_{s \neq t} \frac{\sigma_{st}(e)}{\sigma_{st}} \quad (6)$$

O cálculo da medida *edge betweenness* busca identificar o número de caminhos mais curtos entre os vértices  $s$  e  $t$ ,  $\sigma_{st}(e)$ , passando pela aresta e considerando todos os caminhos possíveis entre  $s$  e  $t$ ,  $\sigma_{st}$ . Depois de eliminar as arestas com maior valor de *edge betweenness*, procede-se à detecção de comunidades (*small worlds*) na rede em questão.

Para mensurar a qualidade da divisão da rede, foi utilizada a definição de modularidade, conforme sugerida por Newman e Girvan (2004):

$$Q = \sum_{l=1} \sum_{i \in C_l, j \in C_l} a_{ij} - \frac{d_i d_j}{2m} \quad (7)$$

em que  $i$  e  $j$  são vértices;  $d_i$  e  $d_j$  são a centralidade de grau dos vértices; e  $m$  é o número de arestas. Uma vez conhecida a modularidade de

cada divisão da rede, a melhor divisão é aquela com maior modularidade. Valores próximos de 0 indicam baixa probabilidade de a rede estar dividida em comunidades reais, e valores próximos de 1 têm maior chance de o agrupamento não existir apenas ao acaso.

### Identificação da produção científica dos grupos

Similarmente ao procedimento utilizado por Souza (2016), os resumos dos trabalhos sobre o problema do mosaico-dourado inseridos nos três principais *clusters* das redes de pesquisadores individuais foram analisados por meio de um algoritmo linguístico. A análise permite detectar as principais linhas de pesquisa dos três maiores grupos com produção científica sobre o problema do mosaico-dourado do feijoeiro.

O algoritmo combina informações linguísticas e estatísticas para detectar termos técnicos em um texto, com base na métrica C-Value/NC-value (FRANTZI et al., 2000; MIMA et al., 1998). Coube ao filtro linguístico desenvolvido por Frantzi et al. (2000) encontrar e extrair os principais termos presentes nos resumos. Esses termos foram compostos por substantivos e adjetivos, e não apresentaram limitações em relação à quantidade de palavras.

Uma forma simples de avaliar a importância dos principais termos seria simplesmente contabilizar a frequência com que cada conjunto de palavras aparece nos resumos. No entanto, a simples contabilização das frequências dos termos identificados reduziria a importância de termos ou conjunto de palavras menores que estivessem “aninhados” ou contidos em termos maiores. Por causa dessa limitação, foi utilizada a métrica C-Value, que leva em consideração a quantidade de vezes que um termo aparece isolado ou aninhado em outro conjunto de palavras (FRANTZI et al., 2000).



## Análise dos resultados e discussão

### Produção científica sobre o mosaico-dourado

Foram encontradas 148 publicações na base Scopus a partir do termo de busca "TITLE(bean\* golden mosaic) OR ABS(bean\* golden mosaic)". Esses trabalhos foram escritos por 427 autores de 31 nacionalidades, vinculados a 121 instituições de pesquisa. A maior parte dos trabalhos da área foi publicada depois de 1995 (Figura 3).

De início, esse resultado permite afirmar que o problema do mosaico-dourado do feijoeiro é um tema de pesquisa de interesse restrito. Como referência, pode-se tomar o trabalho de Souza et al. (2015), que analisaram redes de colaboração em pesquisa na área de etanol de segunda geração. De acordo com os autores, ao longo dos últimos 30 anos, cerca de 130 países apresentaram publicações nessa área, mas os

dez principais países foram responsáveis por 4.501 publicações.

Alguns dos 427 autores com publicações sobre o mosaico-dourado do feijoeiro foram coautores em mais de um dos 148 trabalhos encontrados na base Scopus. Em razão disso, os 148 trabalhos tiveram, ao todo, 664 posições de coautoria, número bastante expressivo, que mostra a relevância das parcerias no estudo dessa área, com destaque para os Estados Unidos e o Brasil, países com a maior taxa de autores ocupando as posições de coautoria, respectivamente, 38% e 27% do total.

Cerca de 90% das publicações foram escritas em língua inglesa, seguida pela língua portuguesa, com 6%. Não por acaso, aproximadamente 90% dos periódicos acadêmicos com o maior número de publicações da rede são internacionais e têm como área de interesse principal a virologia e a fitopatologia (Tabela 1). A principal revista brasileira com o maior nú-

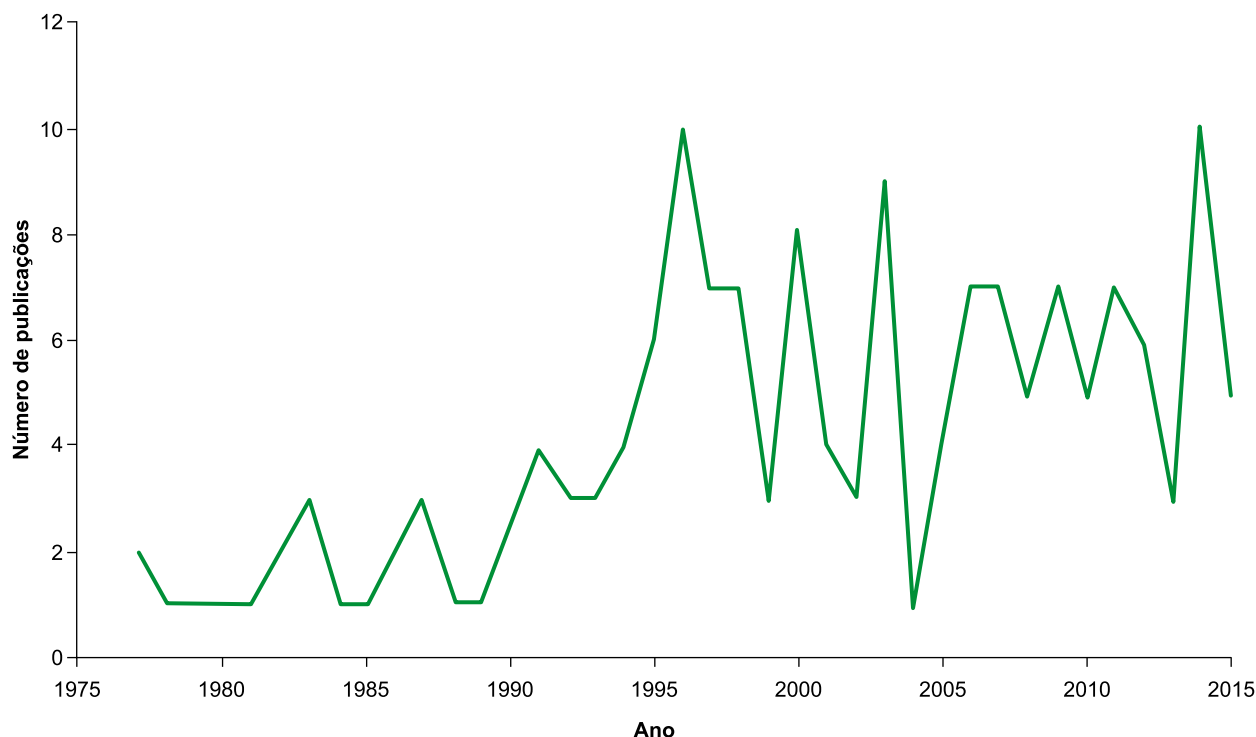


Figura 3. Número de publicações por ano.

mero de publicações registrado foi a *Pesquisa agropecuária brasileira* (PAB), com 3,25% das publicações da rede.

**Tabela 1.** As dez principais revistas científicas com publicações da área.

Revista científica	Quantidade
<i>Virology</i>	15
<i>Phytopathology</i>	11
<i>Plant Disease</i>	9
<i>Journal of General Virology</i>	6
<i>Archives of Virology</i>	5
<i>Crop Science</i>	5
<i>Journal of Plant Registrations</i>	5
<i>Jurnal of the American Society of Horticultural Science</i>	5
<i>Pesquisa Agropecuária Brasileira</i>	5
<i>Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico</i>	4
Outros	84

## Redes de colaboração: países, organizações e pesquisadores

### Redes de colaboração entre países

A rede de colaboração entre países foi composta por 29 vértices, 45 ligações e 6 componentes, sendo o principal deles composto por 22 países (Figura 4). Esse número baixo de ligações em relação ao total possível gerou uma rede pouco densa (valor de densidade = 0,1108). Por seus autores ocuparem a maioria das posições de coautoria, os Estados Unidos obtiveram os maiores valores de *degree centrality* e de *betweenness centrality* na rede.

O maior grau de colaboração na rede ocorreu entre os EUA e Porto Rico, seguido pelos EUA e Brasil. O Brasil ocupou posição inferior a diversos países latino-americanos em termos de *degree centrality*, uma vez que os autores brasileiros colaboraram com autores de apenas três nacionalidades (EUA, Japão e Argentina). No entanto, apesar de ter poucas conexões, o País

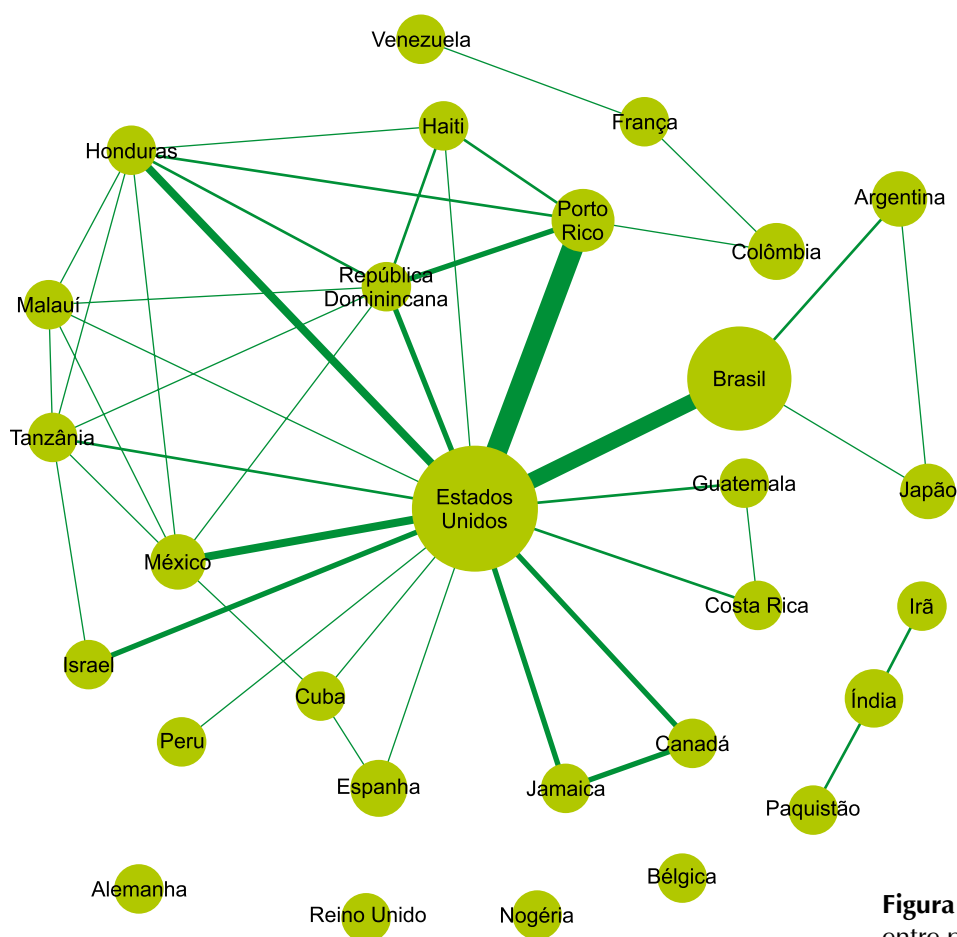
ocupa posição importante no que se refere à medida de *betweness centrality*, já que os caminhos mais curtos da rede até autores japoneses e argentinos dependem exclusivamente da posição ocupada por autores brasileiros.

O tamanho dos vértices e a espessura das arestas são proporcionais, respectivamente, ao número de publicações do país e ao número de coautorias. Os principais valores de *degree centrality* encontrados na rede foram: EUA (17), República Dominicana (7), Honduras (7), México (6) e Tanzânia (6). Os principais valores de *betweness centrality* foram: EUA (168), Colômbia (38), Brasil (38), França (20) e Porto Rico (4,5). Note-se o papel de centralidade exercido pelos EUA em pesquisas relacionadas ao problema do mosaico-dourado do feijoeiro.

### Redes de organizações de pesquisa

A produção científica sobre o mosaico-dourado do feijoeiro, quando avaliada em termos da participação das organizações de pesquisa, revela o papel central de algumas universidades norte-americanas e da Embrapa. Com relação às redes de colaboração, o maior número de coautorias envolveu cientistas da Universidade de Porto Rico e do United States Department of Agriculture (Usda) (sete vezes), e entre autores da Universidade de Porto Rico e da Universidade da Flórida (cinco vezes). A principal colaboração internacional em pesquisa sobre o mosaico-dourado envolvendo organizações brasileiras ocorreu entre cientistas da Embrapa e da Universidade de Wisconsin (quatro vezes) (Figura 5).

Na rede de colaboração entre organizações de pesquisa, o tamanho dos vértices e a espessura das arestas são proporcionais, respectivamente, ao número de publicações da organização e ao número de coautorias. Os maiores valores de *degree centrality* e *betweenness centrality* foram obtidos pela Universidade de Porto Rico. Importantes posições de centralidade também foram ocupadas por organizações norte-americanas, como Usda, Universidade da Flórida, além da Escuela Agrícola Panamericana (EAP) de Honduras. Mesmo com o oitavo maior valor

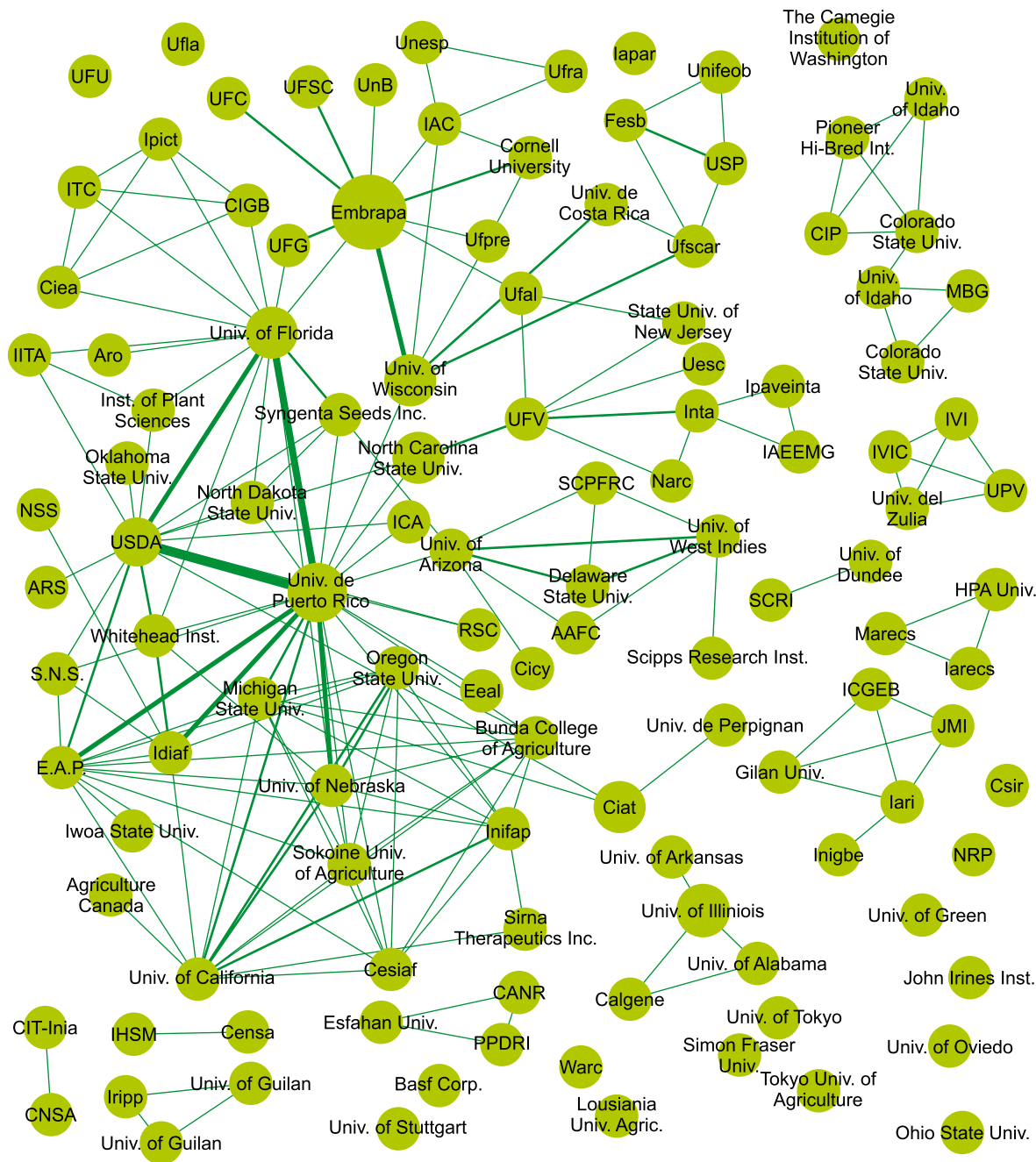


**Figura 4.** Rede de colaboração entre países.

de *degree centrality* e, portanto, não ocupando posição central na rede, coube à Embrapa o papel de interligar diversas organizações brasileiras (Universidade Federal de Goiás, Universidade Federal de Santa Catarina, Universidade Federal do Ceará e Universidade de Brasília) ao componente principal da rede. Em razão disso, a organização pública de pesquisa brasileira possui o terceiro maior valor de *betweenness centrality* na rede.

No total, a rede de colaboração entre organizações com pesquisas sobre a doença do mosaico-dourado do feijoeiro é composta por 119 organizações (vértices), que estão distribuídas em 28 componentes, que possuem 199 ligações. A baixa proporção entre o número de vértices e o número de ligações resultou em um valor de densidade (0,03) inferior ao da rede de colaboração entre países, analisada no item an-

terior. Além de menos densa, a rede de colaboração entre organizações apresentou um maior número de componentes, dado que algumas instituições não se conectaram ao componente principal da rede, como é o caso do Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar). Conforme indicado na Figura 3, é sugerido ao Iapar buscar parcerias com a Embrapa para acessar conhecimentos produzidos em organizações internacionais e conectar-se ao componente principal da rede. Com isso, organizações brasileiras de pesquisa que buscam acessar redes internacionais de produção científica na área do mosaico-dourado do feijoeiro podem se beneficiar do histórico de investimentos em qualificação profissional da Embrapa. Outra estratégia, mais onerosa, seria o Iapar criar parcerias diretas com pesquisadores internacionais, sem passar por pesquisadores da Embrapa. A Figura 4 evidencia a participação



**Figura 5.** Rede de colaboração entre organizações de pesquisa.

majoritária de organizações públicas nas pesquisas relacionadas à doença do mosaico-dourado do feijoeiro. Tal constatação reforça o argumento, desenvolvido na introdução deste texto, sobre o subinvestimento privado em pesquisas nessa área.

### Redes de colaboração entre pesquisadores

A rede de colaboração entre pesquisadores é composta por 427 autores e 1.223 ligações (Figura 6). O valor de densidade da

rede – proporção de ligações que ocorrem entre os autores em relação a todas as ligações possíveis – foi de 0,01344 ou 1,34%. Um valor baixo, mas esperado para o caso, uma vez que é pouco provável que cientistas mantenham relações colaborativas com a maioria dos outros cientistas de seu campo de pesquisa. A título de simplificação, na representação gráfica da rede foram mantidos apenas os pesquisadores com publicação na área superior a dois artigos. O tamanho dos vértices e a espessura das arestas são proporcionais, respectivamente, à quantidade de

trabalhos científicos publicados e ao número de coautorias.

Os autores que mais publicaram na área foram Josias C. Faria (Faria j.c.), James S. Beaver (Beaver j.s.) e Francisco Aragão (Aragao f.j.), com, respectivamente, 19, 17 e 12 artigos. As principais relações de coautoria ocorreram entre Francisco Aragão e Josias C. Faria (12 vezes), Francisco Aragão e Elsa O. P. L. Nogueira (Nogueira e.o.p.l.) (cinco vezes) e entre Elsa O. P. L. Nogueira e Josias C. Faria (5 vezes). Com exceção de James S. Beaver, melhorista genético e professor da Universidade de Porto Rico,

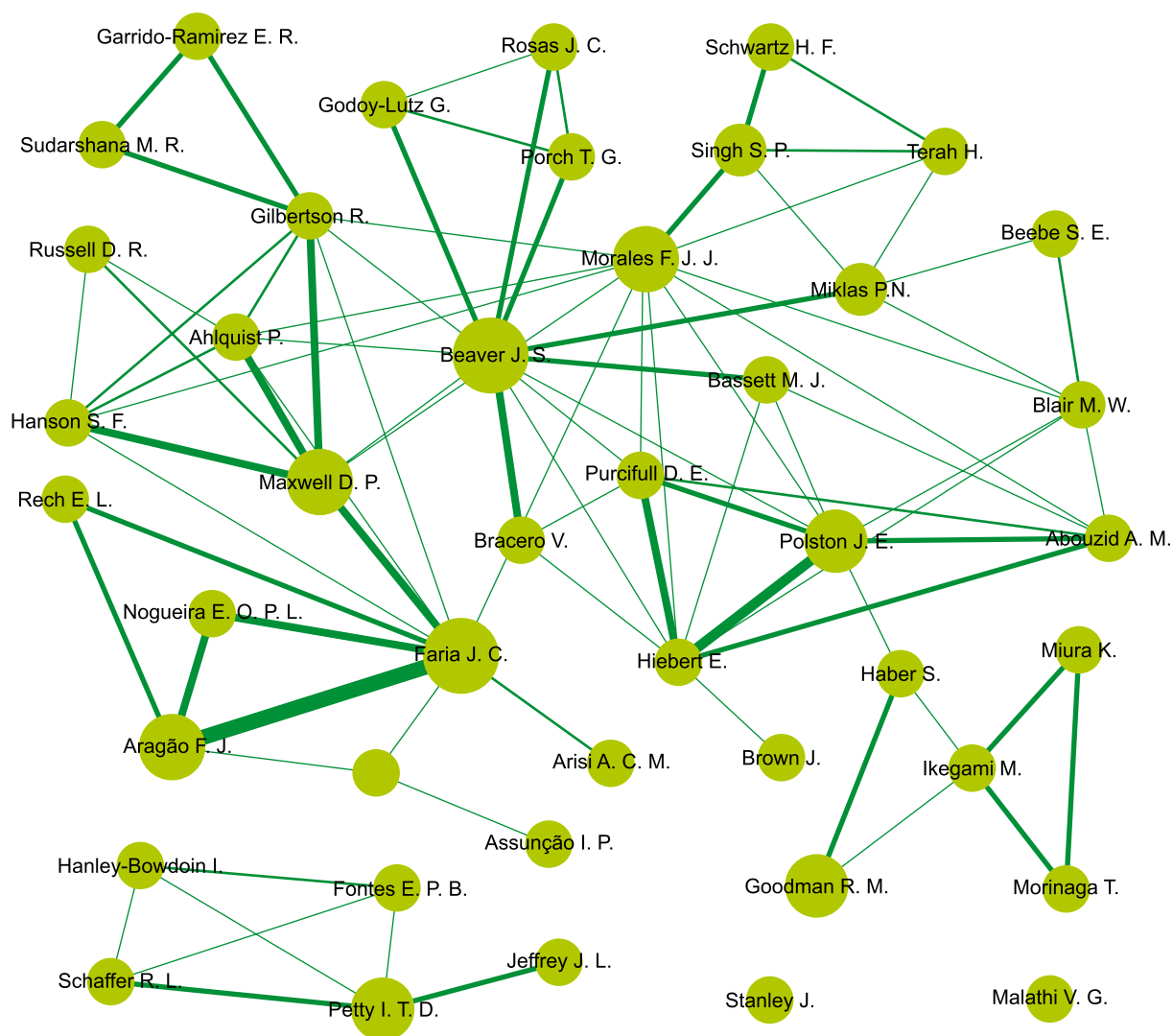


Figura 6. Rede de colaboração entre pesquisadores.

todos os autores com papel central na rede são pesquisadores da Embrapa. Os maiores valores de *degree centrality* e de *betweenness centrality* foram obtidos por Josias C. Faria. Posição importante de centralidade também foi ocupada por Francisco Aragão, que obteve a terceira posição em termos de *degree centrality*.

Tais constatações revelam que, embora o Brasil e a Embrapa não ocupem posições de destaque nas redes de países e organizações, cientistas brasileiros desempenham papel central na produção de conhecimento relacionado ao mosaico-dourado do feijoeiro.

### **Clusterização por *edge betweenness* e produção científica nos *clusters***

Para identificar as comunidades e o padrão de inserção dos principais pesquisadores brasileiros, a versão completa da rede de coautoria no que diz respeito aos autores foi clusterizada, utilizando-se o método de *edge betweenness*. Foram identificados 40 *clusters*, em que o valor de modularidade obtido (0,86) indica que a estrutura de comunidade encontrada não resultou do acaso ou de condições aleatórias. Esse resultado é esperado em uma rede de coautoria científica, na qual os autores escolhem deliberadamente com quem colaborar, usando como critério a similaridade com as próprias linhas de pesquisa.

Neste estudo, as análises foram concentradas nos três maiores *clusters* da rede de coautoria de autores, que agruparam 142 pesquisadores, dos 427 que formaram a rede completa. A maioria dos 56 autores agrupados no primeiro *cluster* é de brasileiros, incluindo dois dos principais autores de toda a rede – Josias C. Faria e Francisco Aragão. O segundo *cluster* foi composto por 48 autores, incluindo James S. Beaver, da Universidade de Porto Rico, e Phippi N. Miklas (Miklas p.n.), do Usda. A pesquisadora com maior valor de *degree centrality* do terceiro *cluster* (38 autores) foi Jane E. Polston (Polston j.e.), da Universidade da Flórida. Os *clusters* 2 e 3 foram compostos majoritariamente por autores

norte-americanos e de outros países da América Latina, fato que indica a maior proximidade das áreas de pesquisa nesses países.

Os resultados dos artigos produzidos pelos autores dos três principais *clusters* foram analisados utilizando-se um algoritmo linguístico baseado na métrica C-value, com o intuito de extrair os principais conjuntos de palavras que caracterizam cada um dos grupos. A Tabela 2 mostra os resultados preliminares da clusterização.

Com base nos termos encontrados no *cluster* C1, pode-se inferir que as linhas de pesquisa conduzidas pelos principais autores brasileiros possuem um padrão de inserção internacional concentrado na área de transgenia. O padrão de inserção brasileiro está associado ao esforço de pesquisa da Embrapa de desenvolvimento de biotecnologias que confirmam às plantas resistência ao vírus do mosaico-dourado. Com efeito, Josias Côrrea Faria e Francisco José Lima Aragão foram os principais pesquisadores da Embrapa responsáveis pela criação do evento Embrapa 5.1, liberado para cultivo comercial pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) em 2011. O Embrapa 5.1 é o primeiro evento transgênico do mundo criado para o feijoeiro que confere à planta resistência ao mosaico-dourado.

Segundo Faria e Aragão (2013), desde o início da década de 1990, a Embrapa já vinha buscando estratégias biotecnológicas para obter plantas resistentes, utilizando a metodologia biobalística para a transformação genética e o sequenciamento do BGMV. A estratégia escolhida para a obtenção da planta resistente envolveu a inativação do gene responsável pela replicação do vírus:

[...] A escolha, no caso de BGMV, foi procurar silenciar o mRNA do gene rep, por estar envolvido em funções necessárias e suficientes para a replicação viral. Ao inativar este gene o vírus não poderia se replicar e com isto a planta se tornaria resistente (FARIA; ARAGÃO, 2013, p. 15).

**Tabela 2.** Clusters de pesquisas científicas sobre o mosaico-dourado do feijoeiro.

Cluster	Total de termos	15 principais termos, em ordem de C-Value
C1	288	<i>common bean, golden mosaic virus, bean golden mosaic virus bgmv, gm common bean, rep gene, transgenic bean, transgenic bean line, polymerase chain reaction, transgenic line, golden mosaic geminivirus, lima bean, viruliferous whitefly, transgenic plant, transgene elimination, gm bean</i>
C2	434	<i>golden yellow mosaic virus bgymv, common bean, phaselous vulgaris, golden yellow mosaic virus, common bacterial blight, seed yield, bean cultivar, quantitative trait locus qtl, m. lathyroide, common bacterial blight cbb, dry bean, bean common mosaic necrotic virus bcmnv, ashy stem blicht, dry bean phaseolus vulgaris l., angular leaf spot</i>
C3	293	<i>common bean, bean golden yellow mosaic virus, m. lathyroide, bean golden mosaic virus bgmv, yellow leaf curl virus ty cv, cabbage leaf curl virus, tomato mottle virus tomov, whitefly bemisia tabaci, central america, latin america, abiotic stress, infectious dna, viral dna, plant virus, potato yellow mosaic virus pymv biolistic inoculation</i>

Fontes: Dados da pesquisa.

Ainda de acordo com os autores, ao final do processo de transformação, foram obtidos dois eventos transgênicos, que conferiram ao feijoeiro resistência à doença do mosaico-dourado, denominados Embrapa 5.1 e AHAS 3.2. O fato de o evento Embrapa 5.1 ter sido identificado antes do evento AHAS 3.2 foi preponderante para que fosse escolhido como candidato à liberação para cultivo comercial, pela CTNBio.

## Considerações finais

A pequena quantidade de publicações encontradas na base Scopus e a concentração dessas publicações em poucos países sugerem que é restrita a pesquisa sobre a doença do mosaico-dourado do feijoeiro. Isso já era esperado, já que o feijão não é uma commodity de interesse global.

Os EUA e o Brasil, além de serem os países que apresentaram a maior quantidade de publicações sobre o tema, mostraram o maior número de colaborações na área (considerando Porto Rico como território norte-americano). Apesar da elevada quantidade de publicações, o Brasil ocupou posição inferior à dos Estados Unidos na rede de países, em termos de influência (*degree centrality*) e intermediação (*betweness centrality*).

As instituições de pesquisa norte-americanas também ocuparam as posições mais importantes na rede de instituições em termos de *degree centrality* e de *betweness centrality*. A única instituição brasileira com boa capacidade de intermediação foi a Embrapa, que apresentou o terceiro maior valor de *beweenness centrality*. Além disso, essa instituição foi a que apresentou o maior número de publicações sobre a doença do mosaico-dourado do feijoeiro.

Apesar de a Embrapa ter apresentado posição coadjuvante na rede de instituições, seus pesquisadores ocuparam posições centrais na rede de indivíduos, sendo que Josias Côrrea Faria obteve os maiores valores de *degree centrality* e de *betweness centrality*. Além disso, as três colaborações mais frequentes da rede de indivíduos ocorreram entre pesquisadores da Empresa.

Levando em consideração os três níveis de representação da rede de coautoria (macro/países, meso/instituições e micro/indivíduos), verificou-se um aumento da importância da pesquisa brasileira nas versões mais desagregadas da rede. Em outras palavras, se, por um lado, o Brasil e suas instituições de pesquisa apresentaram posições secundárias de *degree centrality* e de *betweness centrality* nas respectivas redes, por outro, pesquisadores brasileiros ocuparam

importantes posições de influência na rede de coautoria em nível individual.

Com base na análise linguística dos resumos dos trabalhos dos três principais *clusters* de autores, pode-se afirmar que as publicações do *cluster* C1, formado majoritariamente por autores brasileiros, têm como foco pesquisas sobre o vírus responsável pela doença no Brasil, o BGMV. Já os trabalhos dos *clusters* C2 e C3, compostos em sua maioria por autores dos EUA e da América Central, atribuem maior importância ao BGYMV, agente causador da doença nessas regiões. Além disso, há publicações importantes na área de transgenia no *cluster* C1, resultadas do esforço de pesquisa da Embrapa direcionado à criação do evento transgênico Embrapa 5.1, que confere ao feijoeiro-comum resistência ao BGMV.

A busca de soluções técnicas para o feijoeiro por meio de investimento privado em P&D tem, como uma das principais restrições, o fato de o feijão não ser uma commodity agrícola de interesse mundial. Essa condição tende a elevar os riscos e reduzir o retorno de um eventual investimento. Confirmou-se, então, neste trabalho, que a criação de soluções técnicas para a cultura do feijão depende primordialmente de investimentos públicos em pesquisa, tanto no Brasil quanto nos outros países produtores. Além disso, as diferenças entre o tipo do vírus causador da doença do mosaico-dourado no Brasil e o tipo encontrado em outros países da América aumentam a responsabilidade da pesquisa pública brasileira, considerando que as soluções técnicas criadas em outros países não necessariamente poderão ser adaptadas ao nosso país.

## Referências

BARABÁSI, A. L.; JEONG, H.; NÉDA, Z.; RAVASZ, E.; SCHUBERT, A.; VICSEK, T. Evolution of the social networks of scientific collaborations, *Physica A*, v. 311, p. 590-614, 2002.

BONFIM, K.; FARIA, J. C.; NOGUEIRA, E. O. P. L.; MENDES, E. A.; ARAGÃO, F. J. L. RNAi-mediated resistance to bean golden mosaic virus in Genetically engineered common bean (*Phaseolus vulgaris*). *MPMI*, v. 20, p. 717-726, 2007.

ÇAVUSOGLU, A.; TURKER, I. Patterns of collaboration in four scientific disciplines of Turkish collaboration network, *Physica A*, v. 413, p. 220-229, 2003.

CONAB. **Séries históricas**. 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acesso em: 1 julho de 2016.

CORE, T. R. **A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing**. Vienna: [s.n.], 2016.

CSARDI, G.; NEPUSZ, T. The igraph software package for complex network research. *InterJournal, Complex Systems* **1695**, v. 5, p. 1-9, 2006.

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.

FAOSTAT. **Produção nos principais países produtores de feijão**. 2016. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 2 jul. 2016.

FARIA, J. C.; ANJOS, J. R. N.; COSTA, A. F.; SPERÂNCIO, C. A.; COSTA, C. L. Doenças causadas por vírus e seu controle. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 731-760.

FARIA, J. C.; ARAGÃO, F. J. L. L. **Embrapa 5.1: o feijoeiro geneticamente modificado resistente ao mosaico-dourado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 291).

FARIA, J. C.; M. Yokoyama. **Integração da avaliação de danos causados pelo mosaico-dourado do feijoeiro: o papel de culturas hospedeiras do vetor do vírus e manejo da praga e doença**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. Folheto

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

FREEMAN, L. C. Centrality in social networks conceptual clarification, *Social Networks*, v. 1, n. 3, p. 215-239, 1978.

FUNICA. **Análisis de la cadena subsectorial del frijol**. Nicaragua: Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Florestal de Nicaragua, 2009. Disponível em: <<http://www.renida.net.ni/renida/funica/REE70-F981A.pdf>>. Acesso em: 4 de julho de 2016.

GARRIDO-RAMIREZ, E. R.; SUDARSHANA, M. R.; GILBERTSON, R. L. Bean golden yellow mosaic virus from Chiapas, Mexico: characterization, pseudorecombination with other bean-infecting geminiviruses and germ plasm screening, *Phytopathology*, v. 90, p. 1224-1232, 2000.



- GLANZEL, W. National characteristics in international scientific co-authorship relations, **Scientometrics**, v. 55, n. 1, p. 69-115, Apr. 2001.
- HLWIKI, C. **Scopus versus web of science – hlwiki**. Canadá, 2015. Disponível em: <[http://hlwiki.slais.ubc.ca/index.php/Scopus\\_vs.\\_Web\\_of\\_Science](http://hlwiki.slais.ubc.ca/index.php/Scopus_vs._Web_of_Science)>. Acesso em: 5 de julho de 2016.
- HOU, H.; KRETSCHMER, H.; LIU, Z. The structure of scientific collaboration networks in **Scientometrics**, v. 75, n. 2, p. 189-202, May, 2008.
- IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/>>. Acesso em: 5 July 2016
- KIM, K. Measuring international research collaboration of peripheral countries: taking the context into consideration. **Scientometrics**, v. 66, n. 2, p. 231-240, 2006.
- KULKARNI, A.; AZIZ, B.; SHAMS, I.; BUSSE, J. Comparison of citations in web of science, scopus and google scholar for articles published in general medical journals, **JAMA**, v. 302, p. 1092-1096, 2009.
- MAIA, M. F.; CARGNATO, S. E. Co-autoria como indicador de redes de colaboração científica, **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 13, n. 2, p. 18-31, maio/ago. 2008.
- MIMA, H.; YEN, G.; WU, Z.; ASNAKE, B. The c-value/example-based approach to automatic recognition of multi-word terms for cross-language terminology. In: PROCEEDING of the fifth pacific rim international conference artificial intelligence (PRICAI'98). **International Joint Workshop on Cross-Language Issues in Artificial Intelligence**, 1998. p. 10-21.
- NEWMAN, M. E. J. **Networks: an introduction**. New York: Oxford University Press, 2010.
- NEWMAN, M. E. J. Scientific collaboration networks: network construction and fundamentals results. **Physical Review**, v. 64, n. 1, p. 1-8, 2001.
- NEWMAN, M. E. J.; GIRVAN, M. Finding and evaluating community structure in networks, **Physical Review E**, v. 69, n. 2, 2004.
- NIEMINEN, J. On the centrality in a graph. **Scandinavian Journal of Psychology**, v. 15, n. 1, 332-336, Sept. 1974.
- SILVA, O. F. M.; WANDER, A, E. **O feijão comum no Brasil passado, presente e futuro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 63 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 287). Referência sem citação será excluída
- SOUZA, L. G. A.; MORAES, M. A. F. D.; DAL POZ, M. E. S.; SILVEIRA, J. M. F. J. Collaborative networks as a measure of the innovation system in second-generation ethanol, **Scientometrics**, v. 103, n. 2, p. 355-372, 2015.
- SOUZA, R. F. **Detecção de linhas de pesquisa emergentes em redes de publicações científicas**. 2016. Tese de Doutorado (Doutorado em Economia) – Instituto de Economia, Unicamp.
- TOMASSINI, M.; LUTHI, L. Empirical analysis of the evolution of a scientific collaboration network, **Physica A**, v. 385, n. 2, p. 750-764, 2007.
- UM SISTEMA e um feijão para enfrentar o mosaico-dourado. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8534579/um-sistema-e-um-feijao-transgenico-para-enfrentar-o-mosaico-dourado>>. Acesso em: 5 set. 2016.
- VELEZ, J. J.; BASSETT, M. J.; BEAVER, J. S.; MOLINA, A. Inheritance of resistance to bean golden mosaic virus in common bean. **American Society for Horticultural Science**, v. 123, p. 628-631, 1998.