



A contribuição da Embrapa para o desenvolvimento de tecnologias verdes: uma análise com base em patentes

*Antero Alves Pereira Neto¹;
Carlos Bianchi²;
Ana Paula Macedo de Avellar³;
Marisa dos Reis Azevedo Botelho⁴*

Resumo: A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) tem desempenhado um papel fundamental na promoção do desenvolvimento científico e tecnológico da agricultura brasileira. Sua atuação em parcerias com diversos atores no país e no exterior vai ao encontro do debate teórico que destaca a importância crescente da inovação na agricultura e a maneira como esse processo se constitui a partir de redes estabelecidas e organizadas por instituições públicas de pesquisa. Dentro desse contexto, emergem as perguntas de pesquisa: (i) Qual é a estrutura de colaboração para o desenvolvimento de tecnologias verdes da Embrapa; (ii) Quais são os atores principais que constituem as redes para o desenvolvimento de tecnologias verdes da Embrapa? (iii) São predominantes os atores localizados no território nacional, ou aqueles situados no exterior? Deste modo, o objetivo do estudo é quantificar e qualificar as redes que se formam a partir das patentes verdes desenvolvidas pela Embrapa, por meio da metodologia de redes sociais. Essa metodologia identifica as instituições que co-patenteiam em conjunto com a Embrapa para a criação de tecnologias verdes. Isso permite o cálculo de um conjunto de indicadores de rede para medir sua posição na rede e possíveis funções de intermediação de conhecimento associadas a essa posição. Os resultados obtidos corroboram o papel central da Embrapa na pesquisa sobre tecnologias verdes no Brasil, bem como uma participação relativamente baixa em redes com atores internacionais

Palavras-chave: Embrapa; patentes verdes; análise de redes sociais; Brasil.

Código JEL: O34; Q16; D85

Área Temática: 7.2 Eco inovações

¹ Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Uberlândia. E-mail: teroneto@ufu.br

² Professor do Instituto de Economia da Facultad de Ciencias Económicas y Administración, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. E-mail: carlos.bianchi@fcea.edu.uy

³ Professora do Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia. E-mail: anaavellar@ufu.br

⁴ Professora do Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia. E-mail: botelhomr@ufu.br Bolsista de produtividade em pesquisa CNPQ

The Contribution of Embrapa to the Development of Green Technologies: A Patent-Based Analysis

Abstract: The Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa) has played a fundamental role in fostering scientific and technological development in Brazilian agriculture. Its collaborative efforts with various domestic and international partners align with the theoretical debate that highlights the growing importance of innovation in agriculture and how this process is built upon networks established and coordinated by public research institutions. Within this context, the following research questions arise: (i) What is the collaboration structure for the development of Embrapa's green technologies? (ii) Who are the main actors that constitute the networks for the development of Embrapa's green technologies? (iii) Are domestic or international actors predominant in these networks? Accordingly, the objective of this study is to quantify and characterize the networks formed around the green patents developed by Embrapa using social network analysis. This methodology identifies institutions that co-patent with Embrapa in the creation of green technologies. It enables the calculation of a set of network indicators to measure Embrapa's position within the network and potential knowledge-brokering roles associated with that position. The results confirm Embrapa's central role in green technology research in Brazil, as well as its relatively low participation in networks involving international actors.

Keywords: Embrapa; green patents; social network analysis; Brazil.

1. Introdução

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) foi criada em 1973 como uma empresa pública de direito privado e, desde então, tem apresentado enorme relevância dentro do sistema de inovação brasileiro. Seu papel no desenvolvimento científico e tecnológico da agricultura brasileira tem sido amplamente reconhecido em diversos estudos (Bound, 2008; Mazzucato; Penna, 2016).

A Embrapa atua por meio de 46 unidades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) presentes em todas as regiões, somando 24 estados e todos os biomas brasileiros, que abarcam uma ampla gama de produtos agrícolas e de pecuária. Possui mais de 2100 pesquisadores, sendo a ampla maioria (84%) com doutoramento ou pós-doutoramento em universidades brasileiras e no exterior. A empresa pública possui também uma unidade em operação na África (Gana), além de inúmeros projetos de cooperação científicas e tecnológicas com outros países. Estas, e outras características da empresa, a definem como uma *mission-oriented research institution* (Mazzucato; Penna, 2016).

Desde a sua criação, a Embrapa estabeleceu parcerias para o desenvolvimento científico e tecnológico, tanto com universidades e outros centros de pesquisa setoriais, como também com empresas, tornando-se uma precursora das parcerias público-privadas no Brasil (De'Carli; Whermann, 2007) e um exemplo de inovação institucional (Alves, 2010). Os diversos arranjos interinstitucionais construídos ao longo da trajetória da Embrapa são responsáveis pelo alto grau de competitividade alcançado pelos produtos agrícolas brasileiros, posicionando a empresa pública como líder global em pesquisa sobre agricultura tropical (Lopes et al., 2012, Filomeno, 2013).

Em relação ao foco desse estudo, a produção agrícola sustentável, a Embrapa tem no seu planejamento estratégico desde 2002 o objetivo de reduzir o impacto ambiental das novas tecnologias por ela desenvolvidas. Este objetivo se explicita nos Macrotemas de Pesquisa definidos para o período 2013-33, que se direcionam para as novas ciências de fronteira (biotecnologia, nanotecnologia e geotecnologia), para a gestão dos recursos naturais em face das mudanças climáticas e para novos produtos oriundos de biomassa e química verde (Penteado et al., 2014).

Considerando-se a importância da Embrapa no sistema de inovação brasileiro e o direcionamento de suas ações para promover a sustentabilidade ambiental de suas inovações, parte-se das seguintes perguntas de pesquisa: (i) Qual é a estrutura de colaboração para o desenvolvimento de tecnologias verdes da Embrapa? (ii) Quais são os atores principais que constituem as redes para o desenvolvimento de patentes verdes da Embrapa? (iii) São predominantes os atores localizados no território nacional, ou aqueles situados no exterior?

A partir dessas questões, este trabalho tem como objetivo quantificar e qualificar as redes de colaboração que se formam a partir das patentes verdes desenvolvidas pela Embrapa. Por meio da metodologia de análise redes sociais se caracteriza a estrutura das redes de colaboração da Embrapa para patenteamento em tecnologias verdes. Isso permite identificar tanto as principais tecnologias patenteadas pela Embrapa quanto os atores envolvidos. A partir daí, são analisadas as características das redes entre tecnologias e entre atores, discutindo a posição dos atores nacionais ligados à pesquisa e os ligados à produção, bem como a participação de atores internacionais.

O trabalho se estrutura em 4 seções, além dessa Introdução e das Considerações Finais.

2. Referencial teórico

A inovação na agricultura possui forte relação com sistemas ecológicos e com a exposição constante da natureza e, por esse motivo, pode ser considerada diferente das inovações que ocorrem em contextos industriais, com ambientes controlados. Sendo assim, a inovação na agricultura ocorre em condições que aumentam os riscos associados à adoção de novas tecnologias e limitam a localização da produção, que é frequentemente determinada por critérios ecológicos, e não apenas econômicos (Ruttan, 1997; Pardey et al., 2006, 2010).

De acordo com Ruttan (1997), as mudanças tecnológicas na agricultura são frequentemente impulsionadas pelas condições econômicas, como alterações nos preços dos fatores de produção e na demanda por produtos agrícolas, e pelas condições institucionais. O autor desenvolve a ideia de

"caminhos induzidos da inovação", ressaltando que situações de escassez de recursos levam à busca por soluções tecnológicas específicas. Desse modo, a inovação agrícola é, de maneira recorrente, o resultado de estímulos econômicos que orientam a direção da pesquisa tecnológica.

Pardey et al (2010) afirmam que a inovação na agricultura não é resultado de forças de mercado, mas sim da atuação de instituições públicas que moldam incentivos, infraestrutura e conhecimento. Os autores afirmam, a partir de evidências empíricas, que os retornos sociais dos investimentos em ciência agrícola são elevados, com destaque para o caso dos países em desenvolvimento. Para esses autores, a inovação no setor agrícola apresenta especificidades que a distinguem significativamente de outras atividades econômicas. A estrutura produtiva altamente atomizada da agricultura, caracterizada pela presença de numerosos pequenos produtores, acentua a fragilidade dos incentivos econômicos à inovação, sobretudo em função da dificuldade de apropriação dos retornos provenientes de investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Tal cenário contrasta com setores industriais mais concentrados, nos quais há maior capacidade de internalizar externalidades tecnológicas.

Assim, ao se observar o comportamento do desenvolvimento tecnológico na agricultura é possível evidenciar que a inovação precisa ser tratada de maneira sistêmica, dada a relevância da interação entre os agentes participantes. Segundo Hall et al. (2005), o sistema de inovação na agricultura é fundamental porque reconhece a inovação como um processo social e interativo, que vai além da simples geração de tecnologia por instituições de pesquisa (Figura 1). Para os autores, a inovação agrícola ocorre quando o conhecimento, técnico, científico, organizacional ou prático, é aplicado de forma eficaz para resolver problemas concretos, especialmente aqueles relacionados à produtividade, sustentabilidade e adaptação às condições locais.

Nesse contexto, os sistemas de inovação agrícola demandam abordagens contextuais, que levem em conta sua complexidade biológica, institucional e socioeconômica. A importância do sistema de inovação está, portanto, em sua capacidade de integrar diferentes atores (agricultores, pesquisadores, *policy makers*, empresas e organizações da sociedade civil) em processos de aprendizagem em busca de soluções conjuntas. Assim, o sistema de inovação agrícola permite respostas mais dinâmicas aos desafios do desenvolvimento econômico.

A partir desse arcabouço do sistema nacional de inovações (SNI), é possível evidenciar a importância do investimento público em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para o avanço tecnológico na agricultura. A importante atuação do setor público destaca-se em três dimensões: financiamento público, essencial para pesquisas de longo prazo e de interesse público; infraestrutura pública de pesquisa, como laboratórios de pesquisa; e políticas públicas, que incentivam a inovação e garantem a aplicação das tecnologias desenvolvidas.

Ademais, a interação entre universidades, centros de pesquisa, empresas e o setor público é essencial para o sucesso do SNI. Essa colaboração permite que as inovações sejam não apenas desenvolvidas, mas também adaptadas e aplicadas de forma eficaz no contexto local. Nesse sentido, para compreender os processos de inovação no sistema de inovação agrícola, é especialmente importante conseguir mapear as colaborações entre os atores, bem como as posições que ocupam. Para este propósito, a análise de redes sociais é uma metodologia particularmente adequada, pois permite abordar o componente sistêmico-interativo dos processos de inovação.

Figura 1: Sistema de inovação agrícola em países em desenvolvimento.

Características Institucionais	Sistemas de Inovação na Agricultura
Agenda orientadora	Desenvolvimento sustentável e equitativo
Papel dos atores	Múltiplo e em evolução
Relacionamentos envolvidos	Diversificados e interativos
Parceiros	Coalizões de interesse em evolução
Foco da política	Combinações variadas de cientistas, empreendedores, agricultores e agentes de desenvolvimento dos setores público e privado
Processo político	Amplo, incluindo também comércio, desenvolvimento rural, indústria, meio ambiente, educação Integração e coordenação entre diversos domínios políticos
Conhecimento produzido	Integrado com partes interessadas e conhecimento sensível a agendas distintas Todas as formas de conhecimento codificado e tácito: científico, técnico, organizacional, institucional, mercadológico e gerencial
Indicadores de desempenho	Curto prazo: desenvolvimento institucional e mudança/novos comportamentos, hábitos e práticas/conexões Longo prazo: transformação social e econômica
Responsabilidade pelo impacto	Todos os parceiros
Desenvolvimento de capacidades	Treinamento e desenvolvimento de infraestrutura relacionados a uma variedade de atividades de pesquisa e econômicas, e pessoas. Políticas, práticas e instituições que incentivam fluxos de conhecimento, aprendizagem e inovação entre todos os participantes

Fonte: Adaptado de Hall *et al* (2005, p.03).

Dada a importância da inovação na agricultura e a necessidade da incorporação da abordagem sistêmica desse processo, um importante aspecto que merece destaque diz respeito à forma de propriedade intelectual (PI) sob a forma de patentes. De maneira geral, a propriedade intelectual tem papel central no sistema de inovação agrícola, pois ao proteger o retorno sobre os investimentos em inovação, estimula os investimentos em P&D e a criação de novas tecnologias que incorporem, por exemplo, o desenvolvimento sustentável dessa atividade econômica. Para Bonacelli *et al.* (2015) as patentes são necessárias para viabilizar o ritmo inovativo do setor.

Buainain *et al.* (2023), por sua vez, analisam as controvérsias envolvendo a propriedade intelectual e os *royalties* no setor agrícola para o caso do Brasil. Os autores argumentam que a PI desempenha um papel crucial na promoção da inovação, especialmente em áreas como biotecnologia e melhoramento genético de sementes, ao proporcionar incentivos para investimentos em P&D. Contudo, destacam que a cobrança de *royalties* tem gerado debates intensos, uma vez que, pode ser percebida como um obstáculo para os produtores rurais, especialmente os de menor porte, devido ao aumento nos custos de produção.

Diante do debate recente sobre a promoção do desenvolvimento sustentável e o uso de novas tecnologias digitais avançadas, faz-se necessário que a inovação na agricultura desenvolva mecanismos para incorporar essas duas novas dimensões em sua dinâmica. Para Crestana e De Mori (2015), a sustentabilidade emerge como um elemento central das inovações em geral, e em particular, na agricultura, na busca por práticas agrícolas que minimizem os impactos ambientais e promovam o uso eficiente dos recursos naturais. Buainain *et al.* (2023), por sua vez, destacam a emergência de novos paradigmas tecnológicos como nanotecnologia, biotecnologia e as tecnologias da informação. Ademais, os autores destacam ainda a importância da “agricultura digital”, da gestão baseada em dados e da conectividade no campo, que possibilitam ganhos de eficiência e de rastreabilidade.

Pelo exposto, é possível afirmar que a partir de uma estrutura institucional robusta, com instituições de pesquisa pública fortalecidas, políticas públicas efetivas e da colaboração entre diferentes setores, em um país (como o Brasil) cria-se um ambiente propício à inovação na agricultura, em busca de um desenvolvimento de práticas sustentáveis e tecnologicamente avançadas.

Diante do debate teórico apresentado, a próxima seção desse estudo irá discutir o papel da Embrapa como uma importante instituição pública de pesquisa no Brasil e suas parcerias na promoção do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira.

3. Redes de colaboração da Embrapa: antecedentes de pesquisa

A Embrapa é líder global em pesquisa sobre agricultura tropical e é um ator central no sistema brasileiro de inovação. Em particular, a Embrapa tem contribuído para a construção do sistema por meio de geração de conhecimento, difusão e transferência de tecnologia e de uma ampla rede de extensão agropecuária, posicionando-se como uma *learning institution* (Lopes et al., 2012; Filomeno, 2013; Mazzucato; Penna, 2016).

Com uma longa trajetória de acumulação de conhecimentos nos diversos segmentos da atividade agropecuária, a Embrapa tem contribuído com o desenvolvimento e adaptação de tecnologias em atividades chave para a economia brasileira, como são o desenvolvimento de variedades genéticas para a produção florestal e madeireira (Figueiredo; Cohen, 2019), a criação e adaptação de variedades de cereais (Ramalho et al., 2021), além de ter tido um papel central na expansão da agricultura no Cerrado Brasileiro, notadamente na produção de soja (Cabral, 2021; Figueiredo, 2016). Ademais, a empresa se coloca atualmente como um ator fundamental em face aos desafios da transição verde (Penteado et al., 2014; Lebdioui, 2024).

Esta empresa pública tem evoluído ao longo da sua história desenvolvendo capacidades críticas para atingir seus objetivos. Trabalhos prévios (Pray, 2001; Fuck; Bonacelli, 2009) destacam como a Embrapa tem desenvolvido mecanismos de propriedade intelectual, principalmente para a normativa relacionada com cultivares, que permitiram melhorar as possibilidades de apropriação de resultados de pesquisa pública e, a partir daí, desenvolver políticas de difusão do conhecimento em parceria com outros atores. Nesse sentido, a gestão estratégica da propriedade intelectual e a consolidação de políticas robustas de colaboração são apontadas como pilares para o modelo de inovação aberta praticado pela empresa, que se estrutura por meio de parcerias com uma variedade de atores do ecossistema de inovação (Cavalcanti; Alves, 2020).

A inovação aberta na Embrapa, no entanto, enfrenta desafios gerenciais significativos decorrentes da aproximação entre organizações de naturezas diversas (pública e privada), com valores, objetivos e expectativas distintos, exigindo adaptações em práticas de gestão que conciliem celeridade e conformidade (compliance) (Kato et al., 2023).

A gestão de P&D da Embrapa foi se transformando ao longo do tempo, de modo a incorporar as novas demandas da sociedade (Penteado et al., 2014). Os autores identificam quatro fases distintas no modelo de gestão, que se iniciam com o foco na produção, evolui para a consideração das cadeias produtivas e, posteriormente, para a gestão de projetos desenvolvidos em redes de pesquisas multidisciplinares e multi-institucionais. Tanto nessa etapa, como na mais recente, a de gestão de projetos em redes transdisciplinares, a Embrapa adaptou seu modelo de gestão de P&D em resposta ao aumento da complexidade dos problemas tecnológicos e aos desafios da sociedade no século XXI.

Essa evolução é institucionalizada no Macroprocesso de Inovação da Embrapa, que organiza as etapas de inteligência estratégica, pesquisa, desenvolvimento, transferência de tecnologia, monitoramento da adoção e avaliação de impactos em um modelo baseado em inovação aberta e parcerias público-privadas desde as fases iniciais dos projetos (Embrapa, 2024)

Nesta trajetória, a Embrapa sempre atuou de modo a interagir com outros entes do sistema de inovação brasileiro, tanto com as universidades e centros de pesquisa, quanto com as empresas, por meio de redes de geração e difusão de conhecimentos e inovação. A natureza sistêmica e colaborativa da inovação agropecuária torna a Análise de Redes Sociais (ARS) uma ferramenta particularmente útil para compreender o papel da Embrapa. A ARS permite ir além da análise de atores isolados, mapeando as relações, a intensidade dos fluxos de conhecimento e a posição central que a empresa ocupa nessa estrutura, sendo amplamente utilizada em estudos de ciência, tecnologia e inovação para desvendar a dinâmica de colaboração entre instituições (Paula et al., 2017).

Trabalhos prévios oferecem conhecimentos valiosos sobre redes de colaboração em atividades ou setores específicos. Por exemplo, ao analisar a co-produção de patentes entre 1980 e 2009, Paula et

al. (2017) demonstraram que uma maior centralidade (ou seja, uma posição mais conectada) dos centros de pesquisa da Embrapa em suas redes de colaboração está positivamente associada a maiores níveis de geração de inovações. Este achado evidencia a importância de redes institucionais consolidadas, como o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), para o fomento da inovação no setor. Campos et al. (2017) analisam a estrutura e evolução da rede da Embrapa na produção de conhecimento e publicações científicas em nanotecnologia. Mais recentemente, Turazi et al. (2024) empregaram análise de redes de coautoria, cocitação e co-ocorrência de palavras-chave para caracterizar as redes de pesquisa sobre a produção do maracujá, evidenciando a dinâmica da ciência e a força de conexão entre instituições ao redor do mundo no período de 2001 a 2020.

Apesar da importância dessas redes, como é comum nos sistemas de inovação da América Latina, o desenvolvimento de soluções tecnológicas, neste caso consideradas por meio de patentes, é significativamente menor. Nesse contexto, iniciativas como as "vitrines tecnológicas" desenvolvidas por instituições públicas de pesquisa, incluindo a Embrapa, buscam facilitar o acesso à informação sobre patentes disponíveis para licenciamento, embora ainda enfrentem desafios relacionados à padronização e à mineração de dados (Medeiros; Souto, 2019).

No plano internacional, a Embrapa mantém intenso programa de cooperação científica por meio de instrumentos como o Programa de Laboratórios Virtuais no Exterior (Labex), que aloca pesquisadores brasileiros em instituições de ponta no exterior para promover colaborações robustas e duradouras, e o programa de Cientista Visitante, fortalecendo a rede internacional da empresa e catalisando pesquisas em áreas estratégicas (Embrapa, 2024).

Essa atuação em rede global é particularmente relevante para o desenvolvimento de tecnologias voltadas à sustentabilidade, como evidenciado por Fragalle e Delai (2022), que analisaram o processo de colaboração em projetos de P&D para a descarbonização da pecuária brasileira sob a ótica da inovação aberta, destacando o papel da Embrapa na articulação de parcerias para enfrentar desafios ambientais complexos.

Dentre os trabalhos identificados, Bergier et al. (2021) empregam análises de redes sociais para o estudo da rede interna da Embrapa e de suas colaborações científicas com atores externos. Com base na análise do repositório de publicações da instituição, esses autores oferecem resultados interessantes sobre a conformação e estrutura da rede, assim como da localização geográfica e orientação temática dos atores centrais. Como resultados principais se destacam como mais colaborativos os *hubs* localizados no Sul do país e com maior força gravitacional (concentração) os *hubs* formados por redes temáticas que se formam na região Centro-Oeste.

O estudo de Paula et al. (2017) analisa as redes de patenteamento da Embrapa entre 1980 e 2009. Esses autores fornecem evidência sobre o papel de diferentes centros de pesquisa da Embrapa (30, no total) na colaboração para o patenteamento e indicam que as unidades Embrapa Instrumentação, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e Embrapa Agroindústria de Alimentos são os centros de pesquisa com maior grau de centralidade nas redes identificadas. Ademais, a Universidade Federal do Rio de Janeiro foi aquela que mais se destacou como instituição parceira.

Barbosa e Brisola (2024), ao fazer um balanço da trajetória da Embrapa e sua contribuição em P, D & I, identificam, até o ano de 2022, um total de 363 patentes, 1188 soluções tecnológicas e 2043 cultivares desenvolvidos. Parte dessas inovações foi desenvolvida com o objetivo de reduzir os impactos no meio ambiente, e são elas o objeto deste trabalho, qual seja, o estudo das patentes da Embrapa denominadas verdes. A relevância desse recorte temático é reforçada por estudos que demonstram como a inovação aberta na Embrapa tem sido direcionada para a geração de ativos que promovem a digitalização do setor agrícola e ampliam o alcance dos agricultores a informações e tecnologias (Vaz et al, 2023), contribuindo para a transição rumo a sistemas produtivos mais sustentáveis

Este artigo visa contribuir em dois sentidos. Aportar nova evidência sobre as atividades de colaboração de um ator central do sistema brasileiro de inovação desde uma perspectiva não setorial, mas com foco em produção ambientalmente amigável. Ao fazê-lo, o estudo dialoga com a literatura que emprega a ARS para analisar a Embrapa (Paula et al., 2017; Bergier et al., 2021; Barbosa e Brisola, 2024; Turazi et al., 2024), mas se diferencia ao ter como lente analítica exclusivamente as "tecnologias verdes". Isso permite uma compreensão mais aprofundada de como as redes de colaboração se configuram para enfrentar desafios específicos da transição verde, tema de crescente relevância global.

Além disso, resulta especialmente relevante a análise da participação da Embrapa em redes nacionais e internacionais em face aos desafios que uma organização deste tipo enfrenta, tema que tem recebido relativamente pouca atenção nos estudos sobre essa instituição.

Com esse intuito, as perguntas que guiam a pesquisa são:

- (i) Qual é a estrutura de colaboração para o desenvolvimento de tecnologias verdes da Embrapa?
- (ii) Quais são os atores principais que constituem as redes para o desenvolvimento de tecnologias verdes da Embrapa?
- (iii) São predominantes os atores localizados no território nacional, ou aqueles situados no exterior?

A partir dessas perguntas a proposição geral que orienta a pesquisa é que a análise de redes a partir de dados de patentes irá corroborar o papel central da Embrapa na produção de conhecimento orientado para tecnologias sustentáveis na agricultura brasileira.

Desta maneira, espera-se que as redes de colaboração para patentes verdes da Embrapa permitam identificar o papel da estatal na articulação entre atores acadêmicos e empresariais, em nível nacional.

Finalmente, espera-se observar também o papel da Embrapa entre atores nacionais e do exterior.

4. Metodologia e dados utilizados

4.1 Metodologia

A análise de redes sociais (ARS) ganha relevância como área de estudos pós publicação de Jacob Moreno (1953). Este autor vislumbra nas relações entre indivíduos a criação de redes sociais que admitem maior relevância a alguns nós “indivíduos” frente a outros; mais ainda, é capaz de verificar as relações que distintos nós têm entre si, de modo que vários indivíduos se reportem “arestas” a outros, dando ao melhor relacionado, ou melhor conectado, maior relevância em uma rede social. (Wasserman; Faust, 1994; Freeman, 2009).

Basicamente as principais características das ferramentas de visualização de dados em análise de redes sociais incluem: a natureza dos dados, métodos de visualização e interações com imagens visuais para uma melhor análise. Essas ferramentas podem trabalhar com dados unidimensionais (matrizes, séries temporais), bidimensionais (pontos de gráficos, coordenadas geográficas) e algoritmos/programas (fluxos de informações, operações de depuração). Cabe salientar que em uma rede social, a “geografia” ou posição dos nós na distribuição espacial importa, o que levanta a necessidade de, para além da análise visual, avançar para cálculos micro analíticos (Verspagen, 2007; Freeman, 2009)

Jackson (2010) mostra que em uma rede social é fundamental avaliar a centralidade dos nós (grau, proximidade, intermediação), as medidas da rede (excentricidade, densidade do gráfico, comprimento médio do caminho) e as medidas de agrupamento (modularidade).

As estatísticas de centralidade fornecem uma estrutura para comparar os papéis dos diferentes nós dentro de uma rede, ajudando a definir padrões agregados graficamente. As medidas de centralidade são divididas em três grupos principais: grau, que avalia o nível de conexão de um nó com outros; proximidade (A centralidade de proximidade para esta pesquisa, que tem a Embrapa como ponto central será sempre igual a $C_c = 1$, o que indica que não há outliers distantes do centro do gráfico, e todos os atores estão, em média, a um passo topológico de todos os outros na rede que verifica a facilidade com que um nó pode ser alcançado por outros) e intermediação, que analisa a importância de um nó na conexão entre outros nós (força das ligações). (Freeman, 1979; Brandes, 2001; Jackson, 2010; Borgatti; Everett; Johnson, 2018).

A excentricidade está relacionada ao diâmetro de cada vértice na rede, e para um bom comportamento de uma rede deve assumir valor sempre superior ao do comprimento médio do caminho. Isso porque mesmo o comprimento médio do caminho variando de amostra para amostra, estar sempre abaixo do indicador de excentricidade mostra que a informação pode fluir facilmente, e que, por isso, é uma rede eficiente (Newman, 2008; Borgatti; Everett; Johnson, 2018) A métrica *eigenvector* (centralidade de prestígio) também utilizada mostra, através da atribuição de valor a cada nó, que um nó

é importante se estiver conectado a outros nós importantes. Em termos matemáticos, a centralidade de *eigenvector* é o vetor próprio correspondente ao maior autovalor da matriz de adjacência da rede, e isso significa que a centralidade de um nó é proporcional à soma das centralidades de seus vizinhos (Newman, 2008; Christian et al., 2018).

A modularidade foi usada para particionar a rede em clusters e revelar a estrutura das comunidades que se formam, agrupando os nós individuais com base em características compartilhadas. Nesta pesquisa, para averiguar qual a melhor distribuição destas comunidades optou-se por calcular a modularidade pelos algoritmos de Newman (2004), Gilvan; Newman (2002; 2004) e Zhang; Peixoto (2020).

Destaca-se que todas as métricas e seus respectivos resultados, para cada um dos recortes feitos na base de dados para a análise pretendida, estão devidamente dispostos no Anexo I deste trabalho.

Além disso, a distribuição de patentes pode não seguir o padrão clássico proposto em Hummon e Doreian (1989) em que as citações criam as redes, podendo estas redes serem formadas por outros elementos coesivos, como é o caso desta pesquisa, em que as redes se dividem, basicamente, entre os distintos tipos de agentes inventores e suas especificidades (feitas manualmente fora da rede) e depois relacionados com os próprios agentes e as distintas categorias IPC dentro do software Gephi, específico para análises de redes sociais.

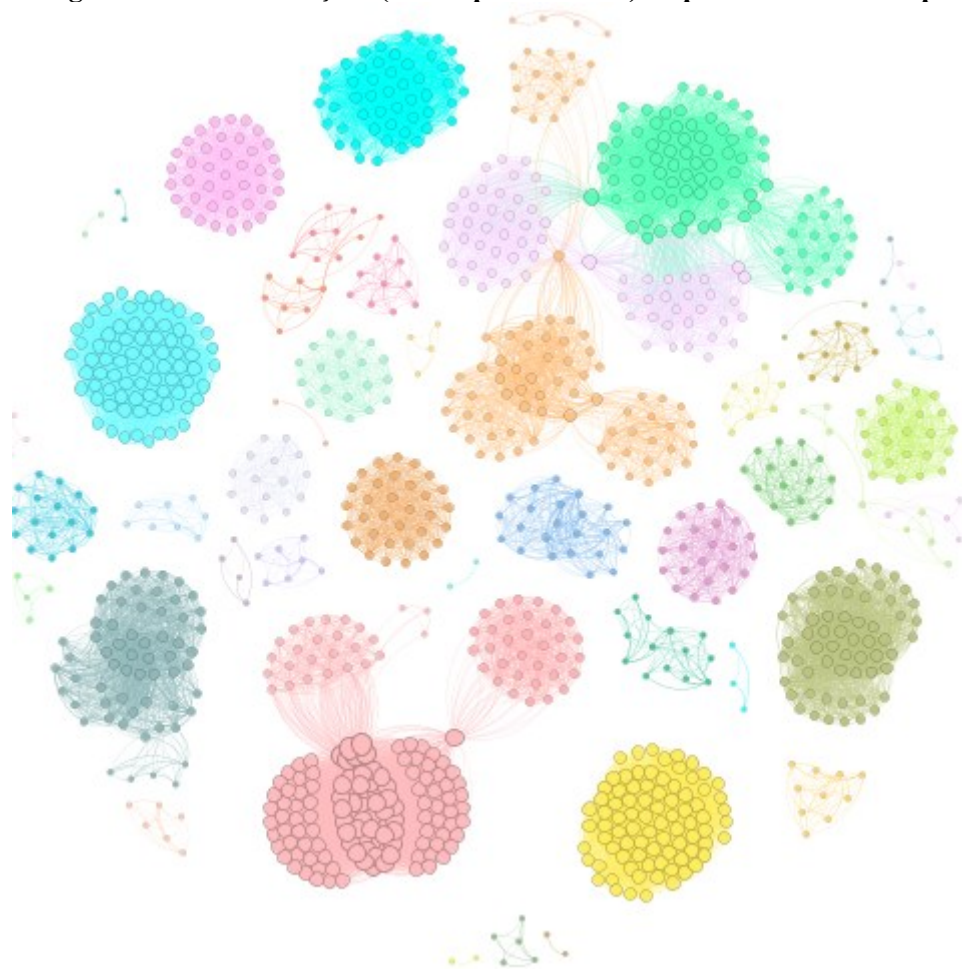
Desta forma, conhecendo as métricas desejadas para auferir a qualidade de uma rede e tendo como objetivo verificar se os setores que a Embrapa patenteia são ou não alterados a depender de suas relações no momento do patenteamento e devido ao tamanho reduzida da amostra (471 observações) e um conjunto ainda menor pós separação de patentes ambientalmente responsáveis (245 observações) este trabalho optou pela visualização de dados proposta pelo algoritmo de Fruchterman; Reingold (1991), pois a visualização em círculo com concentrações de atores principais ao centro ajuda a entender e visualizar os pontos centrais de cada uma das amostras recortadas, o que facilita a análise aqui pretendida.

4.2 Dados utilizados

A fonte dos dados é o agregador australiano Lens.org, que agrega patentes de vários depósitos ao redor do mundo, resultando em um número maior de observações em comparação com bases de dados como a United States Patent and Trademark Office (USPTO), a World Intellectual Property Organization (WIPO) e outras, pois inclui agências nacionais de patentes diversos outros países. Ademais USPTO, WIPO e o European Patent Office são colaboradores oficiais do agregador, garantindo precisão e sincronização dos dados. A confiabilidade do Lens.org decorre das instituições que o constroem, como a Queensland University of Technology e a Bill and Melinda Gates Foundation, e é amplamente utilizado em pesquisas acadêmicas e científicas (LENS, 2024; Outili & Maniai, 2023; Ishar et al., 2024; Ochoa et al., 2024; Afia et al., 2024).

Em um primeiro esforço analítico, relacionado o conjunto de patentes encontrados no Lens.org em uma distribuição simples de “patentes citadas e patentes citantes” vimos que praticamente não existe uma rede de conhecimento globalizada como inicialmente esperado, e sim clusters que se comunicam somente com patentes daquele nicho, o que dificulta uma possível análise de redes tradicional e nos leva a tomar novos caminhos para analisar toda a base de dados e não somente um recorte específico que considera somente 78 das 471 patentes da amostra total e ademais demonstra não ter a capacidade de criar uma rede, tal como explicito na figura 2.

Figura 2: Rede de citações (citado por e citante) de patentes da Embrapa



Fonte: Lens.org

Neste sentido, para contemplar o objetivo desta pesquisa de verificar se os setores que a Embrapa patenteia são ou não alterados a depender de suas relações no momento do patenteamento, e com especial atenção aos avanços ambientalmente sustentáveis, é necessário conhecer a classificação de patentes ambientalmente sustentáveis da *International Patent Classification – IPC*, conhecida como *IPC green inventory* caracterizado como:

“The "IPC Green Inventory", developed by the IPC Committee of Experts, facilitates searches for patent information relating to Environmentally Sound Technologies (ESTs), as listed by the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)” (WIPO, 2024).

A opção metodológica pelo uso da *International Patent Classification* (IPC), em especial o *IPC Green Inventory*, fundamenta-se em sua legitimidade internacional e em sua vinculação direta às políticas globais de sustentabilidade. O IPC é administrado pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO) e adotado por diversas nações, o que garante comparabilidade e padronização em escala mundial. O *Green Inventory* foi desenvolvido pelo Comitê de Peritos da IPC em colaboração com a *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), com o objetivo de facilitar a identificação de tecnologias ambientalmente corretas (*Environmentally Sound Technologies – ESTs*). Diferentemente do *Cooperative Patent Classification* (CPC), que é fruto de uma cooperação regional entre o Escritório Europeu de Patentes (EPO) e o Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos (USPTO), com inventário ajustado para a sustentabilidade sob a letra Y, o IPC assegura maior alinhamento com agendas internacionais de inovação verde e com os compromissos multilaterais de mitigação das mudanças climáticas. Dessa forma, ao analisar o portfólio de patentes da Embrapa, o uso do IPC não apenas permite a classificação técnica, mas também insere a pesquisa em um contexto de

governança internacional da sustentabilidade, reforçando sua validade científica e política (WIPO, 2024; WIPO, 2023; UNFCCC, 2022).

Ademais, os códigos encontrados não se limitam à classificação prioritária da patente sob determinado código IPC, e sim, analisa todas as classificações patentárias declaradas no invento, melhor dizendo, todos os IPCs declarados como parte da patente estão na rede de análise construída para esse trabalho, e o destaque central fica a cargo das repetições com maiores graus e posições centrais dentro da distribuição da rede.

Tendo conhecimento das patentes verdes é possível verificar que aparece com maior frequência, nas quatro primeiras classificações, os conjuntos classificativos C12N que tratam de aplicações bioquímicas que tentam promover melhoria genética em organismos e A01H e A01G de aplicações voltadas à agricultura, em específico a classificação H trata de novas formas de cultivo e novas culturas, incluindo culturas geneticamente modificadas e a G de processos novos para horticultura e irrigação, além disso se observa a presença da classificação B01D que traz aplicações em separação de materiais sólidos e líquidos.

Outro passo necessário para o cumprimento do objetivo desta pesquisa é verificar quem são os atores envolvidos com a Embrapa no momento do patenteamento. Os principais atores são distintos, há firmas nacionais, internacionais, universidades brasileiras e estrangeiras, departamentos de governos estrangeiros, empresas públicas e não públicas e indivíduos inventores.

Partindo desta informação e considerando os diferentes núcleos de inovação observados pelos distintos IPC a pesquisa analisará tanto as características das inovações da Embrapa, ou seja: em quais setores ambientalmente responsáveis inova, se há relação entre inovações específicas e quem está patenteando com a Embrapa, e se o comportamento das patentes é distinto frente a universidades, empresas, governos, em âmbito nacional ou internacional.

Neste sentido e de modo sintético, para as patentes que levam em conta IPC's não verdes, existem 471 observações. Quando analisamos apenas o conjunto que tem ao menos uma classificação tida como ambientalmente responsável o número de observações cai a 245. O quadro 1 dá a devida dimensão aos dados analisados, vale destacar que o conjunto de patentes relacionadas a firmas e governos, universidades e depósitos internacionais são referentes às patentes verdes, somente.

Quadro 1: Resumo dos dados encontrados

Patent Application	Patent Granted	IPC Green
381	74	245
Firm/Government	University	International
45	96	45

Source: Lens.org, 2025.

Outro adendo é possível quando se observa o volume de famílias de cada uma das patentes. As famílias de patentes se caracterizam por depósitos da mesma patente em outros escritórios de patentes globais objetivando garantir maior proteção a determinado invento, além de garantir maior inteligência competitiva e uma correta avaliação do portfólio de interesse de uma firma (MCTI, 2022).

E neste sentido se observa que dentre as 471 patentes publicadas pela Embrapa 161 são pedidos de proteção feitos somente no Brasil, e o restante possui grau de proteção em outros escritórios bastante variável, o que pode ser atestado pelo quadro 2 que consta o volume de depósitos da Embrapa feitos em outros países. Especial atenção é dada aos depósitos na Organização Mundial de Proteção Intelectual (WIPO na sigla inglesa), no escritório estadunidense, na European Patent Organization (EPO) da União Europeia, e nos escritórios da Austrália, China, México e Argentina.

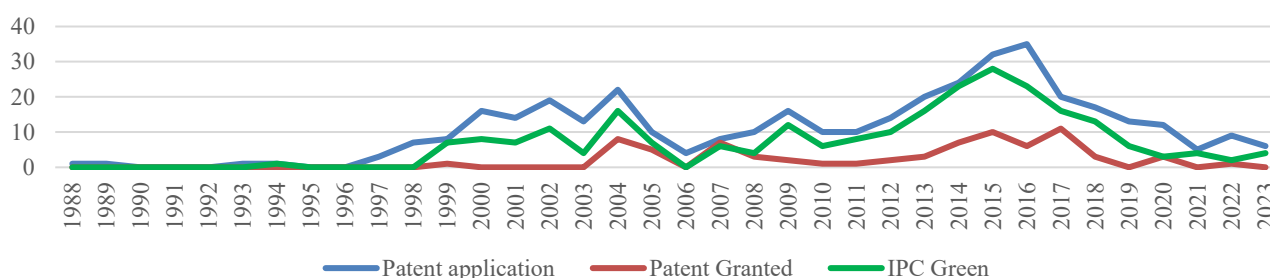
Quadro 2: Depósitos da Embrapa em suas famílias estendidas

País	Nº	País	Nº	País	Nº	País	Nº
Brasil	387	China	95	África do Sul	48	Dinamarca	25
WIPO	235	México	92	Espanha	47	Colômbia	24
Estados Unidos	191	Argentina	88	Alemanha	30	Coreia do Sul	21
União Europeia	144	Canadá	75	Rússia	25	Chile	21
Austrália	117	Japão	48	Portugal	25	Áustria	19

Fonte: Lens.org, 2025.

De modo conclusivo, o volume histórico de depósitos de patentes feitos pela Embrapa que conformam a base de dados aqui analisada, distinguindo aquelas que foram garantidas como patentes e aquelas que atendem aos objetivos da pesquisa com ao menos uma das categorias de aplicação ambientalmente sustentáveis, podem ser observadas no gráfico 1.

Gráfico 1: Patentes aplicadas pela Embrapa (1988-2023)



Source: Lens.org

5. Análise dos resultados

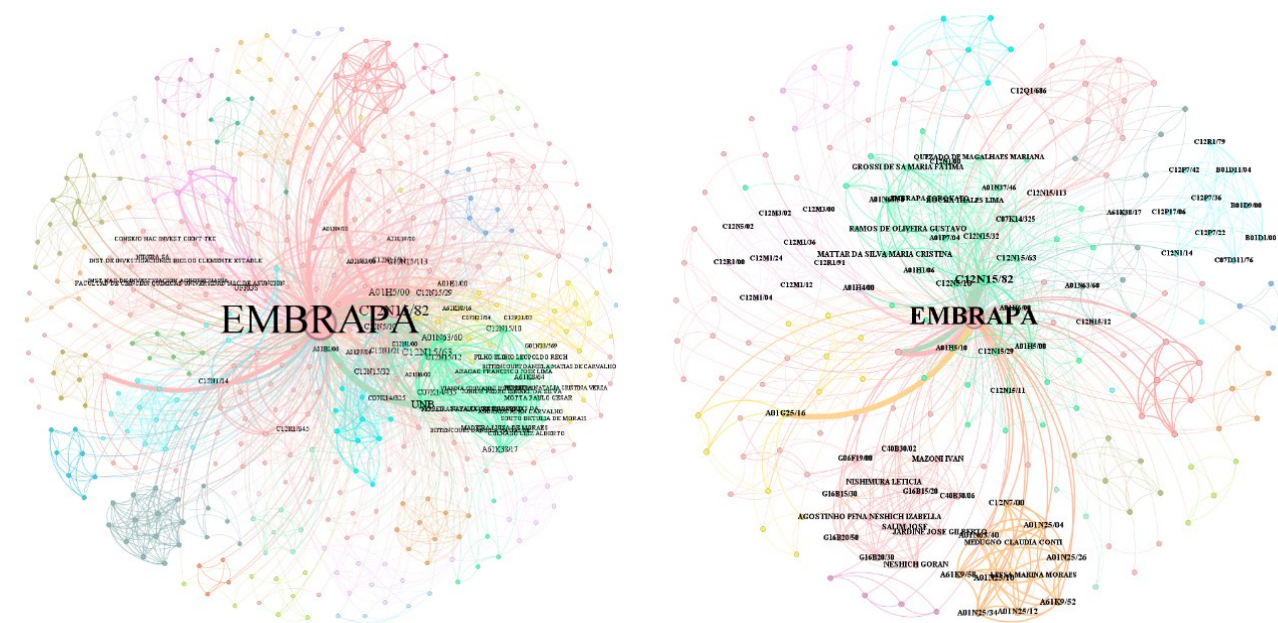
5.1 O papel da Embrapa na construção de redes de conhecimento

A análise geral dos dados, incluindo patentes não ambientalmente sustentáveis, revela que as classificações mais utilizadas pela Embrapa predominam em aplicações ambientalmente sustentáveis. Os conjuntos classificativos principais em ambas as amostras (incluindo não sustentáveis e sustentáveis) repetem os códigos vistos como principais na amostragem sustentável anteriormente detalhada, tais como: C12N, A01H e A01G.

No grupo que considera também as não sustentáveis apenas uma classificação não ambientalmente sustentável aparece em destaque (7 menções), o código A23L, mas essa categoria não é considerada ambientalmente não limpa por gerar poluição e sim por não se relacionar a campos da ciência em que cabem tal classificação, pois trata de preparos alimentícios. As classificações C12Q 1/00, 3/00, G16B e G06F, envolvendo processos de medição e teste, controle responsivo a condições, bioinformática e processamento de dados digitais, também não se aplicam a invenções ambientalmente responsáveis pelo mesmo motivo. As exceções são as patentes D01F, C08K e C05D, que contemplam fabricação de filamentos sintéticos, aparatos para filamentos de carbono e uso de substâncias inorgânicas em fertilizantes, resultando em aplicações não carbono neutras em menos de 5% da amostra.

No geral, grande parte das patentes da Embrapa são verdes ou não se aplicam a categorizações de redução de carbono, com uma pequena parcela vinculada à química inorgânica de origem fóssil. De modo conciso, a distribuição espacial das classificações de patenteamento da Embrapa levando em conta, respectivamente, as patentes não ambientalmente sustentáveis e as patentes sustentáveis, podem ser observadas na figura 3.

Figura 3: Distribuição espacial das classificações de patentes da Embrapa (Geral incluso não verdes e somente verdes)



Fonte: Lens.org

A análise com filtro de componente gigante (Digiampietri, 2014; Lamiuex; Ouimet, 2008; Wasserman; Faust, 2009) mostra que, ao excluir a Embrapa do escopo analítico, a rede permanece coesa, mas 92 nós desaparecem. Isso indica que a Embrapa, ao patentear sozinha, adota classificações de patentes que não utiliza com outros parceiros, ressaltando a necessidade de analisar suas patentes individuais. A exclusão da Embrapa resulta em um aumento de *clusters*, mas as citações e principais IPCs permanecem quase inalterados. Alguns nós perdem relevância, pois são invenções de setores exclusivos da Embrapa, como nas classificações A01G, A01H, D01D e G01N. Exemplos incluem implementos de corte para horticultura, substratos de crescimento, cultivo sem solo, combinações simbióticas de plantas e métodos mecânicos na fabricação de filamentos. Essas classificações apresentam poucos graus de citação, geralmente em uma ou duas patentes na base de dados.

Ademais, a distribuição espacial levou em conta a manutenção da Embrapa como nó central, pois todas as patentes aqui trabalhadas a consideram como inventora.

De modo geral, o quadro 3 dá a devida dimensão do volume patentário depositado pela Embrapa, bem como os principais parceiros da empresa no momento destas publicações. Uma eventual convergência de atores demonstrará que os principais parceiros são também relacionados aos depósitos sustentáveis da firma.

Quadro 3: Instituições que patenteiam junto à Embrapa (1988-2023).

Institution	Partner times	Type	IPC	Number
UNB	59	University	C12N15/82	69
US Agriculture	15	Government	A01H5/00	23
UFRGS	11	University	C12N/	22
Cornell Res Found	9	Firm	A01G25/16	21
UFSCAR	8	University	C12N15/63	19
UFRJ	6	University	C12N15/113	17
Francisco J.L.A	6	Individual	C12N15/29	14
UFPEL	5	University	A01N63/60	14
UNICAMP	5	University	C12N1/14	13
UFPA	4	University	C12N5/10	12
Total	471			

Source: Lens.org

5.2 O papel da Embrapa na construção de redes de conhecimento sustentável

Para alcançar o objetivo desta pesquisa, é fundamental identificar os atores envolvidos com a Embrapa no momento do patenteamento ambientalmente sustentável. Esses dados, encontrados no agregador Lens, mostram uma distribuição detalhada no quadro 4, que lista as dez principais instituições para as patentes de interesse desta pesquisa, as patentes verdes. As colunas seguintes indicam, respectivamente, o número de vezes em que a instituição depositou patente junto à Embrapa como coinventora e o tipo de instituição.

Quadro 4: Instituições que patenteiam junto à Embrapa (verdes) (1988-2023)

Institution	Partner times	Type
UNB	30	University
UFRGS	11	University
US Agriculture	10	Government
Cornell Res Found	8	Firm
Francisco J.L.A	6	Individual
Univ Leuven Kath	4	University
Leopoldo R.F.E	4	Individual
BASF Co.	4	Firm
Fátima G.S.M	3	Individual
Torres LTDA	3	Firm
Total green	245	

Source: Lens.org

Com base nessas informações e considerando os diferentes núcleos de inovação observados pelos distintos IPC, a pesquisa analisará as características das inovações da Embrapa, identificando os setores ambientalmente responsáveis em que inova, a relação entre inovações específicas e os parceiros de patenteamento, e se o comportamento das patentes difere entre universidades, empresas e governos, tanto no âmbito nacional quanto internacional.

Vale ressaltar que os códigos considerados verdes pelo IPC Green Inventory e que fazem parte da nossa amostra são expostos em detalhes no Anexo II deste trabalho.

Para tanto, primeiramente, vamos verificar as relações da Embrapa com distintas universidades e, mais que isso, verificar quais as principais linhas de depósitos patentários que realiza junto a estas instituições.

A Universidade de Brasília (UNB) é a principal parceira da Embrapa, com 30 patentes em conjunto, enquanto outras instituições de Brasília, como a Universidade Católica (UCB) e a União Brasileira de Educação e Cultura (UBEC), também participam, mas sempre vinculadas à UNB. A proximidade geográfica justifica essa parceria estreita, algo que ocorre de modo semelhante com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) que também se destaca com onze patentes, mas trazendo consigo parcerias com instituições de pesquisa internacionais da Argentina, Uruguai e Paraguai. A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Universidade Católica de Leuven (KU Leuven- Bélgica) possuem quatro publicações cada uma junto a Embrapa, e outras universidades e instituições brasileiras e internacionais completam a lista de parceiros.

As patentes se concentram principalmente nas publicações C12 (Bioquímica, Microbiologia, Enzimologia e Engenharia Genética) e A01 (Agricultura, Silvicultura, Pecuária), com ênfase em inovações em engenharia genética, novas técnicas de cultivo e melhorias em biocidas e reguladores de crescimento de plantas.

Para as patentes que representam instituições de governo ou empresas, tanto nacionais quanto internacionais, o maior volume de patentes publicadas em parceria com a Embrapa é do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (10 vezes) e da Cornell Research Foundation, Inc. (8 vezes). A empresa cearense Torres Comércio e Processamento de Produtos Naturais se destaca pela parceria com a Embrapa, embora detalhes dessa colaboração sejam escassos. Outras instituições incluem a Montpellier SupAgro e o CIRAD, vinculados ao Ministério da Agricultura da França, com 11 patentes, e a alemã BASF, com 4 publicações. A BTHEK, da União Química, focada em ativos biológicos para

vacinas, e a mineira Vallée S.A, também figuram como parcerias. Empresas brasileiras como Helix Sementes, Centro de Tecnologia Canavieira, Petrobras, Cooperativa Agropecuária São Gabriel do Oeste e Rieger Irrigação, além do INL de Portugal e do CIAT da Colômbia, completam a lista de parceiros.

Os códigos IPC mais relevantes deste grupo são ligados ao Grupo A01 (64 vezes), com destaque para a categoria N (57 vezes), que envolve biocidas, herbicidas, repelentes e reguladores de crescimento de plantas, principalmente as subcategorias 63 (44 vezes). Também se destacam o grupo C12N (36 vezes), com ênfase em mutação e engenharia genética, e as classificações B01D61/14 e A23L27/12 (6 vezes cada), que abrangem processos de separação de materiais e alimentos, respectivamente.

Neste sentido, de modo geral, há uma inversão das prioridades entre os depósitos de patentes das empresas e das universidades. Enquanto as universidades estão mais focadas no melhoramento genético de plantas e sementes por meio de técnicas avançadas de remanejamento de DNA e RNA, e preocupadas de modo secundário com defensivos agrícolas, novas formas de manejo e agentes biológicos, as empresas e governos que se relacionam com a Embrapa estão buscando melhores defensivos e fertilizantes, colocando o manejo genético em um secundo ranking de prioridade.

Além disso, a base de dados mostra um amplo volume de IPC's que são mencionados uma única vez dentre todas as patentes (51%), o que mostram preocupações muito pontuais com o manejo, irrigação, novas plantas, formas novas de cultivo e novos produtos para proteger plantações, animais e cultivos. Isso indica que firmas e governos se unem à Embrapa atuando em prol de objetivos específicos, que certamente se materializam em necessidades específicas destas empresas, diferentemente do que se observa nas universidades, em que os códigos únicos aparecem, mas em menor proporção frente ao volume de patentes para empresas.

Para o grupo de patentes de instituições nacionais, composto principalmente por universidades, prevalecem as patentes C12N15 (172 vezes), focadas em mutação ou engenharia genética de DNA ou RNA, com destaque para a subcategoria 15/82, que trata da mutação genética em células vegetais (62 vezes). Também se destacam as patentes A01H (57 vezes), voltadas para a reprodução de plantas por técnicas de cultura de tecido, e A01G (31 vezes), relacionadas à horticultura e irrigação de precisão (25/16, 21 vezes).

Uma mudança estrutural de prioridades é observada ao comparar patentes nacionais com internacionais, repetindo a estrutura anterior entre universidades e empresas/instituições governamentais, destacando o domínio de patentes A01N (61% da amostra), que envolvem conservação de corpos, biocidas, herbicidas e reguladores de crescimento. As instituições que colaboram com a Embrapa em cenário internacional aproveitam sua expertise em biocidas, herbicidas e reguladores de crescimento, enquanto as inovações em melhoramento genético são menos demandadas internacionalmente.

Os resultados são devidamente sintetizados no quadro 5 que mostra, além da Embrapa, as outras 10 instituições mais relevantes a depender do grupo em que se enquadram e seu respectivo volume de patentes depositados, junto ao mesmo comportamento aos IPC's encontrados.

Quadro 5: Estrutura geral do depósito de patentes da Embrapa e parceiros por tipo e região

University				Firms and Government				National				International			
Institution	Nº	IPC Code	Nº	Institution	Nº	IPC Code	Nº	Institution	Nº	IPC Code	Nº	Institution	Nº	IPC Code	Nº
EMBRAPA	96	C12N15/82	31	EMBRAPA	46	A01N63/30	10	EMBRAPA	201	C12N15/82	62	EMBRAPA	46	A01N63/30	10
UNB	30	A01H5/00	16	US AGRICULTURE	10	A01N63/27	9	UNB	30	A01H5/00	23	US AGRICULTURE	10	A01N63/27	9
UFRGS	11	C12N15/113	13	CORNELL Foundation	8	C12N15/82	7	UFRGS	9	C12N/	21	CORNELL Foundation	8	C12N15/82	7
UFRJ	4	C12N15/63	11	TORRES LTDA	6	A01N63/25	7	TORRES LTDA	6	A01G25/16	21	SUPERIEURES AGRONOMIQUES	6	A01N63/25	7
UV LEUVEN	4	A01N63/60	11	MONTPELLIER supagro	6	B01D61/14	6	LIMA ARAGAO	6	C12N15/63	17	MONTPELLIER supagro	5	C12N15/14	7
UFPEL	2	C12N15/29	9	BASF	4	A01N63/38	6	RECH FILHO ELIBIO LEOPOLDO	4	C12N15/113	16	UNIV LEUVEN	4	A01N63/38	6
UFOP	2	A23L19/00	7	BTHEK biotecnologia ltda	3	C12N1/14	6	UFRJ	3	A01N63/60	13	BASF	4	B01D61/14	6
FAPEMIG	2	C12N5/10	7	CIRAD_FRA	5	A23L27/12	6	BTHEK Biotecnologia	3	C12N5/10	12	UNIV CARDIFF	3	A23L27/12	6
UFPA	2	C12N15/12	7	VALLEE S A	2	A01N25/08	4	GROSSI DE SA MARIA	3	C12N15/29	12	INST NAC DE INVESTIGACION AGROPECUARIA	2	A01N25/08	4
UNIV MELBOURNE	2	A01H4/00	6	HELIX SEMENTES	2	A01N63/22	3	GIMENEZ ADONAI	3	A01H4/00	11	International Iberian Nanotechnology laboratory-INL	2	A01H6/00	4
CONSEJO NAC INVEST CIENT TEC	2	C12N/	6	Centro de Tecnologia Canavieira	2	C12N15/63	3	MATTAR DA SILVA	3	C12N15/32	10	NIDERA SA	2	A01N63/22	3

Fonte: Lens.org

5.3 As famílias de patentes da Embrapa como forma de reforço à proteção

Na subseção anterior o foco em mostrar como se constroem as redes e parcerias ambientalmente sustentáveis da Embrapa foi devidamente esmiuçado, e dali se verifica que a empresa de fato se interliga com agentes de renome internacional e nacional e muda de modo relevante a maneira como atua a depender do ator com que se relaciona. Esta relação com o ator com que se relaciona também afetará um outro ponto na estrutura desta patente, que se refere às jurisdições em que esta invenção é depositada e formalmente protegida, as chamadas famílias de patentes.

Quando analisamos a família estendida das patentes que simbolizam o grau de proteção adicional que se deseja garantir a determinado invento; o que se observa é que aquelas patentes feitas em conjunto com firmas são as que mais se expandem a outros escritórios de proteção ao redor do globo, especialmente aquelas provenientes de parcerias com grandes firmas internacionais, e na base de dados o caso mais emblemático são os das patentes depositadas junto à BASF que chegam a ser protegidas em 54 jurisdições distintas.

Outro agente altamente expansivo quando se associa à Embrapa é o Ministério da Agricultura do Estados Unidos (USDA) que além de garantir depósitos prioritários na USPTO, ao invés do INPI, tem a característica de realizar depósitos em diversas outras praças ao redor do globo.

Por fim, a Embrapa tende a expandir seus depósitos globais quando atua em seu ramo mais elevado de expertise técnica e tecnológica, seja sozinha ou em parceria com as universidades, tendo as invenções vinculadas a engenharia genética e mutações (C12N15) as famílias mais extensas, chegando a depositar em até 29 jurisdições distintas.

Cabe destacar que é uma característica deste espriamento global se concentrar em países desenvolvidos, muito embora os países dos BRICS expandido e do Mercosul tenham crescente atenção dos depósitos de patentes da Embrapa, sendo comum de 2007 em diante depósitos da Embrapa também na África do Sul, Rússia, China, Argentina e Uruguai.

Conclusões preliminares

Em consonância ao destacado em Hall et al. (2005) se observa que a Embrapa, embora concentre atividades inovativas na agricultura do país, o faz de maneira sistêmica e integrativa aos diferentes anseios e demandas de distintos agentes. A estrutura observada na construção da rede de patentes, identificou uma mudança estrutural relevante quanto a posição das inovações da Embrapa a depender do parceiro que se junta no momento da inovação, algo corroborado pelas explicações de Penteado et al (2014). Os resultados confirmam o papel central da Embrapa nas redes de colaboração para a produção de tecnologias sustentáveis, e a estrutura de colaborações para patentes verdes mostra como a Embrapa interage com diversos atores do sistema de inovação agrícola brasileiro e internacional.

Nacionalmente, o que as patentes verdes nos mostram é um vínculo de complexidade inovativa maior nas relações que a Embrapa tem com as universidades brasileiras, sendo as patentes decorrentes desta relação relacionadas, principalmente, com genotipagem e alterações a nível microscópico nas culturas trabalhadas.

As empresas nacionais se relacionam com a Embrapa, na maioria dos casos, interessadas em resolver problemas inerentes a sua área de atuação ou visando melhorar sua produtividade, buscando inovações de características mais próximas a dos “cultivares”, sejam em incrementos agrícolas ou novas formas de plantio. Inovações de características incrementais.

O comportamento das firmas nacionais se aproxima ao das relações que tem a Embrapa com agentes internacionais, incluindo agências, firmas e universidades, que na quase totalidade dos casos se mostram interessadas em utilizar a expertise da Embrapa e das competências que podem advir dos “cultivares”, mais relacionadas ao aumento da produtividade agrícola no momento da contenção de pragas e melhoramento do solo e de cultivo.

As patentes associadas à Embrapa que envolvem parcerias com grandes empresas, como a BASF, ou com o governo dos Estados Unidos, especialmente via USDA, tendem a formar famílias estendidas com ampla proteção internacional. Essas colaborações favorecem depósitos em múltiplos escritórios, priorizando a USPTO. Além disso, as invenções da Embrapa ligadas à engenharia genética e mutações (C12N15) apresentam forte expansão global em suas famílias estendidas, destacando-se como as mais internacionalizadas fora das parcerias com grandes firmas ou governos estrangeiros.

Ao contrário do esperado, as redes colaborativas, que se constroem através das citações entre patentes, mostram uma proporção relativamente baixa de vínculos com atores internacionais e com outras patentes, inclusive nacionais. Indicativo de inovações fortemente especializadas e regionalizadas e com pouco efeito encadeante globalmente.

Desta forma, o principal resultado desta pesquisa foi conseguir verificar a mudança estrutural significativa das inovações da Embrapa a depender do ator com que se relaciona, sendo inovações mais complexas advindas das relações com os especialistas das universidades nacionais. E uma relação vinculada a ganhos incrementais de produtividade agrícola nas relações com as empresas e instituições nacionais e internacionais que se relacionam com a estatal brasileira.

Referências bibliográficas

- Afia, N.; Purnomo, A.; Maulana, F. I.; Prasetyo, Y. T.; Gumasing, M. J. J.; Rosyidah, E.; Persada, S. F. (2024). Innovations in Social Informatic: A Patent Landscape Review. *Procedia Computer Science*, 234, 1228-1235.
- Alves, E. (2010) Embrapa: um caso bem-sucedido de inovação institucional. *Revista de Política Agrícola* (Número Especial – 150 anos do MAPA), 65-73.
- Barbosa, V. C. R.; Brisola, M. V. (2024) Além dos campos: as prospecções tecnológicas sustentáveis da EMBRAPA para o agronegócio brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 62 (3): e270441.
- Bergier, I.; Santos, P. M.; Oster, A. H. (2021). Scientific collaboration in a multidisciplinary organization revealed by network science. *SN Computer Science*, 2(1), 4.
- Borgatti, S. P.; Everett, M. G.; Johnson, J. C. (2018). *Analyzing Social Networks*. London: SAGE Publications.
- Bonacelli, M. B. M.; Fuck, M. P.; Castro, A. C. (2015) O sistema de inovação agrícola: instituições, competências e desafios do contexto brasileiro. In: Buainain, A.M.; Bonacelli, M. B.M.; Mendes, C.I.C. (Orgs.) *Propriedade*

- intelectual e inovações na agricultura*. Brasília; Rio de Janeiro. CNPq, FAPERJ, INCT/PPED, IdeiaD.
- Brandes, U. (2001). A faster algorithm for betweenness centrality. *Journal of mathematical sociology*, 25(2), 163-177.
- Bound, K. (2008) *Brazil: the natural knowledge economy*. The Atlas of Ideas, CGEE:Brasília.
- Buainain, A.M.; Vieira, A.C.P.; Souza, R.F. (2023) *Propriedade intelectual, royalties e inovação na agricultura* (Controvérsias sobre o papel da PI na agricultura). Rio de Janeiro: Ideia D; INCT-PPED.
- Cabral, L. (2021). Embrapa and the construction of scientific heritage in Brazilian agriculture: Sowing memory. *Development Policy Review*, 39(5), 789-810.
- Campos, M. M.; Guimarães, M. V. A. F.; Ferreira, L. J. A.; Alvares, L. M. A. D. R. (2017). Estudo da rede de colaboração científica em nanotecnologia na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Transinformação*, 29(1), 115-123.
- Negre, C. F. A.; Morzan, U. N.; Hendrickson, H. P.; Pal, R.; Lisi, G. P.; Loria, J. P.; Rivalta, I.; Ho, J.; Batista, V. S. (2018). Eigenvector centrality for characterization of protein allosteric pathways. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. (52): E12201 – E12208.
- Correa, P.; Schmidt, C. (2014). Public research organizations and agricultural development in Brazil: how did Embrapa get it right. *Economic premise*, 145, 1-10. World Bank. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/156191468236982040/pdf/884900BRI0EP1450Box385225B000PUBLIC0.pdf>
- Crestana, S.; De Mori, C. Tecnologia e inovação no agro: algumas tendências, premências e *drivers* de mudanças. In: Buainain, A.M.; Bonacelli, M. B.M.; Mendes, C.I.C. (Orgs.) *Propriedade intelectual e inovações na agricultura*. Brasília; Rio de Janeiro. CNPq, FAPERJ, INCT/PPED, IdeiaD; 2015.
- Cavalcanti, M.; Alves, A. (2020). Inovação aberta na Embrapa: Desafios e oportunidades para a transferência de tecnologia. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 37(2), 1-22. <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2020.v37.26587>
- De'Carli, C. R.; Wehrmann, M. E. S. F. (2007) Embrapa: precursora das parcerias público-privadas no Brasil. *Cadernos de Estudos e Pesquisas* (26).
- de Paula, N., Biscola, P. H. N., Figueiredo, J., Bungenstab, D. J.; Guilhermino, J. D. F. (2017). Network and innovation at the Brazilian agricultural research corporation. *Organizações Rurais e Agroindustriais/Rural and Agro-Industrial Organizations*, 19(3), 192-203.
- Embrapa. (2024). Cooperação Científica: Programa Embrapa Labex. Portal Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cooperacao-cientifica> . Acesso em: 12, mar. 2026
- Embrapa. (2024). Macroprocesso de inovação. Portal Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/macroprocesso-de-inovacao> Acesso em: 12, mar. 2026.
- Figueiredo, P. N.; Cohen, M. (2019). Explaining early entry into path-creation technological catch-up in the forestry and pulp industry: Evidence from Brazil. *Research Policy*, 48(7), 1694-1713.
- Figueiredo, P. N. (2016). New challenges for public research organisations in agricultural innovation in developing economies: Evidence from Embrapa in Brazil's soybean industry. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 62, 21-32.
- Figueiredo, P. (2014) Technological Catch-Up and Indigenous Institutional Infrastructures in Latecomer Natural Resource-Related Industries: An Exploration of the Role of EMBRAPA in Brazil's Soybean and Forestry-Based Pulp and Paper Industries. IRIBA Working Paper: 03, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2498051>
- Filomeno, F. A. (2013). State capacity and intellectual property regimes: Lessons from South American soybean agriculture. *Technology in society*, 35(2), 139-152.
- Fragalle, C. V. P.; Delai, I. (2022). Inovação aberta e sustentabilidade: um estudo do processo de colaboração em projetos de P&D para a descarbonização da pecuária brasileira. Anais do Congresso Latino-Americano de Gestão da Tecnologia.
- Freeman, L. C. (1979). Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification. *Social Networks*, 1(3), 215-239.
- _____. (2009) Methods of Social Network Visualization. *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, 1-17.

- Fruchterman, T. M. J.; Reingold, E. M. (1991). Graph Drawing by Force-Directed Placement. *Software: Practice and Experience*, 21(11), 1129-1164. <https://doi.org/10.1002/spe.4380211102>.
- Fuck, M. P.; Bonacelli, M. B. (2009). Institutions and Technological Learning: Public-Private Linkages in Agricultural Research in Brazil and Argentina. *Journal of technology management & innovation*, 4(2), 33-43.
- Girvan, M.; Newman, M.E. (2002). Community Structure in Social and Biological Networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(12), 7821-7826.
- Hall, A.; Mytelka, L.; Oyeyinka, B. (2005) Innovation systems: Implications for agricultural policy and practice. ILAC Brief 2.
- Ishar, N. I. M.; Harun, M. H. M.; Hanif, A., Mustapha, N. A.; Kusa, R.; Duda, J. (2024). Bibliometric Analysis on Digital Payment Using Lens. org and Vosviewers: A Comparison of Research Between Malaysia and Poland. *Open Research Europe*, 4(191), 191.
- Jackson, M. O. (2010). *Social and Economic Networks*. Princeton: Princeton University Press.
- Kato, H. C. de A.; Luiz, D. de B.; Ayroza, I. F. L. (2023). Desafio e práticas de gestão em projetos de inovação aberta na Embrapa. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.
- Lebdioui, A. (2024). Survival of the greenest: Economic transformation in a climate-conscious world. *Elements in Development Economics*.
- Lens (2024). Patent search. Disponível em: [The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search](https://lens.org/). Acesso em: 20, dez. 2024.
- Lopes, M. A.; Faleiro, F. G.; Ferreira, M. E.; Lopes, D. B.; Vivian, R.; Boiteux, L. S. (2012). Embrapa's contribution to the development of new plant varieties and their impact on Brazilian agriculture. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 12(S2).
- Mazzucato & Penna (2016). *The Brazilian Innovation System: a mission-oriented policy proposal*. CGEE, Brasília.
- Medeiros, D. N.; Souto, V. T. (2019). Vitruvianas tecnológicas: a informação facilitada sobre patentes na web. *Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação*.
- Moreno, J. (1953) *Who Shall Survive? Foundations of sociometry, group psychotherapy and psychodrama*, Beacon House Inc., New York.
- MCTI. Nota metodológica. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/Notas_Metodologicas/Patentes.html#:~:text=as%20patentes%20revelam%20a%20organiza%C3%A7%C3%A3o,inven%C3%A7%C3%A3o%20sobre%20outra; Acesso em: 10, nov. 2025.
- Newman, M. E.; Girvan, M. (2004). Finding and evaluating community structure in networks. *Physical review E*, 69(2), 026113.
- Newman, M. E. (2002). Assortative mixing in networks. *Physical review letters*, 89(20), 208701.
- Newman, M. E. (2008). The mathematics of networks. *The new palgrave encyclopedia of economics*, 2(2008), 1-12.
- Ochoa, F. J. M.; Salinas, G. H.; Martínez, J. C. R.; Leyva, M. A. R. (2024). Evolution and Trends in the Circular Economy: A Meta-Analysis from 2018 to 2024. *Renewable energy, biomass & sustainability*, 6(1), 57-70.
- Outili N; Meniai. A. H. (2023) Patent Mapping and Analysis for Green and Clean Hydrogen Production Technology," *2023 14th International Renewable Energy Congress (IREC)*, Sousse, Tunisia, p. 1-5, doi: 10.1109/IREC59750.2023.10389516.
- Pardey, P.G.; Alston, J. M.; Ruttan, V.W. (2010) *The Economics of Innovation and Technical Change in Agriculture*. In: Arrow, K.J.; Intriligator, M.D. *Handbooks in Economics*. Series. n.02, Elsevier.
- Pardey, P.G.; Alston, J. M.; Piggott, R.R. (2006) (Eds.). *Agricultural R&D in the developing world: Too little, too late?* Washington, DC: International Food Policy Research Institute.

- Penteado, M. I. O.; Fontes, R. R.; Campos, F. A. A.; Euclides Filho, K. (2014) A trajetória do Planejamento da pesquisa na Embrapa. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 31(1), 35-60.
- Pray, C. E. (2001). Public-private sector linkages in research and development: Biotechnology and the seed industry in Brazil, China and India. *American Journal of Agricultural Economics*, 83(3), 742-747.
- Ramalho, M. A. P.; Marques, T. L.; Lemos, R. D. C. (2021). Plant breeding in Brazil: Retrospective of the past 50 years. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 21, e383021S3.
- Ruttan, V. W. (2007) Induced technical and institutional change in tropical agriculture. *International Journal of Agricultural Resources Governance and Ecology*, Vol. 6, No. 2.
- Turazi, C. M. V.; Fernandes, P. C. C.; Faleiro, F. G.; Costa, A. M. (2023). Analysis of collaboration networks for scientific and technological research on passion Fruit. *Ciência Rural*, 54, e20220443.
- Turazi, C. M. V.; Fernandes, P. C. C.; Faleiro, F. G.; Costa, A. M. (2024). Análise das redes de colaboração em ações de pesquisa científica e tecnológica com os maracujás. Encontro de Iniciação Científica da Embrapa Cerrados, 1., 2023, Planaltina, DF. Resumos: jovens talentos 2023 (p. 91-92). Planaltina, DF: Embrapa Cerrados.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2022). Environmentally Sound Technologies (ESTs). UNFCCC. <https://unfccc.int/>
- Vaz, G. J.; Romani, L. A. S.; Meira, C. A. A.; Bettarello, M. M. F.; Massruha, S. M. F. S. (2023). Inovação aberta na geração de tecnologias digitais que apoiam o agricultor. Anais do Congresso Brasileiro de Agroinformática.
- Verspagen, B. (2007). Mapping technological trajectories as patent citation networks: A study on the history of fuel cell research. *Advances in complex systems*, 10(01), 93-115.
- Vieira, F. C.; Bonfim, L. R.; Cruz, A. C. D. (2022). The process of opening innovation networks: open innovation at Embrapa Florestas. *Innovation & Management Review*, 19(2), 123-139.
- Wasserman, S.; Faust, K. (1994). Social Network Analysis: Methods and Applications. Cambridge: Cambridge University Press.
- World Intellectual Property Organization. (2024). International Patent Classification (IPC) Green Inventory. WIPO. <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/green-inventory>
- World Intellectual Property Organization. (2023). International Patent Classification (IPC): General information. WIPO. <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>
- Zhang, L.; Peixoto, T. (2020). Statistical inference of assortative community structures Phys. Rev. Research 2 043271. <https://dx.doi.org/10.1103/PhysRevResearch.2.043271>.

ANEXO I

	Embrapa Geral	No Embrapa	Just Embrapa	Firms and Universities	Governments	National	International
Overview of the graph statistics							
Nodes	457	456	210	291	89	386	106
Edges	2689	2233	934	1832	328	2225	521
Grad	20,228	15,158	15,514	18,389	13,191	19,824	15,019
Density	0,026	0,022	0,043	0,043	0,083	0,03	0,094
Centrality Measures							
In degree centrality	128	50	48	73	13	100	30
Out degree centrality	328	89	161	217	73	285	75
Closeness centralization				1			
Betweenness	0,912	0,199	0,932	0,8609	0,8841	0,8996	0,8797
Network Measures							
Eigenvector	0,0144	0,0238	0,0059	0,0114	0,0012	0,014	0,012
Eccentricity	2	12	2	2	2	2	2
Avarega Path Lenght	1,974	3,828	1,957	1,9565	1,917	1,97	1,906
Clustering measures							
Modularity Newman	0,483	0,727	0,535	0,499	0,49	0,498	0,5161
Modularity Girvan-Newman	0,547	0,704	0,5896	0,546	0,538	0,499	0,5429
Statistical Inference	38	78	26	27	9	23	8
Comunities	30	55	16	19	9	29	8

Fonte: Gephi.

ANEXO II

Tópico	IPC	Há classificações?
ALTERNATIVE ENERGY PRODUCTION		
Bio-fuels		
Solid fuels	C10L 5/00, 5/40-5/48	Não há
Liquid fuels	C10L 1/00, 1/02, 1/14	Sim
	C02F 3/28, 11/04	Sim
Biogas	C10L 3/00	Não há
	C12M 1/107	Sim
	C12P 5/02	Sim
From genetically engineered organisms	C12N 1/13, 1/15, 1/21, 5/10, 15/00	Sim
	A01H	Sim
Integrated gasification combined cycle (IGCC)	C10L 3/00	Não há
	F02C 3/28	Não há
Fuel cells	H01M 4/86-4/98, 8/00-8/24, 12/00-12/08	Sim
Pyrolysis or gasification of biomass	C10B 53/00	Não há
	C10J	Sim
Harnessing energy from manmade waste		Não há
Hydro energy		Não há
Ocean thermal energy conversion (OTEC)	F03G 7/05	Não há
Wind energy	F03D	Não há
Solar energy	F24S	Não há
	H02S	Não há
Geothermal energy	F24T	Não há

Other production or use of heat, not derived from combustion, e.g. natural heat	F24T 10/00-50/00	Não há
Using waste heat	F24V 30/00-50/00	Não há
Devices for producing mechanical power from muscle energy	F03G 5/00-5/08	Não há
TRANSPORTATION		Não há
ENERGY CONSERVATION		Não há
WASTE MANAGEMENT		
Waste disposal	B09B	Não há
Treatment of waste	B65F	Não há
Disinfection or sterilisation	A61L 11/00	Não há
Treatment of hazardous or toxic waste	A62D 3/00, 101/00	Não há
Treating radioactively contaminated material; decontamination arrangements therefor	G21F 9/00	Não há
Refuse separation	B03B 9/06	Não há
Reclamation of contaminated soil	B09C	Não há
Mechanical treatment of waste paper	D21B 1/08, 1/32	Não há
Consuming waste by combustion	F23G	Sim
Reuse of waste materials		
Use of rubber waste in footwear	A43B 1/12, 21/14	Não há
Manufacture of articles from waste metal particles	B22F 8/00	Não há
Production of hydraulic cements from waste materials	C04B 7/24-7/30	Não há
Use of waste materials as fillers for mortars, concrete	C04B 18/04-18/10	Não há
Production of fertilisers from waste or refuse	C05F	Sim
	C08J 11/00-11/28	Sim
	C09K 11/01	Sim
	C11B 11/00, 13/00-13/04	Sim
Recovery or working-up of waste materials	C14C 3/32	Não há
	C21B 3/04	Não há
	C25C 1/00	Não há
	D01F 13/00-13/04	Sim
Pollution control		
Carbon Capture and Storage	B01D 53/14, 53/22, 53/62	Sim
	B65G 5/00	Não há
	C01B 32/50	Não há
	E21B 41/00, 43/16	Não há
	E21F 17/16	Não há
	F25J 3/02	Não há
Air quality management		Não há
Control of water pollution		Não há
AGRICULTURE / FORESTRY		
Forestry techniques	A01G 23/00	Sim
Alternative irrigation techniques	A01G 25/00	Sim
Pesticide alternatives	A01N 25/00-65/00	Sim
Soil improvement	C09K 17/00	Sim
	E02D 3/00	Não há
Organic fertilisers derived from waste	C05F	Sim
ADMINISTRATIVE, REGULATORY OR DESIGN ASPECTS		Não há
NUCLEAR POWER GENERATION		Não há

Source: IPC Green Inventory, 2024.