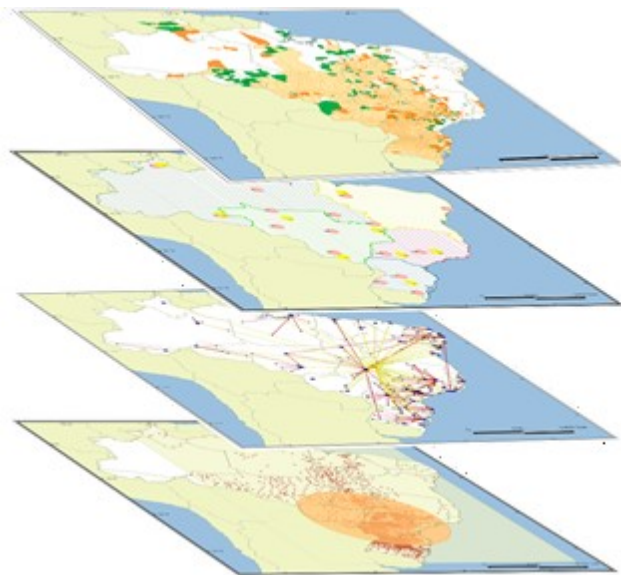


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

DANIELA VIEIRA MARQUES

**ANÁLISE ESPACIAL COMO INSTRUMENTO AVALIATIVO DE INSTITUIÇÕES
DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – BRASIL**



UBERLÂNDIA

2018

DANIELA VIEIRA MARQUES

**ANÁLISE ESPACIAL COMO INSTRUMENTO AVALIATIVO DE INSTITUIÇÕES
DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – BRASIL**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito à obtenção do título de doutora em Geografia.

Área de Concentração: Geografia e Gestão do Território

Linha de Pesquisa: Ensino, Métodos e Técnicas em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rosa

Uberlândia/MG
INSTITUTO DE GEOGRAFIA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M357a Marques, Daniela Vieira, 1976-
2018 Análise espacial como instrumento avaliativo de instituições de
pesquisa agropecuária - Brasil / Daniela Vieira Marques. - 2018.
185 f. : il.

Orientador: Roberto Rosa.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Geografia.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu>.
Inclui bibliografia.

1. Geografia - Teses. 2. Pesquisa agropecuária - Brasil - Teses. 3.
Institutos de pesquisa - Avaliação - Teses. 4. Institutos de pesquisa -
Impactos - Teses. I. Rosa, Roberto. II. Universidade Federal de
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 910.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
Programa de Pós-Graduação em Geografia
DEFESA DE DOUTORADO



DANIELA VIEIRA MARQUES

“ANÁLISE ESPACIAL COMO INSTRUMENTO AVALIATIVO DE
INSTITUIÇÕES DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - BRASIL”.

Professor Doutor Roberto Rosa (Orientador) - UFU

Doutora Graciela Luzia Vedovoto – EMBRAPA - DF

Prof^a. Doutora Patrícia Francisca de Matos – UFG

Prof. Doutor João Cleps Júnior - UFU

Prof. Dr. Jorge Luis Silva Brito – UFU

Data: 02/03 de 2018

Resultado: Aprovado "Com Louvor"

*A minha mãe, Mônica e
ao meu marido, Ronaldo,
pelo apoio incondicional,
pela compreensão e
amor dedicados,
nessa longa caminhada...*

Agradecer...

É o mínimo que se pode fazer diante de tanta generosidade recebida ao longo dessa caminhada que foi o doutorado.

É a necessidade de deixar aqui registrado todos que contribuíram, do seu jeito, para que, ao final do trabalho, eu estivesse assim tão feliz e com a sensação do dever cumprido.

À Deus, pela oportunidade de viver tudo isso e da forma que vivi, recebendo sempre sua proteção e luz que me guiam o tempo todo.

A minha família, e para isso, preciso escrever o nome de cada um, pois todos deram muita força, carinho, e acima de tudo, compreensão durante todo o meu estudo. Então, obrigada minha mãe, Mônica Marques, cujo coração não sei como cabe naquele corpo de um pouco mais de 1,55 m. As minhas irmãs amadas, Ana Paula Marques, Graziella Marques, Maria Marques, que juntas provamos que quanto mais unidas, mais fortes. As minhas grandes pequenas sobrinhas, Julia Marques, Lavínia Gonçalves, Isabella Marques e Naime Erdogmus que, com suas inocências e juventudes, me fizeram rejuvenescer a cada encontro.

Às pessoas que entraram na minha família, Cristiano Alvarenga e Flávio Gonçalves, cunhados, e Rafael Borges, enteado, pelo apoio; à Denise, essa sobrinha-filha-amiga que se tornou uma companheira para todas as horas. E, ao meu querido marido, Ronaldo Borges, pelo amor, carinho e compreensão, por estar a mais de 400 quilômetros de distância, mas de coração unido.

Às amigas que fiz no Laboratório de Geoprocessamento: Patrícia Rezende, Lisiane Mendes, Mirna Karla, Dimaris Gómez, Dhulia Alves, Antônio Santiago, Tatiana Prudente, que me deram a chance de participar de seus trabalhos e com isso aprender mais sobre geografia e geoprocessamento. Agradeço ainda mais especialmente à Patrícia Rezende pela sua amizade sincera e leal e, não só pelas contribuições brilhantes ao meu trabalho, como também ao apoio moral nas horas de dúvidas e ao companheirismo nos momentos de descontração.

Às amigas que me esperam retornar à cidade de Brasília, que adotei como minha casa: Rosana Guiducci, Juliana Leite e Mirian Souza, pelo incentivo e empurrãozinho para fazer o doutorado, do qual tinha tanto medo, mas, que hoje, foi completamente transformado em realização. Obrigada amigas cacheadas.

Ao apoio do meu orientador, professor Roberto Rosa, por ter me dado a liberdade necessária para construir essa tese.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, vinculado ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, cujo reconhecimento pela comunidade científica nacional e internacional, me permitiu realizar com sucesso o curso de doutorado.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), empresa em que tenho orgulho de trabalhar e que me proporcionou todos os meios para que pudesse ficar afastada durante esses quatro anos, na busca pelo aperfeiçoamento profissional e pessoal.

Enfim, a vontade é dar os presentes mais preciosos desse mundo a cada uma das pessoas que estiveram comigo nessa jornada, mas, como isso não é possível, ofereço o que tenho de mais preciso em mim, o meu sincero, honesto, humilde e amoroso:

muito obrigada...

A humildade é realmente sábia para o analista espacial!
"Humility is indeed wise for the spatial analyst!"
(Bailey and Gatrell 1995, tradução nossa)

RESUMO

Avaliar é um processo fundamental para o contínuo desenvolvimento de instituições. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar por meio da análise espacial o impacto institucional de centros de pesquisa agropecuário. A motivação para o desenvolvimento deste trabalho está na busca por agregar às metodologias de avaliação de impactos comumente existentes (econômica, social e ambiental), um novo olhar sobre a realidade das instituições de pesquisa. Para isso foi feita uma contextualização do processo de modernização da agricultura e do surgimento e disseminação das instituições de pesquisa agropecuárias pelo país, cujo resultado mostrou que esses processos caminharam juntos e se influenciaram mutuamente. Em seguida foi elaborada a metodologia para avaliar o impacto espacial das instituições de pesquisa denominada GeoImpacto, que foi aplicado em três diferentes centros de pesquisa da Embrapa, com dados de 2015, que resultou na observação de importantes impactos dos centros em suas áreas de atuação, mas que mostrou também necessidade de melhorar a forma de atuação de cada um junto ao seu público alvo, aos parceiros e na geração e disseminação de tecnologias. Por fim foi apresentada outras possibilidades de avaliação espacial do impacto, por meio da análise pontual de eventos, tomando como exemplo a soja e sua interação com as instituições de pesquisa que tem esse produto em suas linhas de pesquisa. Foram escolhidos cinco métodos para aplicação nos dados: padrões pontuais, centro médio desvio padrão da elipse, cluster e proximidade. Cada uma dessas técnicas se mostrou importante e complementar na construção do conhecimento acerca da interação soja-instituições de pesquisa e ajudou a confirmar que há uma intensa concentração de ambos os eventos pontuais estudados (soja e instituições de pesquisa). Por outro lado, também há uma distribuição desses eventos por grande parte das regiões brasileiras, bem como uma importante interação entre a soja e as instituições de pesquisa em soja. A avaliação de impactos, de qualquer temática, é um processo importante para instituições que precisam demonstrar à sociedade os resultados de suas pesquisas. Dessa forma, o aprimoramento desse tipo de análise com a inclusão de outros vieses, como é o caso da análise espacial, melhora os resultados da avaliação gerado e abre novas perspectivas para enxergar o papel dessas instituições na sociedade. A metodologia proposta foi o primeiro passo para esse novo olhar sobre os centros de pesquisa agropecuária.

Palavras – chave: análise espacial, instituições de pesquisa agropecuária, avaliação de impacto, padrões de eventos pontuais, software livre.

ABSTRACT

Evaluate is a fundamental process for the continuous development of institutions. In this way, the objective of this study was evaluated through the spatial analysis of the institutional impact of agricultural research centers. The motivation for the development of this work is in the search to aggregate to the methodologies of evaluation of commonly existent impacts (economic, social and environmental), a new look at the reality of research institutions. For this, a contextualization of the process of modernization of agriculture and dissemination of agricultural research institutions by the country was done, whose results showed that these processes walked together and influenced each other. Next, the methodology was developed to evaluate the spatial impact of research institutions called GeoImpacto, which was applied in three different research centers of Embrapa, with 2015 data. This methodology resulted in the observation of important impacts of the centers in their areas of activity, but also showed the need to improve the way each one works with its target audience, its partners and the generation and dissemination of technologies. Finally, other possibilities of spatial assessment of impact were presented, through the punctual analysis of events, taking as an example the soybean and its interaction with the research institutions that have this product in its lines of research. Five methods were chosen for application in the data: punctual patterns, medium center, standard deviation of the ellipse, cluster and proximity. Each of these techniques proved to be important and complementary in the construction of knowledge about the interaction between soybean-research institutions and helped confirm that there is an intense concentration of both punctual events studied (soybean and research institutions). On the other hand, there is also a distribution of these events in most of the Brazilian regions, as well as an important interaction between soybean and soybean research institutions. The impact assessment, of any subject, is an important process for institutions that need to demonstrate to society the results of their research. In this way, the improvement of this type of analysis with the inclusion of other biases, as is the case of spatial analysis, improves the results of the evaluation generated and opens new perspectives to see the role of these institutions in society. The proposed methodology was the first step towards this new look on agricultural research centers.

Keywords: spatial analysis, agricultural research institutions, impact assessment, punctual event patterns, free software.

RESUMEN

Evaluar es un proceso fundamental para el continuo desarrollo de las instituciones. De esta manera, el objetivo del presente estudio fue evaluar a través del análisis espacial, el impacto institucional de los centros de investigación del área agropecuaria. La motivación para el desarrollo de este trabajo está en la adición de metodologías de evaluación de impactos comúnmente existentes (económicos, sociales y ambientales), que den una nueva perspectiva sobre la realidad de las instituciones de investigación. Para ello fue realizada una contextualización del proceso de modernización de la agricultura y del surgimiento y diseminación de las instituciones de investigación agropecuaria en todo el país, cuyo resultado mostró que son procesos conjuntos con influencia mutua. Seguidamente, fue elaborada la metodología para evaluar el impacto espacial de las instituciones de investigación denominada GeoImpacto, que fue aplicada en tres centros de investigación diferentes de Embrapa, con datos de 2015, que resultó en la observación de importantes impactos de los centros en sus áreas de actuación, no obstante, fue mostrada también la necesidad de mejorar la forma de actuación de cada uno, conjuntamente con el público a atender, a los socios y en la generación y diseminación de tecnologías. También fueron presentadas otras posibilidades de evaluación espacial de impacto, por medio del análisis puntual de eventos, tomando como ejemplo la soya y su interacción con los centros de investigación que tienen ese rubro dentro de su área de acción. Fueron escogidos cinco métodos para la aplicación de los datos: patrones puntuales, centro medio desvío del patrón de la elipse, cluster y proximidad. Cada una de esas técnicas se mostró importante y complementaria en la construcción del conocimiento acerca de la interacción soya-instituciones de investigación, y ayudó a confirmar que hay una intensa concentración de ambos eventos estudiados puntualmente (soya e instituciones de investigación). Por otra parte, también hay una distribución de esos eventos por gran parte de las regiones brasileras, así como una relevante interacción entre la soya y los centros de investigación de la soya. La evaluación de impactos, de cualquier temática es un proceso importante para las instituciones que necesitan demostrar a la sociedad los resultados de sus investigaciones. De esta forma, el perfeccionamiento de este tipo de análisis con la inclusión de otros sesgos, como es el caso del análisis espacial, mejora los resultados de la evaluación generada y abre nuevas perspectivas para visualizar el papel de ese tipo de instituciones en la sociedad. La metodología propuesta fue el primer paso para brindar esa nueva perspectiva sobre los centros de investigación agropecuaria.

Palabras claves: análisis espacial, instituciones de investigación agropecuaria, evaluación de impacto, patrones de eventos puntuales, software libre.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Componentes de um SIG	26
FIGURA 2 – Exemplo de insumos agropecuários, com dados de produção de calcário (em mil toneladas), máquinas agrícolas (em unidade) e quantidade de fertilizantes entregues ao consumidor final (em mil toneladas).....	28
FIGURA 3 – Dados por tipo de utilização da terra (em hectares), e por tipo de efetivo animal (em cabeças), dos Censos Agropecuários – 1970/2006	29
FIGURA 4 – Balança comercial total versus balança comercial do agronegócio brasileiro, no período de 1997 a 2017, em US\$ bilhões.....	31
FIGURA 5 – Participação do Brasil no mercado internacional de commodities agrícolas (soja, milho e algodão) dos cinco maiores produtores, nas safras 2013/2014 a 2015/2016.	32
FIGURA 6 – Financiamento rural com dados da aplicação de recursos nas safras 1999/2000 a 2016/2017	33
FIGURA 7 – Classes de uso e cobertura das terras do Cerrado, em 2013	45
FIGURA 8 – Estimador de intensidade de distribuição de pontos.....	51
FIGURA 9 – Distribuição das instituições de pesquisa por região brasileira	56
FIGURA 10 – Indicadores da metodologia de referência para avaliação de impactos sociais de tecnologias da Embrapa.....	68
FIGURA 11 – Indicadores da metodologia de referência para avaliação de impactos sociais de tecnologias da Embrapa.....	68
FIGURA 12 – Indicadores da metodologia de referência para avaliação de impactos sociais de tecnologias da Embrapa.....	69
FIGURA 13 – Indicadores da metodologia de referência para avaliação de impactos sociais de tecnologias da Embrapa.....	69
FIGURA 14 – Escala de avaliação contínua do método AHP	73
FIGURA 15 – Avaliação pareada dos critérios (linha em relação a coluna)	73
FIGURA 16 – Etapas na construção do índice de impacto espacial das instituições de pesquisa agropecuária.....	76
FIGURA 17 – Procedimentos na aplicação do método AHP.....	79
FIGURA 18 – Passos a passo para determinação dos pesos estatísticos executados no plugin Easy AHP	79
FIGURA 19 – Construção do índice para avaliação do impacto espacial da instituição de pesquisa	82
FIGURA 20 – Passos a serem seguidos para construção do índice final na calculadora raster	83
FIGURA 21 – Escala de avaliação contínua do método AHP	93
FIGURA 22 – Ponderação dos critérios por variável da Embrapa Cerrados (CPAC).....	97
FIGURA 23 – Histograma dos dados do índice de impacto espacial de instituições de pesquisa (GeoImpacto CPAC)	109
FIGURA 24 – Ponderação dos critérios, por variável, da Embrapa Hortaliças (CNPH).....	113
FIGURA 25 – Histograma dos dados do índice de impacto espacial de instituições de pesquisa, GeoImpacto da Embrapa Hortaliças (CNPH)	125
FIGURA 26 – Ponderação dos critérios, por variável, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen).....	129

FIGURA 27 – Histograma dos dados do Índice de impacto espacial de instituições de pesquisa, GeoImpacto da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen)	143
FIGURA 28 – Padrões de agregação espacial de pontos	153
FIGURA 29 – Análise do agrupamento de pontos usando a estimativa de G, por meio do método do vizinho mais próximo, estimado para (A) área colhida de soja (2015) e para (B) instituições de pesquisa de soja (2015).....	154
FIGURA 30 – Esquema de distribuição de pontos (A e C) e dos respectivos, raio padrão (B) e desvio padrão da elipse (D)	159
FIGURA 31 – Representação dos padrões de agregação de eventos pontuais	160
FIGURA 32 – Demonstração da função vizinho mais próximo concentrado e regular.....	161
FIGURA 33 – Representação do raio e gráfico aplicados na Função K de Ripley.....	162
FIGURA 34 – Instrumentos para clusterização disponíveis no menu Complementos (QGis)	162
FIGURA 35 – Principais diferenças entre os mapas de Kernel e de Proximidade	165
FIGURA 36 – Superfícies de proximidade geradas para grupos de pontos, linhas ou polígonos	165
FIGURA 37 – Comparativo entre as áreas produtoras de soja em número de município, por estado, entre 1975 a 2015	169

LISTA DE MAPAS

MAPA 1 – Distribuição dos financiamentos agrícola e pecuário concedidos a produtores e cooperativas, por região e estado em 2017.....	34
MAPA 2 – Evolução do efetivo bovino pelo território brasileiro (1974 – 2016)	37
MAPA 3 – Evolução da área colhida de soja no território brasileiro (1970 – 2016).....	39
MAPA 4 – Evolução da área colhida de milho no território brasileiro (1970 – 2016)	41
MAPA 5 – Distribuição dos usos antrópico e natural no Cerrado brasileiro, em 2013	44
MAPA 6 – Instituições de Pesquisa Agropecuária ligadas ao SNPA criadas no Brasil entre 1887 e 2015	47
MAPA 7 – Estimativa de densidade das instituições de pesquisa do SNPA no Brasil entre 1887 e 2015	54
MAPA 8 – Rede de instituições do SNPA no Brasil entre 1887 e 2015.....	55
MAPA 9 – Localização dos centros de pesquisa da Embrapa no Brasil.....	89
MAPA 10 – Localização da Embrapa Cerrados (CPAC).....	96
MAPA 11 – Índice de concentração da variável ações sociais por público-alvo (CPAC).....	98
MAPA 12 – Índice de concentração da variável ações sociais por tipo de ação (CPAC).....	99
MAPA 13 – Índice de concentração da variável parceria por tipo de instituição (CPAC)	101
MAPA 14 – Índice de concentração da variável parceria por tipo de ação (CPAC)	102
MAPA 15 – Índice de concentração da variável tecnologia (CPAC)	103
MAPA 16 – Índice de importância da Embrapa Cerrados (CPAC).....	106
MAPA 17 – Índice de concentração do conjunto dos produtos: soja, milho, mandioca e bovinos	107
MAPA 18 – Índice de impacto espacial de instituições de pesquisa (GeoImpacto CPAC)...	110
MAPA 19 – Localização da Embrapa Hortaliças (CNPH)	112
MAPA 20 – Índice de concentração da variável ações sociais por público-alvo (CNPH)	114

MAPA 21 – Índice de concentração da variável ações sociais por tipo de ação (CNPH)	115
MAPA 22 – Índice de concentração da variável parceria por tipo de instituição (CNPH)....	116
MAPA 23 – Índice de concentração da variável parceria por tipo de ação (CNPH)	117
MAPA 24 – Índice de concentração da variável tecnologia (CNPH)	119
MAPA 25 – Índice de importância da Embrapa Hortaliças (CNPH).....	121
MAPA 26 – Índice de concentração dos produtos: batata, alho, cebola, tomate e melancia .	123
MAPA 27 – Índice espacial de impacto de instituições de pesquisa, GeoImpacto da Embrapa Hortaliças (CNPH)	126
MAPA 28 – Localização da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen)	128
MAPA 29 – Índice de concentração da variável ações sociais por público-alvo (Cenargen)	131
MAPA 30 – Índice de concentração da variável ações sociais por tipo de ação (Cenargen).	132
MAPA 31 – Índice parcial de concentração da variável parceria por tipo de instituição (Cenargen).....	133
MAPA 32 – Índice de concentração da variável Parceria por tipo de ação	134
MAPA 33 – Índice de concentração da variável tecnologia (Cenargen)	136
MAPA 34 – Índice de importância da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen).....	139
MAPA 35 – Índice de concentração do conjunto dos produtos soja, milho, feijão, algodão e bovinos	140
MAPA 36 – Índice de impacto espacial de instituições de pesquisa, GeoImpacto da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen)	144
MAPA 37 – Localização das áreas produtoras de soja no Brasil entre 1975 a 2015	168
MAPA 38 – Centro médio das áreas produtoras de soja em 2015 e das instituições de pesquisa em soja.....	171
MAPA 39 – Centro médio ponderado da quantidade produzida de soja em 2015 (ton.) em relação ao centro médio das instituições de pesquisa.....	173
MAPA 40 – Desvio padrão da elipse em relação à área colhida de soja em 2015 (ton.) e às instituições de pesquisa	175
MAPA 41 – Cluster em relação a área colhida (ha) de soja em 2015 e as instituições de pesquisa	178
MAPA 42 – Proximidade das áreas colhidas de soja (A) em 2015 e das instituições de pesquisa (B).....	180

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Instituições de Pesquisa Agropecuária ligadas ao SNPA por data de criação...	48
TABELA 2 – Valores de IR para matrizes quadradas de ordem n.....	74
TABELA 3 – Exemplo de critérios/variáveis para aplicação do AHP.....	77
TABELA 4 – Matriz de Comparação Pareada	79
TABELA 5 – Relação das variáveis disponíveis com seus respectivos critérios.....	91
TABELA 6 – Avaliação pareada dos critérios (linha em relação a coluna).....	93
TABELA 7 – Avaliação pareada das variáveis (linha em relação a coluna) do CPAC	104
TABELA 8 – Variáveis e respectivos pesos para a Embrapa Cerrados.....	104
TABELA 9 – Ranking dos municípios com os dez maiores índices de concentração dos produtos soja, milho, mandioca e bovinos, organizados por região, dados de 2015.....	108

TABELA 10 – Avaliação pareada das variáveis (linha em relação a coluna)	120
TABELA 11 – Variáveis e respectivos pesos para a Embrapa Hortaliças	120
TABELA 12 – Ranking dos municípios com os dez maiores índices de concentração dos produtos batata, alho, cebola, tomate e melancia, organizados por região, dados de 2015 ...	124
TABELA 13 – Avaliação pareada das variáveis (linha em relação a coluna) do Cenargen ..	137
TABELA 14 – Variáveis e respectivos pesos para a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen).....	137
TABELA 15 – Ranking dos municípios com os dez maiores índices de concentração dos produtos soja, milho, feijão, algodão e bovinos, organizados por região, dados de 2015	141
TABELA 16 – Síntese comparativa dos índices gerados para os centros de pesquisa investigados	145
TABELA 17 – Tipos de análise espacial e seus respectivos dados, exemplos e problemas..	149
TABELA 18 – Ranking dos dez primeiros municípios produtores de soja em 1975 e 2015.	174
TABELA 19 – Total das instituições de pesquisa em soja criadas, por período, nas regiões brasileiras.....	176

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Escolas tradicionais da geografia diretamente relacionadas à análise geoespacial	24
QUADRO 2 – Procedimentos e respectivas ferramentas para aplicação da estimativa de Kernel	52
QUADRO 3 – Opções de ferramentas para conversão de arquivos vetoriais para raster	78
QUADRO 4 – Preparação e organização dos dados	92
QUADRO 5 – Procedimentos e respectivas ferramentas para aplicação do método AHP	93
QUADRO 6 – Procedimentos e respectivas ferramentas para elaboração do índice de concentração	94
QUADRO 7 – Procedimentos e respectivas ferramentas para aplicação do método AHP	95
QUADRO 8 – Procedimento para verificação do tipo de agrupamento de um conjunto de pontos	153
QUADRO 9 – Procedimentos para geração do centro médio de um conjunto de pontos.....	155
QUADRO 10 – Procedimentos para geração do centro médio ponderado de um conjunto de pontos	157
QUADRO 11 – Procedimento para construção da elipse por meio do desvio padrão	159
QUADRO 12 – Procedimento para identificação de um cluster usando algumas ferramentas disponíveis no QGis	163
QUADRO 13 – Procedimento para geração do mapa de proximidade usando algumas ferramentas disponíveis no QGis.....	166

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
1. O PAPEL DAS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA NA MODERNIZAÇÃO DO CAMPO E A CONTRIBUIÇÃO DA GEOGRAFIA ENQUANTO CIÊNCIA DO ESPAÇO	22
Considerações iniciais	22
1.1. Caracterização geral do papel da geografia na análise geoespacial e da importância do papel do Estado na modernização da agricultura.....	22
1.1.1. A análise geoespacial e o papel da geografia.....	23
1.1.2. A participação do Estado no desenvolvimento da agricultura brasileira	27
1.1.3. O papel das instituições de pesquisa agropecuária no Brasil.....	46
1.2. Materiais e métodos	50
1.3. Resultados e discussão.....	53
Considerações finais	56
Referências	57
2. ÍNDICE ESPACIAL DE IMPACTO INSTITUCIONAL: CONTRIBUINDO PARA O PROCESSO MULTIDIMENSIONAL DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS.....	62
Considerações iniciais	62
2.1. A avaliação de impactos e os procedimentos metodológicos.....	63
2.1.1. A avaliação de impactos na Embrapa	67
2.1.1. Procedimentos metodológicos	70
2.2. Materiais e métodos	71
2.2.1. Materiais e <i>softwares</i>	72
2.2.2. Métodos.....	72
2.3. Proposta metodológica para avaliação espacial de impacto de instituições de pesquisa agropecuária.....	75
2.3.1. Índice de importância das atividades desenvolvidas pelas instituições de pesquisa: aplicação do método AHP.....	77
2.3.2. Índice de concentração dos produtos finais das instituições de pesquisa: aplicação da normalização dos dados	80
2.3.3. Índice de Impacto Espacial das Instituições de Pesquisa (GeoImpacto)	81
Considerações finais	83
Referências	84

3. ÍNDICE ESPACIAL DE IMPACTO INSTITUCIONAL: RESULTADOS E ANÁLISE	88
Considerações iniciais	88
3.1. Caracterização da Embrapa	88
3.2. Materiais e métodos	90
3.3. Resultados e discussão	95
3.3.1. Centro de pesquisa ecorregional: metodologia aplicada a Embrapa Cerrados	95
3.3.2. Centro de pesquisa de produto: metodologia aplicada a Embrapa Hortaliças	111
3.3.3. Centro de pesquisa em temas básicos: metodologia aplicada à Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.....	127
3.3.4. Uma abordagem geral sobre o GeoImpacto nos centros de pesquisa da Embrapa	145
Considerações finais	145
Referências	146
4. ANÁLISE ESPACIAL PARA A COMPREENSÃO DA INTERAÇÃO ENTRE SOJA E AS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA AGROPECUÁRIA	148
Considerações iniciais	148
4.1. Caracterização das áreas e objetos de estudo.....	150
4.2. Materiais e métodos	151
4.2.1. Materiais utilizados	151
4.2.2. Métodos de análise espacial de eventos pontuais	152
4.3. Resultados e discussão	167
Considerações finais	181
Referências	182
CONCLUSÕES	184

Avaliar é um processo fundamental para o contínuo desenvolvimento de qualquer tipo de instituição. Esse tipo de instrumento pode ser usado tanto para autoconhecimento quanto para apoiar decisões relacionadas à gestão e ao planejamento de novas ações da instituição. Além disso, permite medir o nível de abrangência de sua atuação no meio em que atua, avaliando o impacto dos produtos desenvolvidos que chegam à sociedade.

Diante disso, o processo de avaliação de impactos é um instrumento de diagnóstico de uma realidade que se quer investigar, e pode ser utilizado com diversas finalidades (levantamento de informações, satisfação do cliente/usuário/beneficiário, abrangência da empresa/informação etc.) como também para diferentes tipos de análise (planejamentos, investimentos, parcerias etc.).

Os resultados alcançados pela avaliação de impacto geram um rol amplo de novos conhecimentos acerca de produtos, recursos, instituições dentre outros tipos de eventos avaliados, bem como informações relevantes sobre a outra parte envolvida no processo, os clientes/usuários/beneficiários.

A adoção de processos avaliativos por instituições, especificamente aquelas voltadas à pesquisa agropecuária, como será demonstrado ao longo desta pesquisa, tem sido uma estratégia importante. Primeiro, por auxiliar planejamentos futuros, tendo como base os resultados dos estudos avaliativos, que também oferecem subsídios para a prestação de contas dos investimentos feitos na pesquisa junto aos órgãos de fomento. Segundo, por disponibilizar um aprendizado sobre todo o contexto de geração, transferência e adoção de tecnologias. Devido à importância desse processo e à abrangência de sua aplicação, há inúmeras metodologias para avaliar impactos, desde as mais simples até as mais complexas.

Esse tem sido o caso da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), fundada em 1973, cuja missão atual é “viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira”, conforme estabelecido em seu plano diretor vigente entre os anos de 2014 e 2034 (EMBRAPA, 2015, p. 8). A Empresa tem buscado diagnosticar dos impactos causados pela adoção de suas tecnologias, voltadas a oferecer alternativas tecnológicas para agropecuária brasileira.

A escolha dessa instituição está intimamente relacionada com a experiência profissional da pesquisadora deste estudo, associada à importância da Embrapa no cenário nacional e internacional, tanto no meio rural, quanto no científico e acadêmico. Como geógrafa e trabalhando na equipe de avaliação de impactos na empresa, a pesquisadora observou uma lacuna bem como uma oportunidade de expandir o processo de avaliação de impactos de tecnologias, realizado na instituição, incorporando uma nova dimensão de análise. Além do mais, na Empresa há um processo muito bem sistematizado de coleta de informações, que são armazenadas em diversos tipos de sistemas internos, e muitas vezes não há espaço de divulgação desse tema para a sociedade nos meios de comunicação atualmente existentes. O Balanço Social da Embrapa¹, mais seus sites, programas (tv, rádio, internet), informativos, dentre outros, é uma exceção.

Normalmente as avaliações de impactos, quando adotadas, podem ser unidimensionais e, neste caso, priorizam-se os impactos econômicos, ou multidimensionais, englobando, além dos fatores econômicos, também os impactos sociais e ambientais.

Abordagens de cunho espacial, apesar da importância estratégica, têm sido pouco contempladas nos estudos de avaliação de impactos. Nesse quesito a geografia, enquanto ciência que estuda o espaço e as relações que nele se processam, oferece um referencial teórico que ajuda tanto na identificação de indicadores mais espacializados, como também no direcionamento das análises dos resultados gerados, além de fornecer os instrumentais (métodos e técnicas) para a construção dessas análises.

A busca por incorporar aos processos de avaliação de impactos a análise espacial vem da necessidade de oferecer ao pesquisadores e gestores a possibilidade de não só estudar pura e simplesmente a localização de determinado evento, mas de estabelecer as mais diversas e complexas relações espaciais entre os aspectos investigados.

É promissora essa associação da abordagem geográfica, por meio da análise espacial de dados geográficos ao processo de avaliação de impactos, tendo em vista que esse trabalho se propõe a agregar à metodologia comumente usada (avaliação de impactos

¹ O Balanço Social é um instrumento de comunicação social e *marketing* usado por empresas para demonstrar os resultados alcançados no ano cumprindo sua parcela de responsabilidade social e de divulgação dos produtos gerados. No caso da Embrapa, é um recurso utilizado para apresentar à sociedade não só os resultados alcançados nas diversas áreas de atuação da empresa, como também os impactos econômicos, sociais e ambientais das tecnologias geradas e adotadas. (MARQUES e PENTEADO FILHO, 2014). Mais informações sobre essa publicação elaborada anualmente desde 1987, podem ser encontradas no site www.bs.embrapa.br.

econômica, social e ambiental) uma nova perspectiva de investigação dos impactos institucionais, via análise espacial de indicadores.

Portanto, a contribuição da ciência geográfica ao referencial metodológico já existente permitirá um aprofundamento da avaliação multidimensional dos impactos gerados pela Embrapa, por meio de uma análise de seus centros de pesquisa.

O desenvolvimento deste estudo busca aliar à análise multidimensional existente novos elementos provenientes de outra ciência, o que pode trazer contribuições importantes para ampliar o rol de metodologias de avaliação de impactos. Além disso, fornece mais informações acerca do tipo de impacto que determinado centro de pesquisa, com sua diversidade de estudos e ações, pode gerar e é capaz de transferir para a sociedade.

O conhecimento sobre os impactos provenientes da instalação e do funcionamento de uma instituição no espaço é muito importante, pois tais impactos passam a ser mensurados, qualificados, descritos e analisados de forma clara e padronizada. A avaliação desses efeitos permitiria divulgar os resultados não só para o mundo acadêmico, mas também para a comunidade (governos, prefeituras e produtores) onde está inserida a instituição, gerando assim novas possibilidades de parcerias e acordos no desenvolvimento de novos projetos e fortalecimentos dos já existentes.

Além de permitir saber quais parcerias e acordos têm repercussões econômicas e sobre o conhecimento para todos os envolvidos no processo, a análise espacial dos impactos possui implicação geopolítica, pois os resultados das avaliações fornecem ao governo local elementos para promover ou redirecionar as políticas de desenvolvimento local, por exemplo, com a indicação geográfica de algum produto.

Dessa forma, os resultados derivados desta pesquisa poderão ampliar as análises a respeito dos centros da Embrapa, fornecendo informações sobre a importância dessa atuação para as comunidades locais e o estreitamento nas relações de inclusão tecnológica.

A partir do momento em que se propõe ampliar as metodologias de avaliação multidimensionais de impactos e também incluir o centro de pesquisa em si como objeto de análise, busca-se aprimorar os resultados gerados e a partir deles fornecer subsídios para novas pesquisas. Soma-se a isso a possibilidade de redefinir os rumos de pesquisas existentes, de modo a minimizar efeitos negativos e maximizar os benefícios transferidos à sociedade.

Ao final do estudo espera-se obter produtos que colaborem tanto para o avanço da ciência quanto para o desenvolvimento de instituições que buscam aprimorar suas práticas avaliativas. Nesse contexto, a discussão proposta no primeiro capítulo acerca das instituições de pesquisa busca relançar um olhar sobre o papel dessas instituições no desenvolvimento do campo e suas consequências.

O segundo produto compreende uma metodologia voltada para avaliar os impactos institucionais pelo viés espacial dos centros de pesquisa. O terceiro refere-se aos resultados da aplicação dessa nova metodologia, avaliando os impactos de três tipos de centros da Embrapa, os ecorregionais, os de produtos e os de temas básicos. Por fim, último produto abrange outras aplicações diferentes da análise espacial, envolvendo instituições de pesquisa agropecuária e seus produtos.

Dessa forma atende-se ao objetivo principal proposto, que é avaliar por meio da análise espacial o impacto institucional de centros de pesquisa agropecuário.

A fim de atingir esse objetivo foi traçado o caminho para ratificar a hipótese levantada no início do estudo: a de que as instituições de pesquisa agropecuária, como é o caso da Embrapa por meio de seus centros de pesquisa, promovem transformações no espaço não só por meio dos produtos desenvolvidos como também de instrumentos de disseminação tecnológica.

Visando verificar tal hipótese e assim atingir o objetivo principal desta tese, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- apresentar panoramas da modernização da agricultura e da criação de instituições de pesquisa, bem como de sua influência no processo de desenvolvimento do meio rural;
- desenvolver metodologia para avaliação espacial de impactos institucionais aplicável a diferentes tipos de centros de pesquisa agropecuária;
- aplicar a metodologia desenvolvida em três tipos de centros de pesquisa da Embrapa diferentes;
- apresentar técnicas de análise espacial de padrões pontuais aplicadas a dados agropecuários, buscando entender a interação soja-instituições de pesquisa.

Transformaram-se os objetivos propostos em seções, que foram padronizadas, visando um bom entendimento de todos os conteúdos apresentados, e organizadas em: “considerações iniciais”, seguidas pelos itens desenvolvidos na seção, os “materiais e métodos” utilizados para alcançar o objetivo específico, “resultados e discussão”, breves “considerações finais” e as referências utilizadas. A opção por esse formato da tese, no

entendimento da autora, atende a profundidade dos temas abordados e torna mais fácil, dinâmica e independente a leitura de todo o trabalho desenvolvido.

Finalizando, será apresentada a conclusão de todo o trabalho, abordando e agregando os temas tratados, com vistas a apresentar um panorama sobre o estudo desenvolvido com o intuito de apontar perspectivas para aprofundamento desta pesquisa ou elaboração de novas possibilidades de análise.

1. O PAPEL DAS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA NA MODERNIZAÇÃO DO CAMPO E A CONTRIBUIÇÃO DA GEOGRAFIA ENQUANTO CIÊNCIA DO ESPAÇO

Considerações iniciais

A atuação do Estado para promover a modernização do campo ocorre de diversas formas e sob a influência de diversos atores. Um desses importantes atores para o processo de modernização são as instituições de pesquisa, que, por meio dos estudos realizados e da geração de tecnologias, conseguem levar desenvolvimento ao campo. Analisar a modernização do campo pela perspectiva da atuação de instituições de pesquisa é uma tarefa desafiadora, e a geografia, enquanto ciência que estuda o espaço e suas transformações, apresenta um rol de possibilidades investigativas, como é o caso da análise espacial.

A atualidade das discussões a respeito da modernização da agricultura está na busca por agregar novas, ou reformuladas, perspectivas ao tema. Diante dessa questão, é importante salientar que o enfoque da atuação do Estado e da participação de instituições públicas de pesquisa ajuda a mostrar como foi se processando a incorporação da modernidade ao meio rural e os reflexos disso no Brasil como um todo.

Por essa razão, o objetivo deste estudo é apresentar panoramas da modernização da agricultura e da criação de instituições de pesquisa, bem como sua influência no processo de desenvolvimento do meio rural.

Para tanto, esta seção se divide na caracterização da análise geoespacial e da intervenção do Estado na modernização da agricultura, temas básicos tratados no primeiro item. No segundo, expõem-se os materiais e métodos que ajudaram a definir as técnicas e metodologias a serem usadas no entendimento do terceiro item, as transformações que se deram no espaço a partir da atuação das instituições de pesquisa. Por último, as considerações finais e as referências utilizadas.

1.1. Caracterização geral do papel da geografia na análise geoespacial e da importância do papel do Estado na modernização da agricultura

Visando a construção do conhecimento a respeito do tema proposto, o texto deste item foi estruturado da seguinte forma: inicia-se com uma caracterização geral do papel da geografia na análise geoespacial, ciência que não só fornece o arcabouço teórico para

entendimento dessa relação entre modernização da agricultura, função do Estado e criação das instituições de pesquisa agropecuária, mas também contribui com os instrumentais e técnicas para tais análises, como é o caso do geoprocessamento e suas derivações. Em seguida investigam-se a importância da agricultura no desenvolvimento do país e a relevante participação do Estado para o desenrolar desse processo no Brasil.

1.1.1. A análise geoespacial e o papel da geografia

A geografia é uma das ciências que torna o espaço conhecido, como enfatiza Santos (2012). Esse fato que decorre de um vasto arcabouço teórico já reunido sobre o tema e outros relacionados, como também se relaciona à tecnologia disponível atualmente. Tecnologia que vai além do avanço tecnológico dos computadores e *softwares*, pois permite o desenvolvimento de análises espaciais, associando teoria à prática, e a disseminação dos conhecimentos gerados para o mundo, devido ao maior acesso à internet.

As possibilidades de trabalhos envolvendo análise geoespacial são inúmeras e permeadas pela interdisciplinaridade. Alguns exemplos de aplicação dessa abordagem são:

- a) na área ambiental, para preservação de áreas protegidas (DAHER, et al., 2013) e análise do processo de desmatamento (OLIVEIRA, et al., 2015);
- b) no planejamento urbano, para identificação de áreas adequadas à instalação de aterro sanitário (SPERB, et al., 2010);
- c) na saúde, para o estudo de casos de dengue (CAVALCANTE, et al., 2013) e da evolução temporal da incidência do câncer (FREITAS, 2010);
- d) na agricultura, para atender a agricultura familiar (COSTA et al., 2002), bem como a aplicação de sistema webgis para análise geoespacial da agricultura na região de Matopiba (LEITE et al., 2014), além de análises geoespaciais de culturas anuais e suas dinâmicas no bioma Cerrado (AGROSATÉLITE, 2015), dentre outros.

Os estudos utilizando a análise geoespacial na geografia começaram a partir do surgimento da escola locacional, que passou a encarar o fenômeno não apenas em si próprio, mas pertencendo a um arranjo espacial com métricas e padrões específicos. O Quadro 1, baseado nos estudos de Ferreira (2014), mostra de forma resumida algumas características das escolas tradicionais da geografia que influenciaram essa abordagem.

QUADRO 1 – Escolas tradicionais da geografia diretamente relacionadas à análise geoespacial

Escolas da geografia	Principais características	Padrão metodológico
Diferenciação espacial	<ul style="list-style-type: none"> - A utilização dos verbos: ‘descrever’, ‘interpretar’ e ‘ordenar’ caracteriza muito bem essa escola, que apresentava a superfície terrestre de forma precisa e racional. - É sinônimo da escola corológica, pois o conhecimento é construído a partir do método geográfico de diferenciação e integração areal, no qual os objetos são descritos a partir de sua distribuição desigual sobre a superfície. - As pesquisas são conduzidas a partir de estudos de caso. 	Abordagem descritiva
Paisagem	<ul style="list-style-type: none"> - Os aspectos visíveis do espaço e o modo de percebê-lo distinguem essa escola das demais. - Busca-se a articulação dos elementos geográficos uns com os outros. - Nos estudos realizados há uma preocupação em diferenciar os elementos das paisagens natural e cultural. 	Abordagem qualitativa
Ecológica	<ul style="list-style-type: none"> - Os trabalhos são realizados levando em consideração a relação entre o homem e a terra ou entre a sociedade e o meio ambiente. - O homem é visto como parte do meio e sofre influência desse meio no processo de ocupação. - Essa escola tem ligação com o determinismo ambiental e a influência do ambiente no homem. 	Abordagem relacional
Locacional	<ul style="list-style-type: none"> - A geometria é a base dessa escola e estabelece que o espaço deve ser visto a partir da análise dos padrões e arranjos espaciais acerca da distribuição relativa dos objetos. - A geografia é tida como a ciência da localização e da distribuição espacial. - A dependência espacial é um dos paradigmas mais importantes nos estudos realizados. 	Abordagem analítico-quantitativa

Fonte: FERREIRA (2014). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Para a análise geoespacial se concretizar de fato na ciência geográfica foi necessário associar aos estudos dos fenômenos, das relações homem-meio, sociedade-natureza, paisagens natural e cultural, a métrica e os padrões. A partir da escola locacional foram incorporadas às pesquisas a investigação da dependência e a interdependência espacial, averiguadas a partir dos arranjos geométricos e da verificação de padrões, possibilitando trabalhar com generalizações e com a construção de modelos espaciais, como ressalta Ferreira (2014).

Dessa forma, a definição de análise geoespacial usada neste trabalho pode ser resumida em um conceito que:

tem como ênfase mensurar propriedades e relacionamentos, levando-se em consideração a localização geográfica do fenômeno em estudo de forma explícita. A análise espacial pode ser definida como uma técnica que busca descrever os padrões existentes nos dados espaciais e estabelecer,

preferencialmente de forma quantitativa, os relacionamentos entre as diferentes variáveis geográficas. (SILVA et al., 2015, p. 160).

Complementando a definição proposta por Silva et al. (2015), importa ressaltar que a análise geoespacial é constituída por temas fundamentais, como propõe Gatrell (apud FERREIRA, 2014) em seus estudos, quais sejam: a) arranjo espacial – padrão locacional dos objetos, materializados por pontos, linhas e áreas; b) processos espaço-tempo – modelagem dos fenômenos oriundos de arranjos e interações espaciais, mediados ou não pelo tempo; c) predição espacial – modelar arranjos espaciais futuros e construir cenários com base na evolução espaço-temporal.

Quanto aos instrumentos para operacionalizar todo o processo de análise geoespacial, podem ser encontrados no geoprocessamento que

consiste no uso de ferramentas computacionais para tratamento e análise de dados geográficos. O conjunto dessas ferramentas, integrado em Sistemas de Informação Geográfica (SIGs ou GIS na sigla em inglês), permite analisar e cruzar dados oriundos de diversas fontes, facilitando a extração de informação e a tomada de decisão. (TÔSTO, et al., 2014: 94).

O uso do termo “geoprocessamento” para qualificar a forma de uso e tratamento dos dados espaciais se deve ao seu caráter mais abrangente. Além disso, engloba, de acordo com Rosa (2009), as técnicas necessárias para o devido diagnóstico de informações espaciais, como coleta, armazenamento, tratamento e uso integrado dessas informações.

Inserido no geoprocessamento está o Sistema de Informação Geográfica (SIG), terminologia que tem sido mais comumente utilizada por agregar às técnicas mencionadas outros parâmetros que conferem maior especificidade às análises, como a determinação de sua aplicação e o envolvimento da instituição como um todo, com seus recursos técnicos e humanos. Portanto, SIG

é um conjunto de ferramentas computacionais compostos de equipamentos e programas que, por meio de técnicas, integra dados, pessoas e instituições de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a disponibilização, a partir de dados georreferenciados, de informação produzida por meio das aplicações disponíveis, visando maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisão relativas ao espaço geográfico. (ROSA, 2009, p. 252).

Os sistemas de informação são aliados importantes no conhecimento daquilo que se quer estudar uma vez que torna essa tarefa mais simples e organizada. Congregam diferentes tipos de ferramentas que permitem realizar diversas ações interativas entre

dados, os quais são originados de distintas fontes e podem ser manuseados por vários tipos de usuários. Com isso, esses sistemas geram a possibilidade de inúmeros tipos de informação, dependendo dos objetivos propostos.

De acordo com Rosa (2009), a utilização do SIG para estudos espaciais oferece vantagens, tais como: a) redução da subjetividade devido à automação dos processos por meio de métodos e técnicas bem definidos; b) rapidez no processamento das informações devido à organização de um banco de dados; c) facilidade de atualização tanto de técnicas quanto de informações; e, por fim, d) diversidade de resultados que podem ser gerados a partir de cruzamentos e espacialização dos dados. A Figura 1 esboça os componentes de um SIG.

FIGURA 1 – Componentes de um SIG



Fonte: Imagem retirada do site: <<http://image.slidesharecdn.com/121217sigferrovia2-121220093835-phpapp01/95/sistemas-de-informao-geografica-aplicados-rede-ferrovia-11-638.jpg?cb=1355996667>> em 17 de março de 2016.

Ao representar os diferentes componentes do SIG (Figura 1) – rede, *software*, dados, procedimentos, *hardwares* e pessoas –, interligados, mostra-se que todos os elementos são importantes de igual maneira. Não basta ter boas e avançadas tecnologias (equipamentos e *softwares*) se não são coletados dados confiáveis ou se a parte humana não domina os procedimentos. Por essa razão, as vantagens de utilizar um SIG em qualquer tipo de trabalho são inúmeras.

Dessa forma, a análise espacial de um fenômeno ou de um problema espacialmente distribuído por meio do SIG permite “incorporar o espaço à análise que se deseja fazer” (DRUCK et al., 2004, p. 22). E mais, “a análise espacial pode ser usada para avançar nos objetivos da ciência, revelando padrões que não haviam sido previamente reconhecidos e que fornecem pistas sobre generalidades e leis ainda desconhecidas.” (LONGLEY et al., 2013, p. 353).

Pensar apenas na melhor ferramenta não é suficiente, assim como pensar na melhor teoria ou no melhor método isoladamente não trará os resultados desejados. A integração é necessária quando se trata de uma análise geoespacial e a ciência geográfica oferece os arcabouços necessários para tal.

O próximo item aborda o processo de modernização da agricultura no Brasil, tema já bastante discutido na geografia e que servirá de base para a condução das análises espaciais desenvolvidas neste estudo.

1.1.2. A participação do Estado no desenvolvimento da agricultura brasileira

O processo de desenvolvimento da agricultura brasileira está intimamente relacionado a participação efetiva do Estado na modernização agrícola no Brasil e, o caso do Cerrado, é um exemplo dessa intervenção estatal no campo. Essas duas temáticas, a modernização da agricultura e o exemplo do Cerrado são os assuntos abordados a seguir.

A modernização da agricultura

O meio rural tem passado por grandes transformações, principalmente no que tange à modernização, pois, como ressalta Almeida, “a modernização agrícola está ligada à transformação da produção em *commodities*, alterando os mercados agrícolas internacionais e as culturas locais tradicionais.” (2011, p. 16)

Essa transformação de mais produtos agrícolas em *commodities*, ou seja, o processo de modernização do campo, de acordo com Teixeira (2005), começa a acontecer mais intensamente no Brasil a partir da década de 1950, acentuando-se nas décadas seguintes principalmente nas regiões Sul e Sudeste e, posteriormente, espalhando-se para outras regiões do país.

Para a ocorrência desse processo modernizador foi necessária a mudança na base tecnológica vigente, com entrada de novas variedades agrícolas muito mais produtivas, intensificação do uso de agrotóxicos, fertilizantes, máquinas e implementos agrícolas, além do uso de novas técnicas de cultivo e irrigação. A motivação para tal avanço vem da Revolução Verde, que já vinha ocorrendo em países asiáticos como Indonésia e Filipinas, e da adoção de modelos de modernização agrícola, como euro-americano e o japonês, como ressalta Romeiro (1998).

No caso brasileiro, a modernização da agricultura acompanhou essa onda ocorrida internacionalmente, a partir das décadas de 1960 e 1970, ajudada pela forte intervenção

do Estado, por meio de ações políticas, econômicas e de incentivo a pesquisa. Para Matos e Pessoa (2011, p. 291) a modernização “só foi possível no contexto de uma conjuntura política em que o Estado foi o condutor, por meio de investimentos em pesquisas científicas, com a criação de órgãos como a EMBRAPA, programas e créditos agrícolas”.

As mudanças na organização do campo também se deram devido à competição entre grandes multinacionais do setor agrícola. Essas empresas, ao comandarem o processo de modernização, impuseram uma concorrência desigual aos agricultores locais, o que levou a transformações nas questões sociais, tanto no acesso e na manutenção das terras, devido ao predomínio dos grandes latifúndios, quanto na organização do trabalho rural.

Esse processo é impulsionado pela intensa inserção do capitalismo no campo, com maior utilização de maquinários, técnicas e sementes melhoradas, assim como aconteceu em outros lugares do mundo. Conforme ressalta Aguiar (1986), duas características assinalam esse período da modernização: “o aprofundamento das relações mercantis e ampliação do uso de inovações técnicas.” (p. 76). A Figura 2, mostra, um retrato recente desse investimento em alguns insumos muito utilizados para intensificar ainda mais o processo de modernização no país.

FIGURA 2 – Exemplo de insumos agropecuários, com dados de produção de calcário (em mil toneladas), máquinas agrícolas (em unidade) e quantidade de fertilizantes entregues ao consumidor final (em mil toneladas)



Fonte: ABRACAL (2018); ANFAVEA (2018); ANDA (2018). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

O uso de insumos, de maneira geral, ao longo dos períodos analisados, manteve uma tendência de aumento no meio rural. Dos insumos produzidos no Brasil, calcário teve uma alta significativa, de 47%, entre 1998 a 2016, bem como a quantidade de toneladas de fertilizantes entregues ao consumidor final, que subiu 43%, nesse mesmo período.

A produção de máquinas agrícolas sofreu o maior acréscimo, 62% no número de unidades produzidas, em dezoito anos. Todos esses dados só reforçam a tese de que o país

aderiu completamente à modernização da agricultura e que continua caminhando para intensificar ainda mais esse processo.

O resultado da intervenção capitalista no Brasil proporcionou uma reviravolta no meio rural, pois houve a necessidade de um grande aumento na produção agropecuária (Figura 3), não só para atender o mercado interno, como também o externo com as principais *commodities* agrícolas. Isso levou a um incremento considerável das exportações do setor primário (Figura 4).

Os dados apresentados na Figura 3 são oriundos dos Censos Agropecuários de 1970 a 2006 e mostram com clareza a evolução ocorrida no campo brasileiro a partir do processo de modernização iniciado na década de 1950.

FIGURA 3 – Dados por tipo de utilização da terra (em hectares), e por tipo de efetivo animal (em cabeças), dos Censos Agropecuários – 1970/2006



Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 1970/2006 (BRASIL, 2015: p. 32). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018). Nota: (1) lavouras incluem: culturas permanentes, temporárias, cultivo de flores, hidroponia e plasticultura, viveiros de mudas, estufas de plantas e casas de vegetação e forrageiras para corte; (2) pastagens incluem as naturais e as plantadas (degradadas e em boas condições); (3) matas e/ou florestas naturais compreendem aquelas destinadas à preservação permanente ou reserva legal, as florestas com essências florestais e as áreas florestais também usadas para lavouras e pastoreio de animais; (4) as aves incluem galinhas, galos, frangas e frangos e estão apresentadas em mil cabeças.

A utilização da terra foi mensurada em três tipos: lavouras, pastagens e matas e florestas. As terras utilizadas para lavouras permanentes, temporárias e cultivo de flores, inclusive hidroponia e plasticultura, viveiros de mudas, estufas de plantas e casas de vegetação e forrageiras para corte, obtiveram a maior alta entre os três, com mais de 55% no período de 1970 a 2006, passando de quase 34 milhões de hectares cultivados para mais de 76 milhões de hectares. Esse bom desempenho pode ser atribuído à modernização agrícola, como ressaltado anteriormente.

Seguindo de perto esse aumento da agricultura estão as terras reservadas para matas e/ou florestas naturais, usadas para fins de preservação permanente ou reserva legal, florestas com essências florestais e áreas florestais usadas para lavouras e pastoreio de animais (espaços que também tiveram significativo acréscimo, cerca de 42%).

Tal intensificação da preservação, nesse período de 36 anos entre um censo e outro, pode estar relacionada à lei que instituiu o Código Florestal no Brasil, Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965, a qual dispunha sobre a proteção da vegetação nativa. A tendência é que esse item referente a matas e florestas, nos próximos censos, continue em alta, reflexo do novo Código Florestal, estabelecido pela lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

Quanto à produção do efetivo animal, ou seja, animais que são propriedade de exploração agrícola bem como os criados sob contrato pela exploração, representados por bovinos, suínos e aves, os dados mostram que houve aumentos importantes em dois desses tipos (bovinos e aves).

Na produção de suínos ocorreu certa estabilidade ao longo do período. Percentualmente, a maior alta foi na produção de aves, com mais de 1,2 trilhão de cabeças, segundo o Censo agropecuário de 2006, o que representa um acréscimo de 83% em relação ao Censo de 1970 (BRASIL, 2015).

Outro efetivo animal importante para a pecuária brasileira, com cerca de 170 milhões de cabeças produzidas em 2006, os bovinos superaram em 54% a marca de 1970, contribuindo para o bom desempenho da balança comercial do agronegócio do Brasil, como será visto mais adiante.

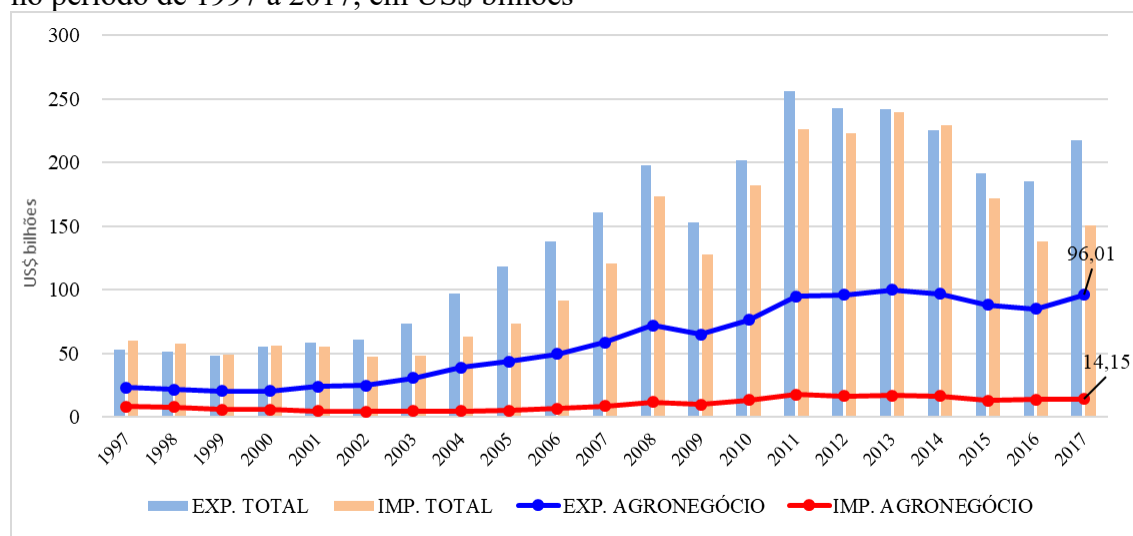
Todos os dados apresentados referentes ao aumento da produção de gêneros agropecuários têm importantes reflexos na balança comercial brasileira.

A participação do agronegócio² na economia brasileira tem sido bem expressiva, como se nota na Figura 4, que mostra um comparativo entre os totais das exportações e importações do país em relação aos totais exportados e importados apenas pelo setor agrário.

² O significado de agronegócio vem do final da década de 1950, em uma definição feita pelos autores John Davis e Ray Goldberg e mencionada nos trabalhos de Mendonça (2015), Cruvinel (2009), Nakano et al. (2007) dentre outros. Pode ser resumido da seguinte forma: “agronegócio é a soma de todas as cadeias produtivas desde a produção e distribuição de insumos até a comercialização de alimentos, fibras e energia. Ou seja, é um conjunto de atividades que está intimamente ligado a todos os setores da economia e da sociedade” (NAKANO et al., 2007, p. 4).

Em relação às exportações, no agronegócio houve aumento de 76% entre 1997 e 2017, perfazendo um acréscimo de mais 72 bilhões de dólares na balança comercial num prazo de vinte anos. A participação do agronegócio no total das exportações brasileiras representou em 2017 cerca de 44%, ou seja, pouco mais de 96 bilhões de dólares. A média de participação desse setor nas vendas ao mercado externo em todo o período analisado gira em torno de 40%.

FIGURA 4 – Balança comercial total versus balança comercial do agronegócio brasileiro, no período de 1997 a 2017, em US\$ bilhões



Fonte: AgroStat Brasil a partir de dados da Secex/MDIC (BRASIL, 2018).

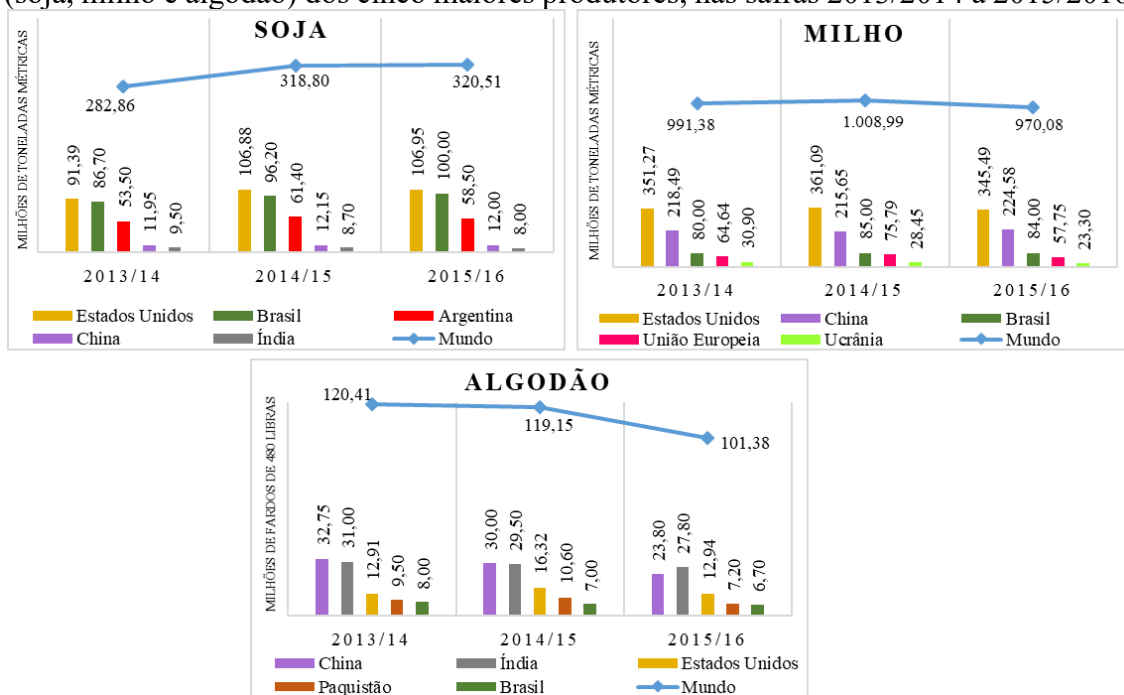
Já no total das importações brasileiras, a atuação do agronegócio caiu ao longo do mesmo período, de 14% para 9%, que foi também a média de queda na série histórica.

Quanto à participação do Brasil no mercado internacional de *commodities* agrícolas, observa-se que nas principais culturas o país apresenta bom desempenho, como pode ser visto na Figura 5.

Os exemplos de *commodities* na figura, ajudam a ilustrar a relevância do setor agrícola brasileiro na produção mundial de diversos cultivos. Para os anos apresentados, safras 2013/2014 a 2015/2016, o Brasil aparece entre os cinco maiores produtores mundiais.

Dos itens analisados na figura, o destaque está na produção de soja, cuja participação brasileira no mercado mundial corresponde a 31% (safras 2013/2014 e 2015/2016), conferindo ao país o segundo lugar entre os maiores produtores, atrás dos Estados Unidos em apenas 1% (nessas duas últimas safras).

FIGURA 5 – Participação do Brasil no mercado internacional de *commodities* agrícolas (soja, milho e algodão) dos cinco maiores produtores, nas safras 2013/2014 a 2015/2016.



Fonte: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2016). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018). Os dados referentes aos anos de 2014/2015 são preliminares e os indicados para 2015/2016 são projetados.

No caso das produções de milho e algodão, a participação do país é menor, mas importante, uma vez que figura entre os cinco maiores produtores mundiais. A previsão para a safra 2015/2016 mostra que o Brasil vai responder por 9% da produção total de milho no mundo e por 7% da de algodão, ficando em terceiro e quinto lugar, respectivamente, no *ranking* final.

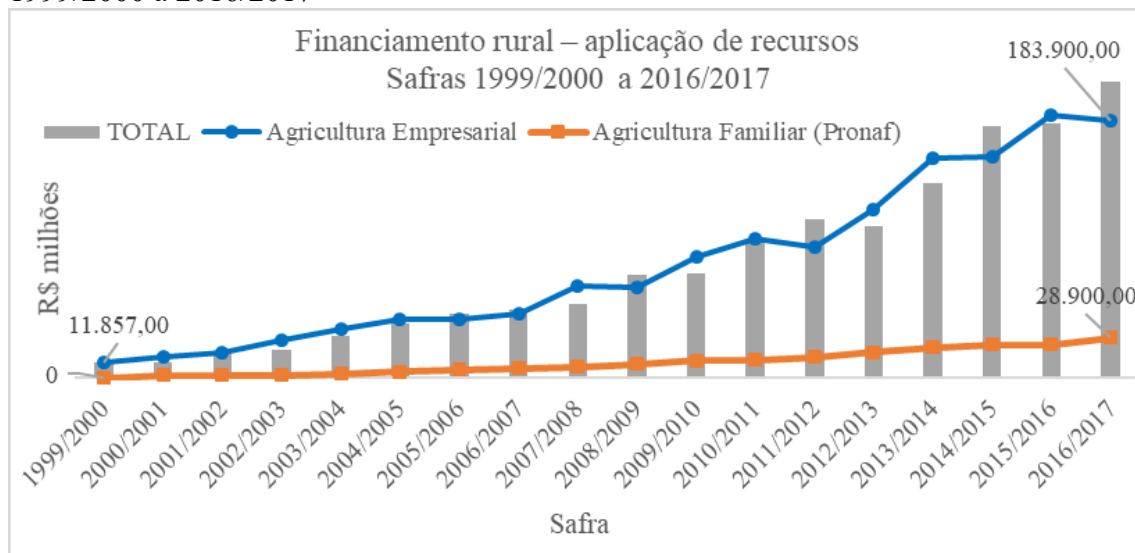
O bom desempenho do setor agrícola no país se deve também ao papel do governo na estruturação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), em 1965. As décadas de 1960 e 1970 foram o marco dos investimentos do governo nesse setor, buscando sua modernização e, como consequência, incentivando a expansão da fronteira agrícola e o crescimento da produção de grãos.

A Figura 6 apresenta a distribuição dos financiamentos do governo entre agricultura empresarial e familiar. Esses dados, baseados em recursos aplicados em custeio, comercialização e investimento, se referem a um período mais atual safras 1999/2000 a 2016/2017, mas dão uma ideia de como tem sido a alocação dos recursos nesse período quanto ao financiamento rural promovido pelo SNCR.

Os recursos totais aplicados na agricultura aumentaram, no período de dezoito anos da série analisada, em 94%, passando de quase 12 milhões de reais na safra 1999/2000 para mais de 183 milhões de reais em 2016/2017. Já a distribuição na aplicação

desses recursos sempre foi desigual, pois privilegiou a agricultura empresarial em detrimento da familiar. Em todo o período analisado, os recursos destinados à agricultura empresarial sempre representaram mais de 85% em relação ao total dos recursos alocados para a agricultura familiar.

FIGURA 6 – Financiamento rural com dados da aplicação de recursos nas safras 1999/2000 a 2016/2017



Fontes: Registro Comum de Operações Rurais (Recor); Sistema de Operações do Crédito Rural (Sicor); Banco Central do Brasil (Bacen); Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES); Banco do Brasil (BB), Banco do Nordeste (BNB); Banco da Amazônia (Basa); Banco Cooperativo do Brasil (Bancoob); e Sistema de Crédito Cooperativo (Sicredi) (BRASIL, 2017, p. 10-18). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018). Nota: dados referentes aos recursos aplicados entre julho de um ano e junho do ano seguinte, incluindo custeio, comercialização e investimento. Para a safra 1999/2000 não foram encontrados arquivos de dados mensais. Pronaf é o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar.

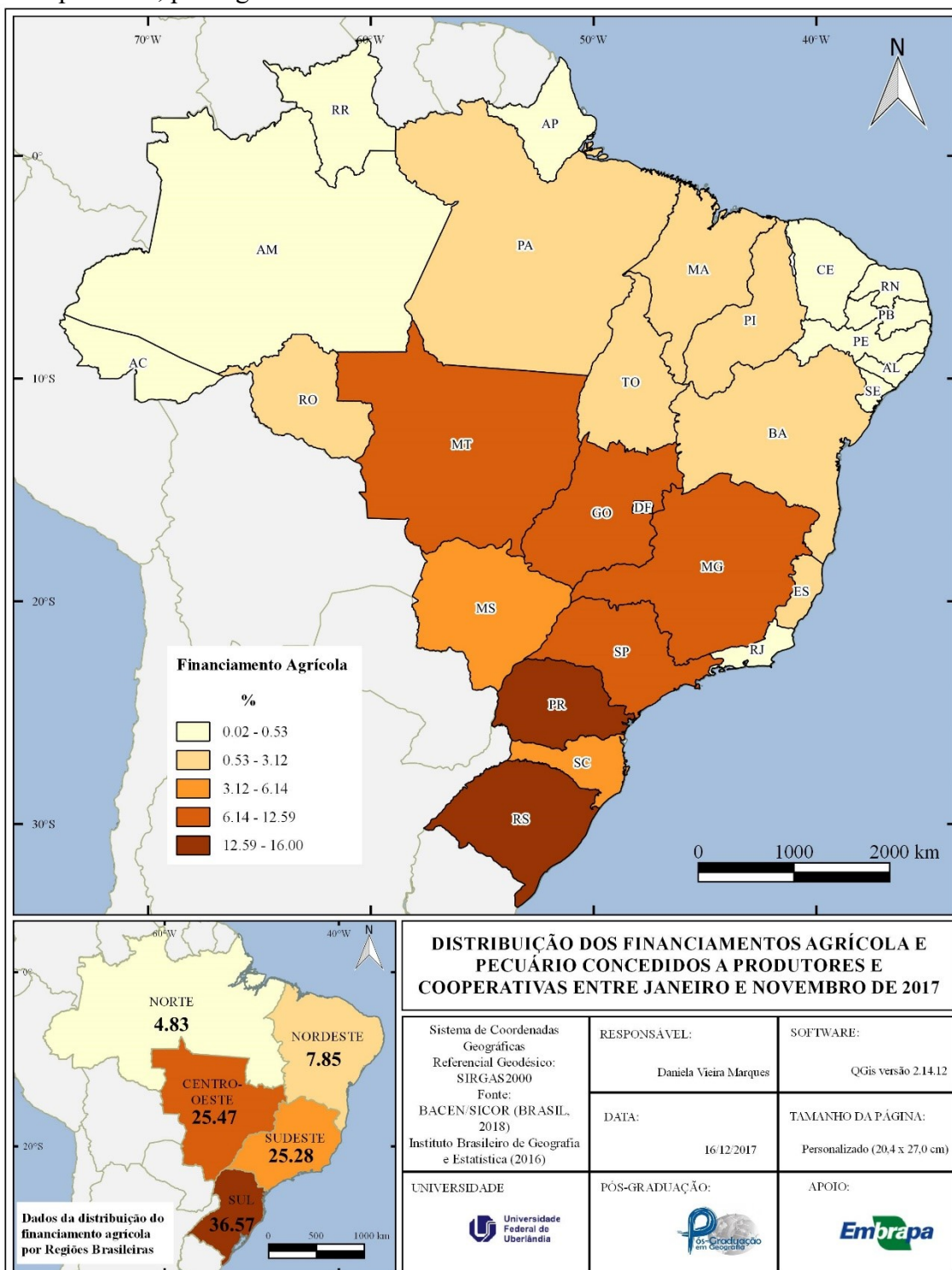
A distribuição pelo território brasileiro dos financiamentos agrícola e pecuário concedidos a produtores e cooperativas no ano de 2017 (com dados dos meses de janeiro a novembro) pode ser observado no Mapa 1.

Do total de R\$148.654.674,14 financiados (distribuídos entre custeio, comercialização e investimento), cerca de 87,32% concentrou-se na região Centro-Sul (Sul, Sudeste e Centro-Oeste) do país, com destaque para o Sul, com quase 37%. A maioria dos estados da região Nordeste não chegou a aplicar nem 1% dos recursos financiados em 2017, com exceção da Bahia (3,12%) e do Maranhão (1,54%). Na região Norte a realidade também não foi muito diferente; apenas Tocantins (1,89%), Rondônia (1,45%) e Pará (1,20%) se destacaram no financiamento agrícola daquele ano.

Tais dados corroboram a percepção de que, no Brasil, há uma concentração no eixo centro-sul do país dos recursos disponíveis para a agropecuária.

Outra questão são os estados do Centro-Oeste (Mato Grosso com 10,24, Goiás com 9,33% do total de recursos financiados, e Mato Grosso do Sul com 5,78%), que também se destacaram em acessos aos financiamentos governamentais no ano de 2017 e para onde avança a fronteira agrícola.

MAPA 1 – Distribuição dos financiamentos agrícola e pecuário concedidos a produtores e cooperativas, por região e estado em 2017



Todos os números apresentados reforçam a noção de como foi intenso e desigual o processo de modernização da agricultura no Brasil, proporcionado pela efetividade das políticas públicas para o setor (leis, investimentos, incentivos fiscais, apoio à ciência, dentre outras) e, aliado às demandas do mercado internacional. Outro ponto importante foi o avanço da fronteira agrícola, que ajudou a impulsionar, intensificar e disseminar a modernização do campo para outras áreas do país até então pouco exploradas, como a região que abrange o bioma Cerrado.

O caso do Cerrado

A expansão da fronteira agrícola no Brasil vem ocorrendo gradativamente na história produtiva do país e é amparada por incentivos governamentais que promovem uma territorialização diferenciada da produção agropecuária.

A ocupação do Cerrado, foco dessa expansão agrícola, começou no século XVIII, realizadas principalmente por meio de rios e veredas. O interesse inicial era a exploração mineral nos estados de Goiás e Mato Grosso.

No entanto, a partir da década de 1930, a ocupação do Cerrado brasileiro é inserida em um projeto de integração nacional. Torna-se área prioritária para expansão da fronteira agrícola e do agronegócio a partir dos anos 1970, com o início da modernização da agricultura brasileira, fruto de política governamental, pautada em usos intensivos do solo, com máquinas e insumos (BROSSARD e LÓPEZ-HERNÁNDEZ, 2005, BALBINO et al., 2002, PIRES, 2000, dentre outros).

Amparado no desenvolvimento de tecnologias, na correção química dos solos e na mecanização, o Cerrado constitui-se como área de expansão da fronteira agrícola brasileira. Devido à extensão do território nacional e à necessidade de incorporar novas áreas ao processo produtivo do país, o avanço da fronteira agrícola não se configura como um processo recente e muito menos já finalizado.

Dessa forma, a constituição da fronteira agrícola se dá quando

o processo de ocupação de áreas primitivas é marcado pela chegada da “frente” demográfica antes que a “econômica” se faça presente. A “frente” demográfica é composta de pequenos produtores, como colonos e artesãos que tendem a ser os agentes pioneiros nessas áreas. Por outro lado, empreendimentos capitalistas e grandes produtores representam a “frente” econômica. (DINIZ, 2002, p. 1).

Para o avanço da fronteira é necessário que os pioneiros, representados pela frente demográfica, se instalem. No geral, a motivação para que a frente demográfica busque

novas áreas é o fator econômico. Esse atrativo em geral é alimentado pelo incentivo governamental aliado ao discurso de prosperidade que pode ser alcançado nessas áreas inexploradas e pelo financiamento da produção. Com isso, a frente demográfica promove o embrião que se consolidará com a chegada da frente econômica, representada pelos capitalistas e grandes produtores, atraindo assim novos contingentes.

A fronteira agrícola está intimamente ligada ao processo de desmatamento, pois

a derrubada da floresta e a ampliação da fronteira têm quatro fatores de estímulo econômico principais: a madeira, que se extrai e se vende a preços cada vez mais atraentes; a pecuária, que normalmente entra em seguida à derrubada para a ocupação da área; a lavoura, que muitas vezes substitui a pecuária; e a terra, porque ninguém é bobo e continua sendo uma importante forma de reserva de valor, antes mesmo de ser capital. (SALLES-FILHO, 2008, p. 2).

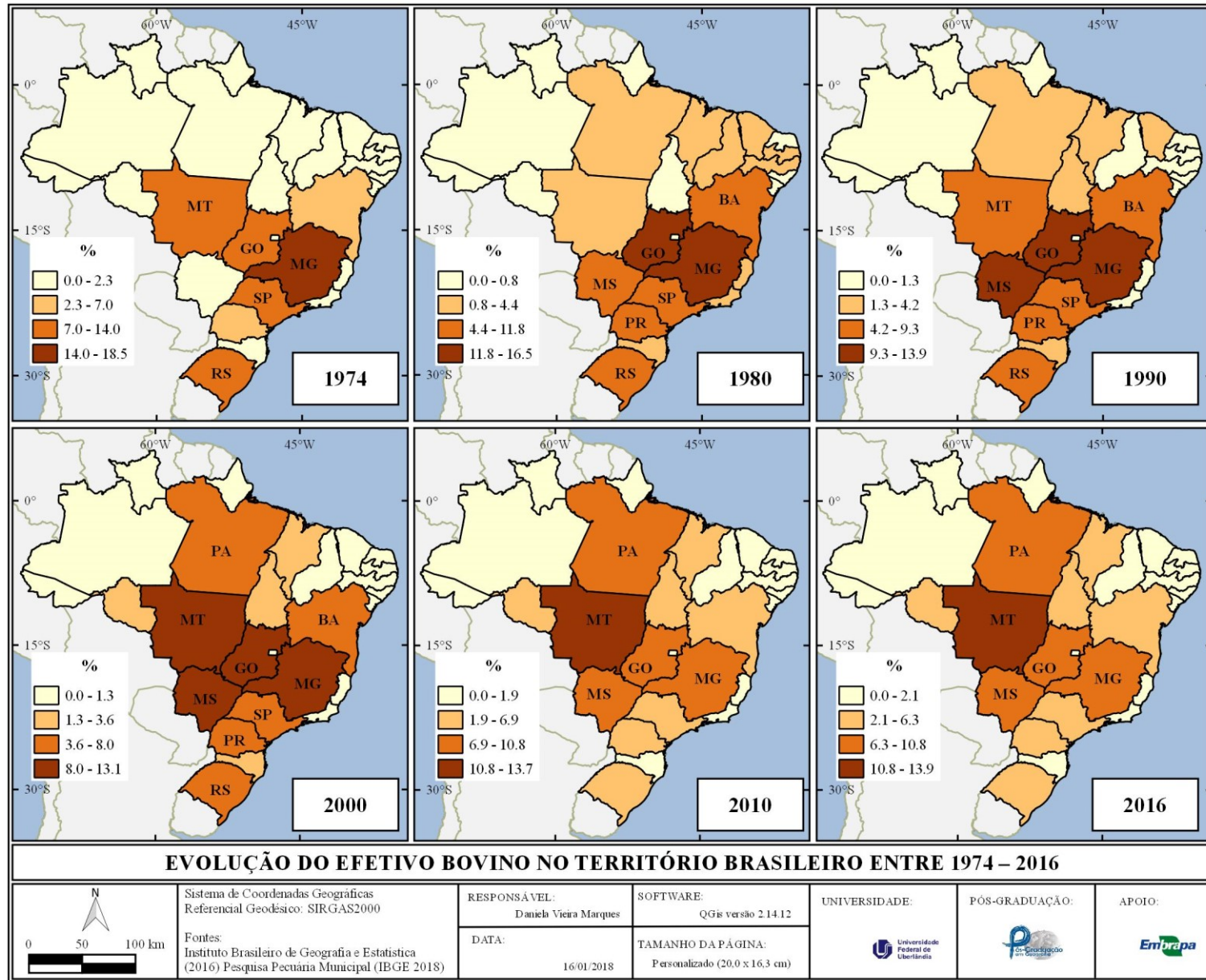
A partir da chegada das frentes pioneiras nessa região, o próximo passo é instalar também os meios de reprodução do capital, com a exploração dos recursos naturais de forma intensiva para dar lugar, num segundo momento, à pecuária e, depois, à agricultura junto com a silvicultura.

Os Mapas 2 a 4 mostram a evolução do agronegócio no Brasil, a partir da década de 1970, começando pela pecuária (Mapa 2). O mapa apresenta estados produtores de bovinos por década, entre os anos de 1974 (quando começou a ser realizada este tipo de pesquisa na pecuária) e 2016.

Os cinco maiores produtores de bovinos somados representavam, em média, em todo esse período analisado, 58,4% do total do efetivo bovino brasileiro. Nessas quatro décadas apenas sete estados se revezaram entre os cinco maiores produtores de bovinos, são eles: Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Goiás, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Pará.

Observando a evolução da produção de bovinos nos mapas, nota-se que a concentração que havia em Minas Gerais foi gradativamente sendo transferida para os estados da região Centro-Oeste (Goiás, em 1980, 1990 e 2000; Mato Grosso do Sul, em 1990 e 2000; e Mato Grosso, em 2000, 2010 e 2016).

MAPA 2 – Evolução do efetivo bovino pelo território brasileiro (1974 – 2016)



Outra característica importante da produção de bovinos notada nos mapas é que essa produção está acompanhando o avanço da fronteira agrícola, na medida em que estados do Sul perderam importância como produtores nacionais e um estado da região Norte, o Pará, tem despontado desde 2000 entre os cinco maiores produtores de bovinos do país.

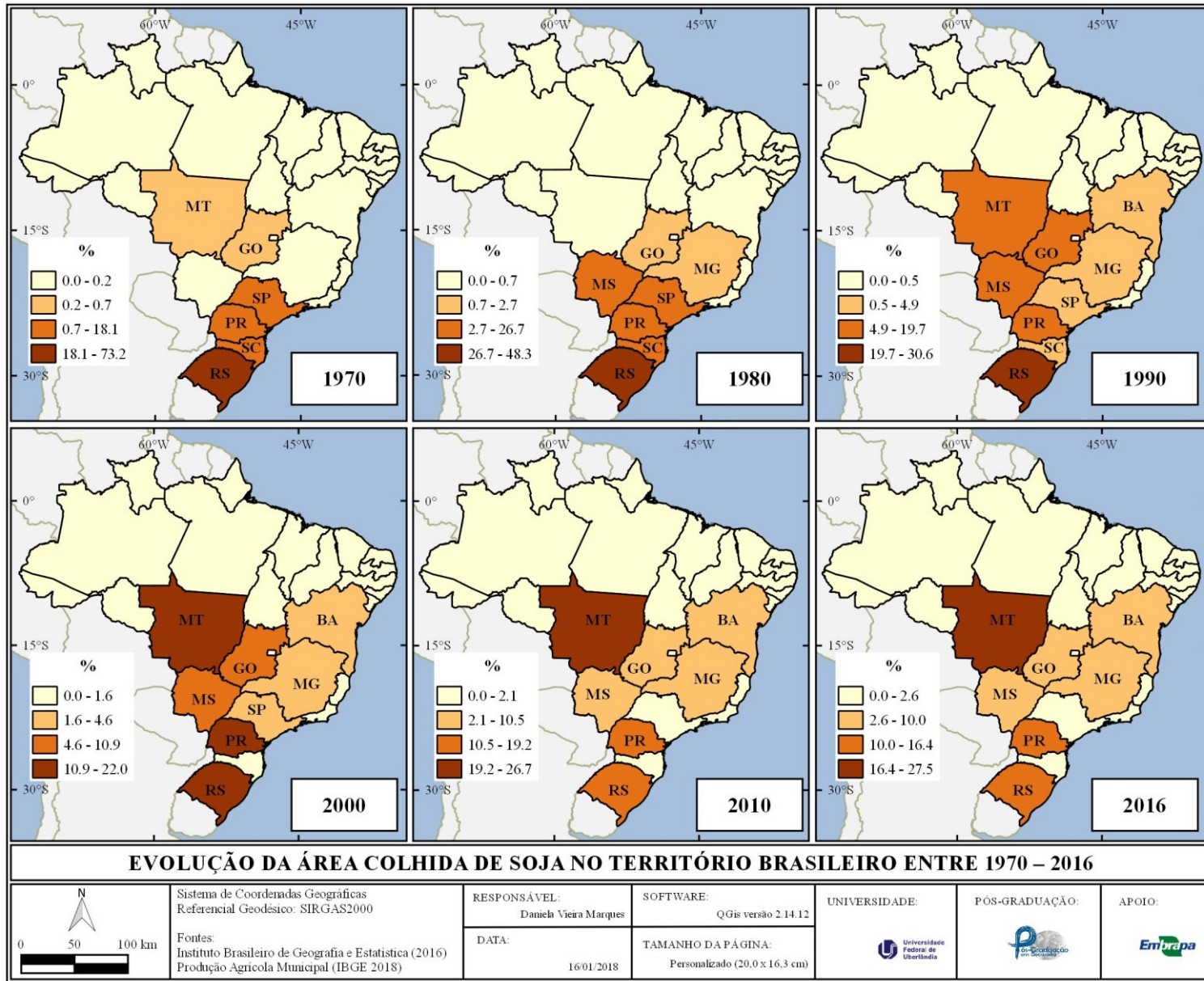
Após a passagem da pecuária pela fronteira agrícola, chega a vez da agricultura. As *commodities*, como a soja e o milho, são bons exemplos do avanço da fronteira e da consolidação dessas “descobertas” como grandes áreas produtoras. Os dados do Mapa 3 dizem respeito às cinco maiores áreas colhidas de soja entre 1970 e 2016, que representam em média 84% do total colhido no Brasil.

Dos cinco principais estados com as maiores áreas colhidas de soja no Brasil em 1970, os três primeiros são da região Sul, com um forte destaque para o Rio Grande do Sul que concentrou sozinho cerca de 73% de toda a área de soja daquele ano.

Esse percentual foi diminuindo ao longo das décadas seguintes para dar espaço aos estados da região Centro-Oeste. Gradualmente, a partir da década de 1980, esses três estados começaram a despontar no cenário nacional, no *ranking* dos cinco maiores produtores, coincidindo com os avanços tecnológicos e os incentivos governamentais feitos nessa região, como será discutido posteriormente.

Em 2016, o que se percebe é uma consolidação no cenário da soja observados em 2010, em relação aos cinco maiores produtores, quais sejam Mato Grosso (27,5%), Rio Grande do Sul e Paraná (ambos com 16,4%), Goiás (10,0%) e Mato Grosso do Sul (7,3%), que juntos responderam por 77,5% de um total da área colhida de soja de 33.153.679 hectares.

MAPA 3 – Evolução da área colhida de soja no território brasileiro (1970 – 2016)

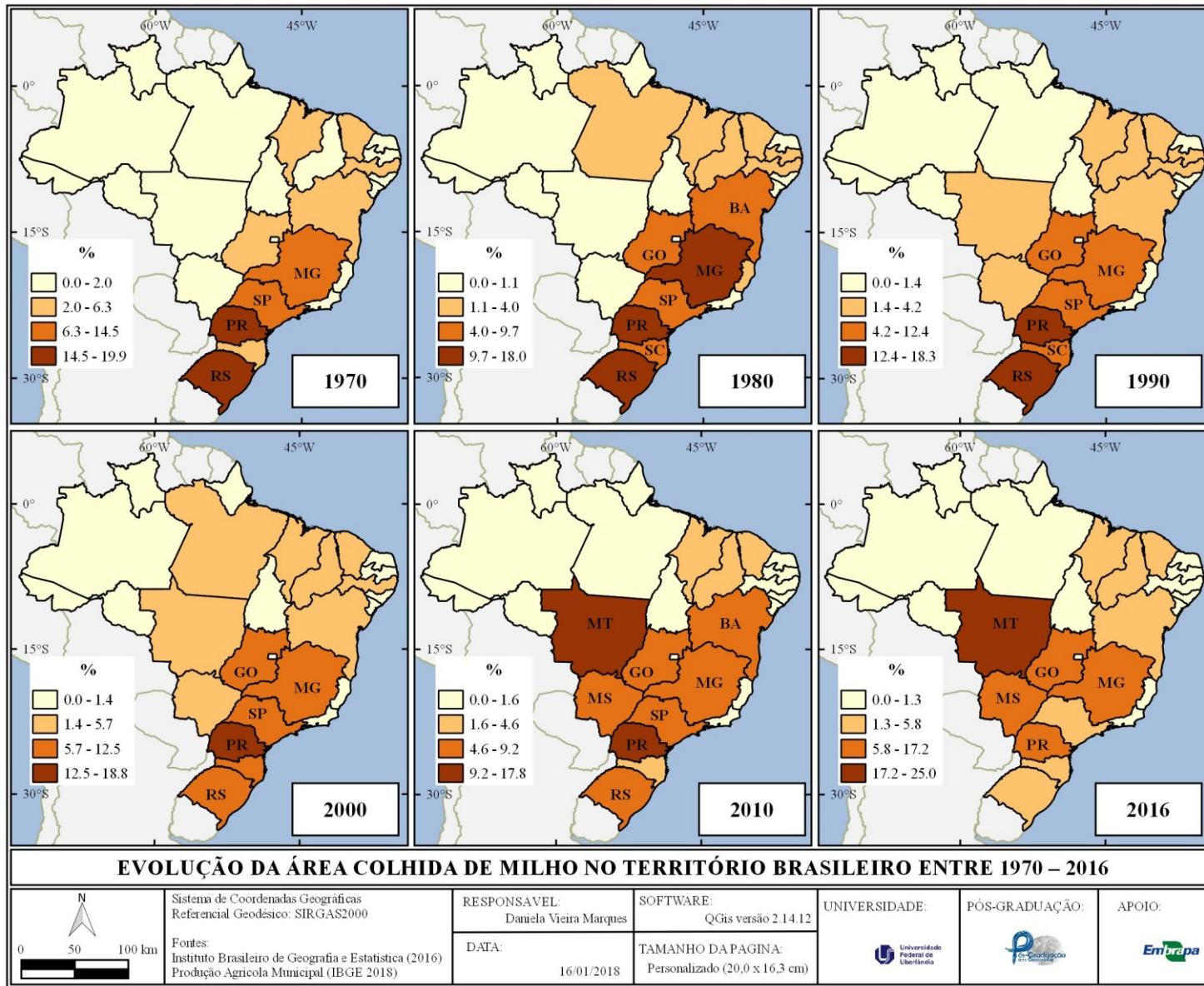


Características similares são observadas para outra *commodity* importante na pauta de exportação brasileira, o milho. O Mapa 4 apresenta os cinco estados com as maiores áreas colhidas de milho no país, que juntos somam juntos em média, entre 1970 e 2016, 63,5% de toda a área colhida desse grão no Brasil.

A área colhida de milho esteve concentrada em estados do Sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina) e do Sudeste (Minas Gerais e São Paulo) até a década de 2000. A partir dos anos 2010, Mato Grosso e Paraná passaram a liderar o *ranking* com as maiores áreas colhidas de milho. E em 2016, os estados da região Centro-Oeste (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás) consolidaram o domínio desse *ranking*, iniciado em 2010 e liderado agora apenas por Mato Grosso.

A produção agrícola no Brasil tem destino certo em um mercado que absorve bens primários, muitas vezes voltados à exportação. Associado a isso está o emprego de tecnologia que garante alta produtividade em áreas menores, o que mantém a ocupação de novas áreas, juntamente com a expansão da fronteira para locais até então subestimados a usos não voltados à produção agrícola.

MAPA 4 – Evolução da área colhida de milho no território brasileiro (1970 – 2016)



De acordo com Schallenberger e Schneider (2010), vários fatores influenciaram a expansão da fronteira agrícola que podem ser basicamente enquadrados em dois interesses principais, um de ordem político-militar e outro econômico- social. Ainda de acordo com os autores, a perspectiva político-militar se define pela ocupação do território e garantia da soberania nacional nas fronteiras. A socioeconômica, por sua vez, caracteriza-se pelo deslocamento de trabalhadores e colonos para aliviar a densidade da ocupação em áreas no Sul e no Sudeste, bem como para mitigar conflitos pela posse da terra. Compreende também geração de trabalho e renda, estímulo ao aumento da produção e ampliação do mercado produtor, exportador e consumidor.

O discurso de garantia da soberania nacional pela efetiva ocupação do território já foi muito usado pela elite política brasileira, mas atualmente os fatores de ordem econômica são os que mais interessam tanto aos políticos quanto aos pioneiros. E o grande estímulo para essa ocupação veio do crédito rural.

De acordo com Ramos e Martha Junior (2010, p. 10), a política de crédito rural, “entendida como um mecanismo de concessão de crédito à agropecuária a taxas de juros e condições de pagamento diferenciadas”, foi e continua sendo uma das principais marcas da atuação do Estado na expansão da fronteira agrícola.

Apesar das limitações impostas pela presença de solos antigos, profundos, ácidos e de baixa fertilidade, de outro lado, encontram-se altos níveis de ferro e alumínio, fazendo com que na atualidade o Cerrado seja uma região muito importante na produção agropecuária, principalmente de grãos. Essa transformação se deve aos investimentos tecnológicos feitos especificamente para o desenvolvimento econômico desse bioma.

A modernização da agricultura no Brasil e a expansão da fronteira agrícola, que incorporou as terras do Cerrado ao processo produtivo, foram incentivadas pelo Estado, que desenvolveu programas voltados a esse fim, tais como: Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (Prodecer), Programa de Desenvolvimento do Cerrado (Polocentro), e a Superintendência para o Desenvolvimento do Centro-Oeste brasileiro (Sudeco). E no âmbito nacional, a criação da Embrapa. Tais ações foram iniciadas entre as décadas de 1960 e 1970, com vistas a alavancar a agricultura nacional (FERNANDES, 2014).

Esses e outros programas governamentais foram ofertando não só financiamentos aos produtores e agroindústrias para expansão da fronteira agrícola, como também construção de infraestrutura (estradas, ferrovias, armazéns etc.), apoio à pesquisa para desenvolvimento e adaptação de tecnologias e pacotes tecnológicos específicos para as

características do bioma, somados à assistência técnica, construção de redes de energia, dentre outras ações (INOCÊNCIO e CALAÇA, 2009).

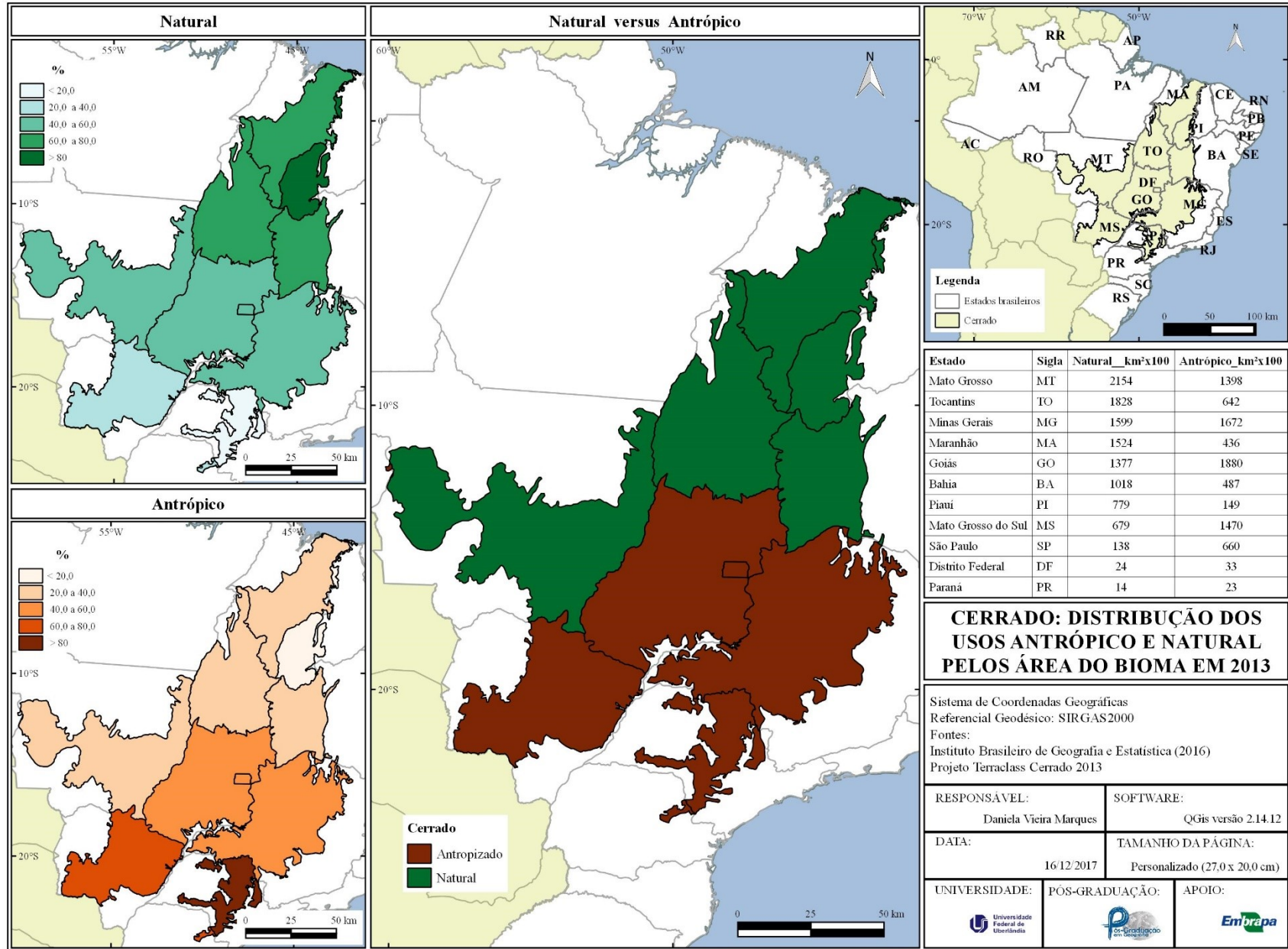
O resultado de todo esse investimento governamental feito no Cerrado é um bom exemplo dos resultados alcançados pelo processo de modernização da agricultura. Um retrato da situação encontrada na região do bioma pode ser visualizado no Mapa 5. Nota-se que, da área total do Cerrado, cerca de 2.039.243 km², 55% são ainda naturais, 43% são espaços já antropizados, 1% representa os cursos d'água e 1% não foi observado, de acordo com dados de 2013 do projeto TerraClass Cerrado (BRASIL, 2015).

O mapa mostra o percentual de áreas naturais e antropizadas³ em cada estado que compõe o Cerrado, em 2013 e também uma visão da predominância ainda das áreas naturais no bioma, mais especificamente nas manchas dos estados: Mato Grosso, Tocantins, Maranhão, Piauí e Bahia.

Os estados com maiores áreas de fragmento natural preservado do bioma, em relação à área antropizada, são Rondônia (98%) e Piauí (83%). De outro lado, São Paulo é a unidade da federação com maior intensidade de usos antrópicos no Cerrado, com 81%. No entanto, todos os estados mencionados possuem, cada um, menos de 5% das áreas originalmente cobertas por esse tipo de vegetação savânica.

³ Resultado da soma das áreas ocupadas por: agricultura anual, agricultura perene, mineração, mosaico de ocupações, pastagem, silvicultura, solo exposto, urbano, outros.

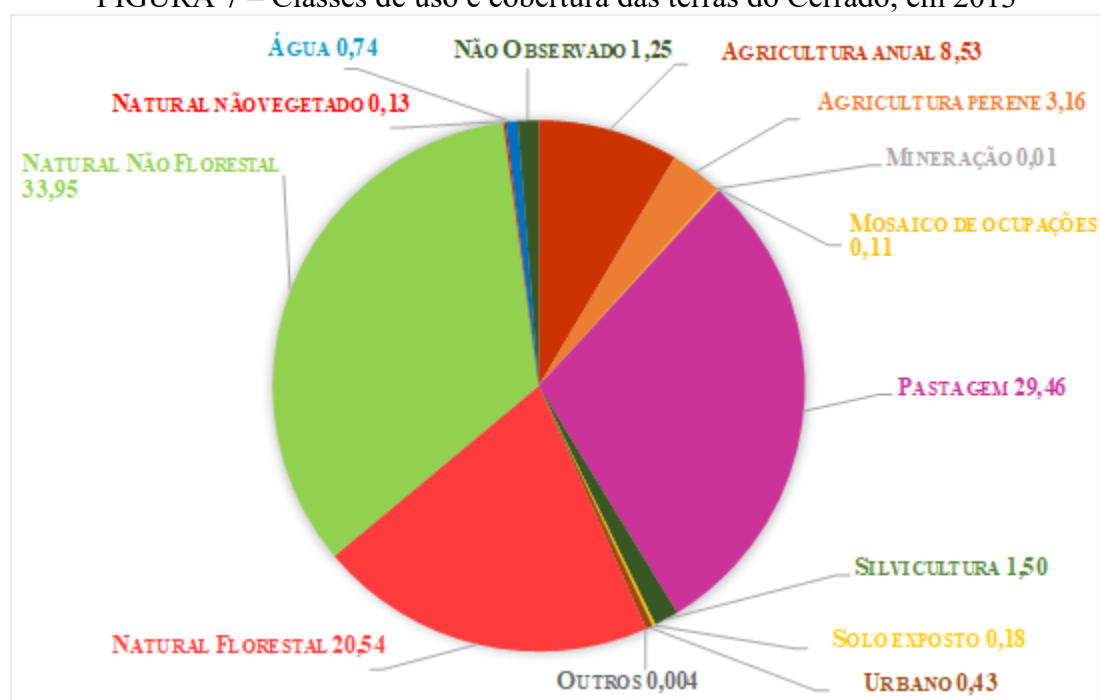
MAPA 5 – Distribuição dos usos antrópico e natural no Cerrado brasileiro, em 2013



Entre os estados que possuem áreas mais significativas do bioma em seus territórios (mais 15%), Mato Grosso é o que possui mais áreas preservadas (60%) e Goiás é o estado que concentra mais áreas antropizadas (57%).

De acordo com dados levantados pelo projeto TerraClass Cerrado em 2013, representados na Figura 7, o bioma mantém 54,5% de sua vegetação natural. Das áreas já antropizadas, pastagens ocupam 29,5% do bioma, enquanto a agricultura anual representa 8,5%, e as culturas perenes, 3,1%, totalizando 41,1% do uso da terra (BRASIL, 2015).

FIGURA 7 – Classes de uso e cobertura das terras do Cerrado, em 2013



Fonte: Adaptado do Projeto TerraClass Cerrado em 2013 (BRASIL, 2015), por Daniela Vieira Marques (2018).

Em relação ao total de áreas naturais ainda encontradas no Cerrado, a maior parte é florestal (vegetação savânica e campestre), que corresponde a 692.301 km². Já as áreas antropizadas (43% do total das terras do bioma), a classe de uso predominante é a pastagem (600.832 km²).

Apesar de as terras destinadas à agricultura somarem apenas cerca de 12% do total do bioma (agricultura anual com 174.006 km² e a perene com 64.512 km²), de acordo com dados da Embrapa, a ocupação dessa área proporcionou, no período 2009/2010, uma supremacia do Cerrado na produção de soja (54% da produção nacional), algodão (95%) e café (23%). O mesmo se deu na pecuária, com a produção de carne bovina representando 55% do total nacional, e de leite, 41%, para um rebanho de 190 milhões de cabeças, o que corresponde a 41% do rebanho nacional (EMBRAPA, 2012).

Toda a transformação ora sofrida – não só no Cerrado, mas em todo o Brasil – para dinamizar e incorporar a agricultura na dinâmica capitalista nacional, tornando-a moderna e exportadora, teve efetiva participação do Estado, que não só forneceu os meios econômicos e políticos, mas investiu também na criação de instituições de pesquisa que ofereceram subsídios tecnológicos para o processo de modernização.

1.1.3. O papel das instituições de pesquisa agropecuária no Brasil

A ocupação do espaço e a formação do território resultam da atuação de instituições em vários setores da sociedade, comandando transformações nesses segmentos, direcionando os rumos das pesquisas desenvolvidas e, no caso deste estudo, da vocação agropecuária de determinado local.

Por essa razão, no entendimento do processo de modernização da agricultura, é importante ir além da análise das transferências de capitais (materializadas pelo crédito agrícola), das ordens (consolidadas por leis e códigos criados para regular o setor agropecuário), e entender o papel da informação no aprofundamento e na consolidação desse cenário.

O período da modernização também é marcado pelo amplo apoio à pesquisa, fomentado pela criação de instituições com foco na agropecuária, como pode ser visto no Mapa 6 e na Tabela 1.

Foram criadas, num período de mais de 120 anos, cerca de 24 instituições de pesquisas agropecuárias, que integram o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA). O período de maior proliferação dessas instituições concentra-se entre as décadas de 1960 e 1980, com onze entidades criadas, coincidindo com o período de ocupação e modernização da agricultura no país de uma forma geral (EMBRAPA, 2014).

MAPA 6 – Instituições de Pesquisa Agropecuária ligadas ao SNPA criadas no Brasil entre 1887 e 2015

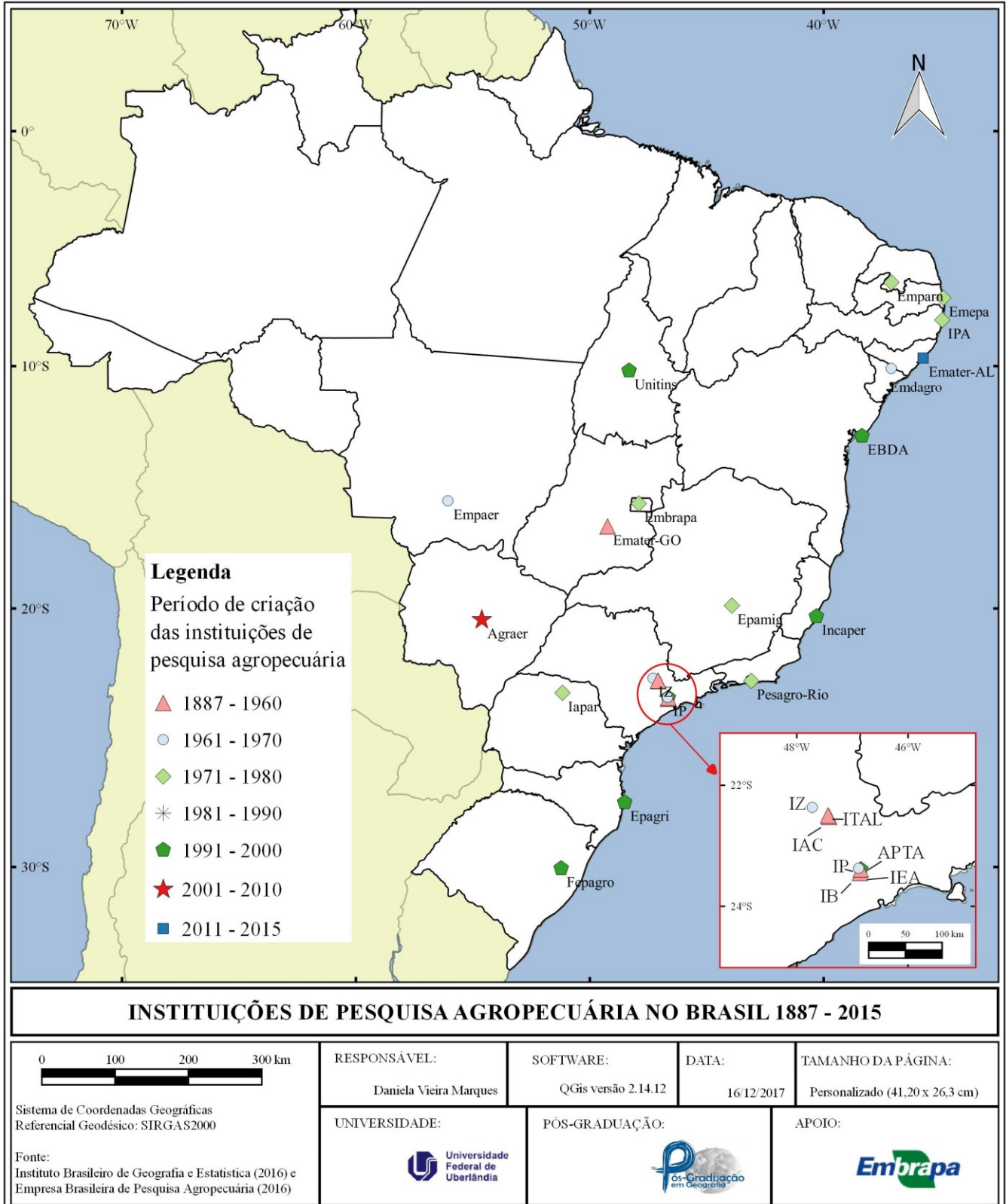


TABELA 1 – Instituições de Pesquisa Agropecuária ligadas ao SNPA por data de criação

Sigla	Instituição	Data de Criação
IAC	Instituto Agronômico de Campinas	1887
ITAL	Instituto de Tecnologia de Alimentos	1905
IB	Instituto Biológico	1927
IEA	Instituto de Economia Agrícola	1942
Emater-GO	Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária	1959
Emdagro	Empresa de Desenvolvimento Agropecuário do Estado de Sergipe	1962
IZ	Instituto de Zootecnia	1963
Empaer	Empresa de Pesquisa e Assistência Técnica e Extensão Rural de Mato Grosso	1964
IP	Instituto de Pesca	1969
Iapar	Instituto Agronômico do Paraná	1972
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	1973
Epamig	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais	1974
IPA	Instituto Agronômico de Pernambuco	1975
Pesagro-Rio	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro	1976
Emepa	Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S/A	1978
Emparn	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte	1979
EBDA	Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S/A	1991
Epagri	Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina	1991
Fepagro	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Sul	1994
Unitins	Universidade do Estado do Tocantins	1996
Apta	Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios	1999
Incaper	Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural	2000
Agraer	Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural	2006
Emater-AL	Instituto de Inovação para o Desenvolvimento Rural Sustentável de Alagoas	2011

Fonte: Embrapa, 2014. Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

O SNPA é presidido pela Embrapa, que, além de unidades descentralizadas, as Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (Oepas), e das universidades e institutos de pesquisa de âmbito federal e estadual, engloba outras organizações públicas e privadas, direta ou indiretamente vinculadas à atividade de pesquisa agropecuária. Criado pelo Ministério da Agricultura pela Portaria nº 193, de 7 de agosto de 1992, o SNPA tem por objetivos:

- I. Compatibilizar as diretrizes e estratégias de pesquisa agropecuária com as políticas de desenvolvimento, definidas para o País, como um todo, e para cada região, em particular.
- II. Assegurar constante organização e coordenação das matrizes de instituições que atuam no setor, em torno de programação sistematizada, visando eliminar a dispersão de esforços, sobreposições e lacunas não desejáveis.
- III. Favorecer o desenvolvimento de um sistema nacional de planejamento para pesquisa, acompanhamento e avaliação.
- IV. Estabelecer um sistema brasileiro de informação agrícola, com formação de banco de dados para a pesquisa e desenvolvimento agropecuário, facilitando o acesso aos usuários e clientes da pesquisa agropecuária.
- V. Promover o apoio à organização e racionalização de meios, métodos e sistemas com desenvolvimento em informatização das instituições.

VI. Proporcionar a execução conjunta de projetos de pesquisa de interesse comum, fomentando uma ação de parceria entre instituições, no desenvolvimento de ciência e tecnologia para a agropecuária.

VII. Coordenar o esforço de pesquisa para atendimento às demandas de regiões, estados e municípios, a fim de proporcionar melhor suporte ao desenvolvimento da agropecuária.

VIII. Promover o intercâmbio de informações e documentação técnico-científica, nas áreas de interesse comum.

IX. Favorecer o intercâmbio de pessoal, para capacitação e assessoramento interinstitucional.

X. Possibilitar apoio técnico, administrativo, material e financeiro entre instituições integrantes, na medida das necessidades e interesses da programação e missões a desempenhar. (BRASIL, 1992).

Buscar um planejamento mais integrado da pesquisa agropecuária brasileira, com execução de ações mais conjuntas, visando atender desde a esfera municipal até a nacional, com intuito de propiciar o intercâmbio de pessoal e de conhecimento, além de apoio financeiro, foram alguns dos objetivos ao se criar o SNPA.

A informação é corporificada pela atuação da pesquisa e pela transferência de tecnologias; no caso da pesquisa agropecuária, o papel da Embrapa tem sido fundamental devido ao desenvolvimento de produtos e serviços para atender o meio rural e também ao seu protagonismo na coordenação do SNPA.

Dessa forma, a criação da Embrapa em 1973 e a descentralização da pesquisa, por meio de suas diversas unidades instaladas em todo o território brasileiro, ajudaram a impulsionar a agropecuária no país e, no caso do Cerrado, a despertar o interesse do grande capital pela produção de *commodities* importantes na região.

A logística na criação dos centros da Embrapa levou em conta a vocação e as particularidades, naquela época, de cada estado e região. Atualmente, muitas culturas que eram exclusivas de determinada região, como a soja no sul do país, acabaram se disseminando por todo o Brasil, graças à pesquisa. Assim, os centros de pesquisa também tiveram que se adaptar a essa realidade, ou seja, apesar de localizados em determinado estado, atendem a todas as regiões onde se produz um item específico. Continuando o exemplo, a Embrapa Soja, apesar de situada em Londrina (PR), atende as demandas de soja de todo o país.

De acordo com Nascimento Júnior,

a fundação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e os planos de integração governamentais que equiparam o território nacional com sistemas de informação e sistemas de transporte tornaram o território mais fluido, o que possibilitou também que se desenvolvessem programas nacionais de pesquisa, agora mais integrados. A maior fluidez do território viabilizou a integração articulada das atividades de desenvolvimento de pesquisas técnico-científicas entre universidades, fundações e centros de pesquisas instalados em diferentes pontos do território nacional, formando uma extensa e complexa

organização coordenada pela Embrapa. Deste modo, de maneira efetiva, constituiu-se pela primeira vez no país, uma rede solidária de pesquisas, funcionalmente articulada em escala nacional para a realização de grandes programas de pesquisa agrícola. (2007, p. 16).

A partir do momento em que a Embrapa, enquanto instituição de pesquisa agropecuária, se materializa em diferentes espaços, ela influencia a organização e reorganização desses espaços produtivos, proporcionando novos ordenamentos do espaço agrário. Isso é possível não só pela participação efetiva no SNPA, como também pela própria atuação por meio de suas unidades descentralizadas.

O número de instituições criadas no Brasil para atender a demanda do setor agropecuário é relevante, uma vez que essas entidades, na maioria dos casos, não possuem uma única base física, mas estão espalhadas pelo país em forma de unidades de pesquisa. Por essa razão, estudar os processos pontuais (representados pelo número total de instituições de pesquisa e suas unidades descentralizadas) é importante para entender a localização e distribuição dessas instituições no território brasileiro, e como se relacionam com a vizinhança ou o quanto são determinadas por ela.

1.2. Materiais e métodos

Para implementação dos procedimentos metodológicos adotados nesta seção optou-se pelo uso de um software livre devido a disponibilidade e facilidade no uso de plug-ins que podem ser utilizados na prática das análises espaciais propostas, quais sejam: função Kernel e mapa de rede.

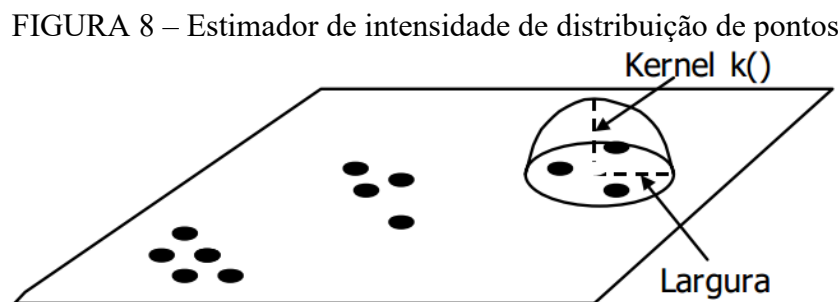
Desta forma, a ferramenta escolhida é o software QGIS, versão 2.14.12, cuja documentação de apoio ao usuário está disponível no site do QGIS (2015), no qual estão disponíveis todos os instrumentos necessários para aplicação da metodologia que será usada no processo de avaliação.

Para uma análise espacial da estimativa de densidade das instituições de pesquisa, foi escolhida uma alternativa simples para sondar o comportamento de padrões dos pontos. É a função Kernel, ou *Kernel Density Estimation* (KDE), que estima a intensidade pontual do processo em toda a área de estudo. Essa função foi estudada a partir de trabalhos de Rosenblatt (1956) e Parzen (1962). Para Lucambio (2008), os principais fatores que contribuíram para uma ampla utilização desse tipo de estimador, também conhecido como estimador Rosenblatt-Parzen, foram sua simplicidade e boas propriedades. Exemplos de aplicação dessa estimativa podem ser encontrados nos trabalhos de Silva et al. (2015), que

trataram de casos de dengue; Medeiros et al. (2013), que enfocaram os homicídios, e García (2012) que também se apoiou nessa técnica para tratar de casos criminais.

A simplicidade desse tipo de análise está no fato de realizar, segundo Câmara e Carvalho (2004), uma contagem de todos os pontos dentro de uma área de influência, ponderando-os pela distância de cada um em relação à localização de interesse. Sendo um método não paramétrico para estimação de curvas de densidade, no estimador Kernel cada observação é ponderada pela distância em relação a um valor central, o núcleo (SILVA et al., 2015). Feito isso, pode-se ajustar uma função bidimensional sobre os eventos considerados, compondo uma superfície cujo valor será proporcional à intensidade de amostras por unidade de área.

Portanto, de acordo com Longley et al. (2013), são elaboradas faixas de distância que definem uma vizinhança no interior de um círculo de raio definido em torno da localização de um ponto, como mostrado na Figura 8.



Fonte: Câmara e Carvalho (2004, p. 60).

O estimador Kernel é dado por:

$$f(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau} K\left(\frac{s - s_i}{\tau}\right) \quad \text{Equação 1}$$

onde: $f(x)$ é a função de intensidade; τ é o raio de influência ($\tau \geq 0$) que define a vizinhança do ponto a ser interpolado, o qual controla o “alisamento” da superfície gerada; K é uma função de interpolação do Kernel; s é o centro da célula a ser estimada; e S_i é o local do ponto que coincide com o centroide das áreas dentro do raio (SILVA et al., 2015).

Ao trabalhar com esse tipo de estimador é de suma importância observar a escala de abrangência do raio, como ressaltam Longley et al. (2013), pois a densidade é uma abstração na qual, mudando a medida, a superfície de densidade resultante também muda. Portanto, ao escolher um raio muito pequeno o resultado será um mapa com superfície muito descontínua;

por outro lado, se for muito grande, a representação da superfície poderá ficar suavizada demais, sugerindo uma homogeneidade das informações estudadas para aquela área (SILVA et al., 2015).

Para aplicação desse método foram usadas as ferramentas disponibilizadas pelo *software* livre QGis, versão 2.14.12, em cujo arcabouço de funcionalidades há uma específica para geração do mapa de Kernel.

A operacionalização dessa função é feita a partir da criação de uma camada do tipo *shape* de pontos, arquivo *shapefile*, que será usado para gerar o mapa de Kernel. Os próximos passos estão resumidos no Quadro 2:

QUADRO 2 – Procedimentos e respectivas ferramentas para aplicação da estimativa de Kernel

Procedimentos		Ferramenta
1	Gerar mapa de Kernel	Raster > Mapa de calor> Mapa de Calor Na janela aberta, preencha e selecione as informações requisitadas.
2	Definição de cores para o raster gerado	Como resultado será gerado um raster em escala de cinza com a concentração dos dados informados. Para melhorar a visualização e extrair mais informações é preciso acessar as “propriedades” da imagem e alterar, em “transparência”, o nível de “transparência global” para 20% e a “banda de transparência” para “nenhum”.
3	Ajuste e reclassificação do raster	Após as correções de transparência da imagem, é interessante ajustar a cor e até mesmo reclassificar a imagem, aumentando ou diminuindo o número de classes, bem como seu intervalo, se for conveniente. Para isso, em “propriedades”, na opção “estilo”, escolha em “tipo de renderização” a alternativa “banda simples falsa cor”, e em “gerar novo mapa de cores”, selecione a rampa de cores “spectral”; clique em “classificar” e depois em “ok”.

Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Terminados esses procedimentos, será gerado o mapa de calor com a estimativa de densidade das instituições de pesquisa analisadas.

Outra técnica utilizada neste trabalho foi a construção de um mapa de rede para apresentar uma melhor visualização da configuração da rede de instituições de pesquisa formada pelo SNPA. Com esse objetivo, optou-se por utilizar uma ferramenta disponível para o *software* QGis, o *plugin Flow maps (oursins)*.

Além desse tipo de mapa de rede, o *plugin* ainda pode gerar mapas para destacar áreas de atratividade, por exemplo, em estudo dos movimentos pendulares. Esse *plugin* é relativamente fácil de manusear, além de utilizar poucas informações para gerar o mapa final. Basicamente são necessários apenas os dados de origem e destino (códigos de cidades ou lugares onde se inicia e finaliza o fluxo) e os dados do fluxo, que é a quantidade de

deslocamentos feitos entre origem e destino. No caso de um mapa de rede, pode-se atribuir valores que representem a importância de cada ponto no fluxo gerado. Posteriormente, essa atribuição será fundamental na formatação do mapa final.

Por fim, os resultados e a discussão, gerados a partir da aplicação dos materiais e métodos apresentados, constituirão a análise com enfoque espacial do papel das instituições de pesquisa agropecuária no processo de modernização do campo, conforme apresentado no próximo item.

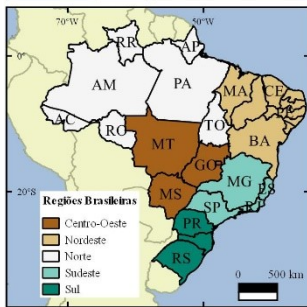
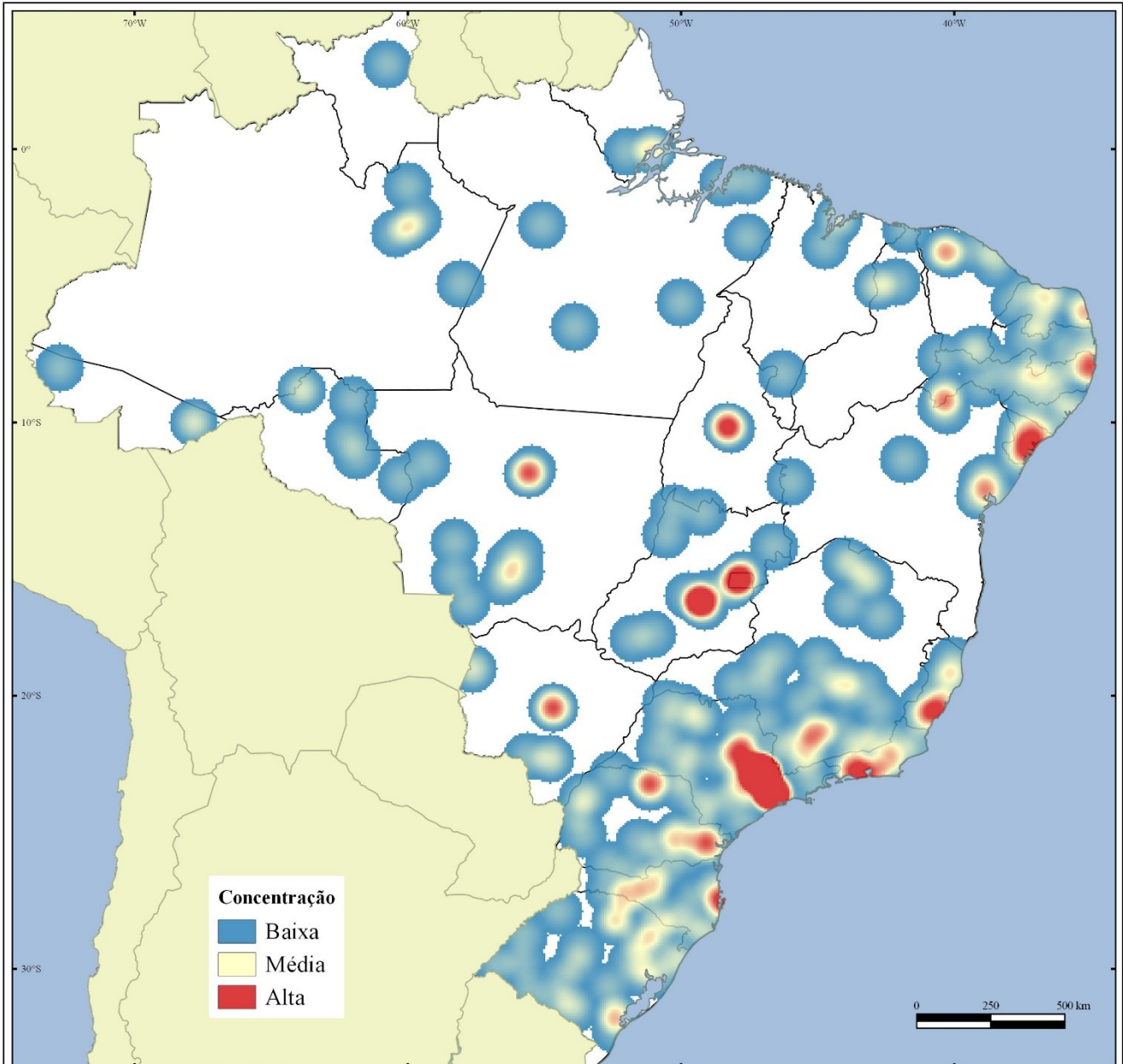
1.3. Resultados e discussão

A rede de instituições formada pelo SNPA agrupa 24 entidades, incluindo a Embrapa, que coordena esse sistema (Mapa 6, Tabela 1). A Embrapa também possui uma rede própria de centros de pesquisa, com quarenta unidades descentralizadas no país. Cada uma dessas 64 instituições conta ainda com unidades espalhadas pelo Brasil, reunindo 305 unidades. Somando todos esses níveis (Embrapa – instituições de pesquisa – unidades descentralizadas), tem-se um total de 370 centros.

A estimativa de densidade, usando o Kernel, conforme visto em Câmara e Carvalho (2004), Longley et al. (2013) e Silva et al. (2015), gerou um mapa que mostra pontos de calor (representados pela cor vermelha). Esses pontos correspondem aos locais com as maiores concentrações de entidades de pesquisa no país, como pode ser visualizado no Mapa 7.

Nota-se que há agrupamentos dos centros de pesquisa e suas respectivas unidades descentralizadas em alguns estados do Brasil, dentre os quais se destaca São Paulo, com a maior concentração de instituições do país. Os outros pontos de calor identificados no mapa (representados na cor bege) estão em torno das capitais de Santa Catarina, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Distrito Federal, Goiás, Tocantins, Sergipe e Paraíba e no interior do Paraná. Analisando as regiões brasileiras, é interessante observar que, além do Sudeste, o Nordeste e o Centro Oeste também possuem importantes densidades de centros de pesquisa.

MAPA 7 – Estimativa de densidade das instituições de pesquisa do SNPA no Brasil entre 1887 e 2015

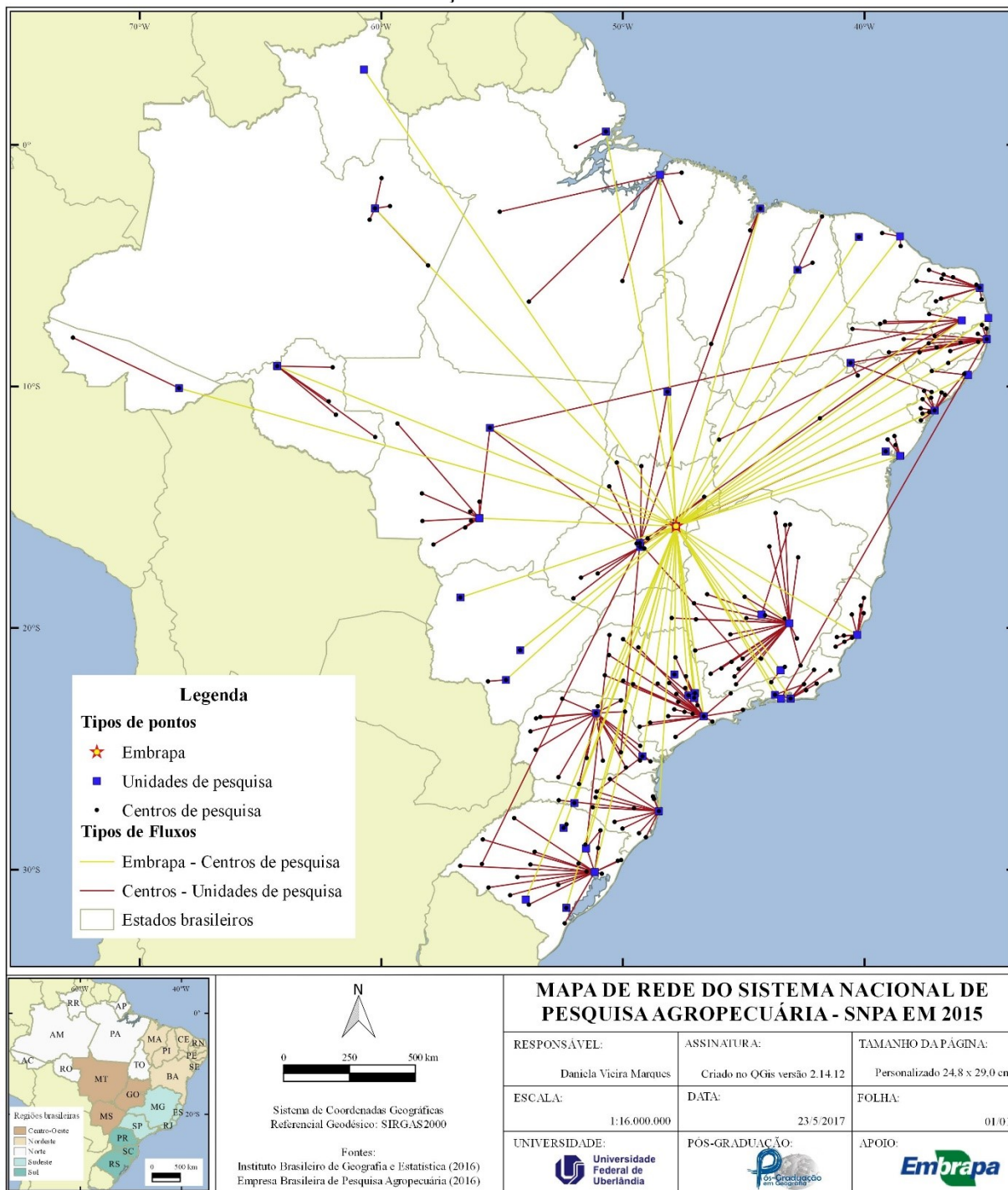


**MAPA DE KERNEL
CONCENTRAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA AGROPECUÁRIA 2015**

 Sistema de Coordenadas Geográficas Referencial Geodésico: SIRGAS2000 Fontes: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2016)	RESPONSÁVEL: Daniela Vieira Marques	ASSINATURA: Criado no QGIS versão 2.14.12
	DATA: 18/12/2017	TAMANHO DA PÁGINA: Personalizado 24,1 x 28,7 cm
UNIVERSIDADE: Universidade Federal de Uberlândia	PÓS-GRADUAÇÃO: Pós-Graduação em Geografia	APOIO: Embrapa

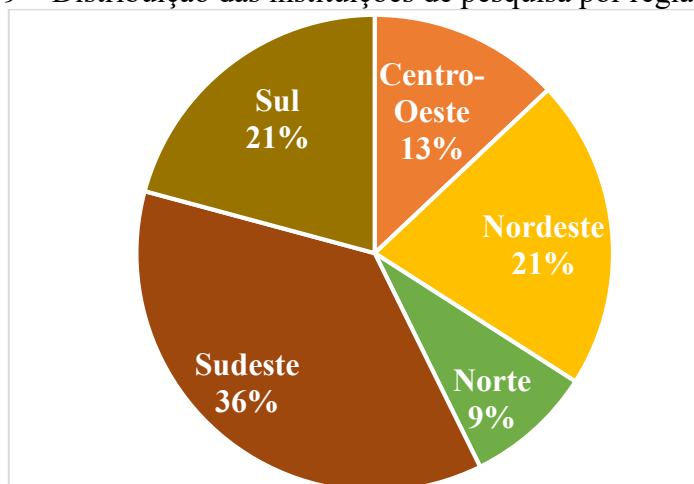
O Mapa 8 mostra o resultado final da distribuição das instituições de pesquisa pelo Brasil e a configuração da rede de pesquisa agropecuária materializada pelo SNPA. A distribuição dos centros de pesquisa, com suas respectivas unidades descentralizadas, está representada pelos diferentes tipos de nós e linhas.

MAPA 8 – Rede de instituições do SNPA no Brasil entre 1887 e 2015



Os nós representam as instituições do sistema em cada nível, e as linhas ilustram o tipo de ligação entre essas instituições. As linhas amarelas representam a ligação da Embrapa, coordenadora do SNPA, com as outras 63 instituições do sistema; e as vermelhas, a ligação dos centros com suas 305 unidades. Há instituições em todas as regiões brasileiras e em todos os estados. A Figura 9 mostra como se dá essa distribuição das instituições no primeiro caso.

FIGURA 9 – Distribuição das instituições de pesquisa por região brasileira



Fonte: Embrapa (2014). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

A região que concentra o maior número de instituições é a Sudeste, com 36%, ou seja, 135 entidades, seguida pelas regiões Nordeste e Sul, com 78 e 77 instituições, respectivamente. Por fim, tem-se as regiões Centro-Oeste, com 48, e Norte com 32.

Considerações finais

Foi necessário apresentar os cenários da modernização da agricultura para entender o processo de criação das instituições de pesquisa agropecuária no Brasil, o que ajudou a compreender um pouco a influência desse tipo de instituição no desenvolvimento do meio rural.

Ao analisar o processo de modernização da agricultura e o papel das instituições públicas de pesquisa, observou-se que há uma relação mútua, na medida em que, a partir do avanço da modernização pelo meio rural, foram sendo criados centros de pesquisa para atender as necessidades do campo.

Portanto os panoramas de ambos os processos, alvos de análise desta seção, mostram que a disseminação das instituições de pesquisa pelo país colaborou para o avanço da

fronteira agrícola e para a dispersão das pesquisas por todos os estados do Brasil, mesmo ocorrendo concentração na região Sudeste, especificamente no estado de São Paulo.

A principal consequência da associação entre modernização da agricultura e as instituições de pesquisa foi consolidar o país como um dos grandes exportadores de *commodities* do mundo.

Referências

ABRACAL. Associação Brasileira de Produtores de Calcário Agrícola. **Estatísticas**. 2018. Disponível em <<http://www.abracal.com.br/estatisticas>> Acesso em: 15 de jan. de 2018.

AGUIAR, R. C. **Abrindo o pacote tecnológico: estado e pesquisa agropecuária no Brasil**. São Paulo: Polis; Brasília: CNPq, 1986.

AGROSATÉLITE Geotecnologia Aplicada Ltda. **Análise Geoespacial da Dinâmica das Culturas Anuais no Bioma Cerrado: 2000 a 2014**. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2015.

ALMEIDA, J. (org.) **A modernização da agricultura**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2011. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=FcYocSRXoMkC&oi=fnd&pg=PA19&dq=defini%C3%A7%C3%A3o+de+moderniza%C3%A7%C3%A3o+agricultura&ots=bQkYQXT8w2&sig=gqDO1sZROne2HAF1uDvVGk1fXX8#v=onepage&q&f=true>> Acesso em 7 de mar 2016.

ANDA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Estatísticas**. 2018. Disponível em <<http://www.anda.org.br/index.php?mpg=03.01.00&ver=por>> Acesso em: 15 de jan. de 2018.

ANFAVEA. Associação Nacional para difusão de Adubos. **Estatísticas**. 2018. Disponível em <<http://www.anfavea.com.br/estatisticas.html>> Acesso em: 15 de jan. de 2018.

BALBINO, L. C., BROSSARD, M., LEPRUN, J. C., & BRUAND, A. Mise en valeur des Ferralsols de la région du Cerrado (Brésil) et évolution de leurs propriétés physiques: une étude bibliographique, **Étude et gestion des sols**, 9, p. 83-104. 2002. Disponível em: <http://hal-sde.archivesouvertes.fr/docs/00/07/76/09/PDF/EGS_9_2_balbino.pdf> Acesso em: 04 de maio de 2014.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1965. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4771-15-setembro-1965-369026-publicacaooriginal-1-pl.html>> Acesso em 2 dez. 2014.

_____. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2012. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm> Acesso em 2 dez. 2014.

_____. Lei nº 12.805, de 29 de abril de 2013. Institui a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e altera a Lei no 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12805.htm> Acesso em 2 dez. 2014.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Estatísticas e dados básicos de economia agrícola**. Brasília, 2015. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Pasta%20de%20Janeiro%20-%202015\(1\).pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Pasta%20de%20Janeiro%20-%202015(1).pdf)> Acesso em: 16 de mar 2016.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Estatísticas de Comércio Exterior**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/relacoes-internacionais/estatisticas-de-comercio-exterior>> Acesso em: 15 de jan 2018.

_____. Portaria nº 193 de 7 de agosto de 1992. Institui o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária - SNPA, sob a coordenação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Disponível em <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>> Acesso em: 8 de mar 2016.

BROSSARD, M.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D. Soil and environmental sustainability indicators for South America's savannas. **Natures Sciences Sociétés**, v.13, p.266-278, 2005. <https://doi.org/10.1051/nss:2005041>

CÂMARA, G. e CARVALHO, M. S. Análise espacial de eventos. In: DRUCK, S., CARVALHO, M. S., CÂMARA, G. e MONTEIRO, A. M. V. **Análise espacial de dados geográficos**. Ed. Tec. Brasília - DF: Embrapa, 2004. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/10.07.14.53/doc/cap2-eventos.pdf>> Acesso em: 10 de março de 2016.

CAVALCANTE, M. P. (2013). Análise geoespacial: um estudo sobre a dengue. **Acta Paul Enferm.**, 26, pp. 360-368. Disponível em <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/18495/1/ARTIGO_An%C3%A1liseGeoespa> <https://doi.org/10.1590/S0103-21002013000400010>

COSTA, J. S., CARVALHO JÚNIOR, O. A., MARTINS, E. S., MADEIRA NETTO, J. S. e GUIMARÃES, R. F. Análise espacial da agricultura familiar conforme os condicionantes geomorfológicos nos municípios de Silvânia e Passa Quatro (GO). **Espaço & Geografia**, v. 5, n. 1, 2002, p. 17-32. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10633/1/ARTIGO_AnaliseEspacialAgricultura.pdf> Acesso em 27 jun. 2017.

CRUVINEL, P. E. Agronegócio e oportunidades para o desenvolvimento sustentável do Brasil. **Série Documentos**, n. 44. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, set. de 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPDIA-2010/12614/1/DOC44-2009.pdf>> Acesso em: 20 dez 2017.

DAHER, C. S., MELLO, A. Y. I., MAGRO, T. C., FERREIRA, L. C. e ZACCHI NETO, C. Análise geoespacial para a gestão de áreas protegidas (núcleo Caraguatatuba/Parque Estadual da Serra do Mar). **Revista Parques**, n. 2, 2013.

Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/260337080_Analise_geoespacial_para_a_gestao_de_areas_protegidas_Nucleo_CaraguatatubaParque_Estadual_da_Serra_do_Mar> Acesso em 9 de mar. 2016.

DINIZ, A. M. A. **Migração e Evolução da Fronteira Agrícola**. Unicamp, 2002.

Disponível em:

<http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2002/GT_MIG_ST33_Diniz_texto.pdf> Acesso em 19 maio 2014.

DRUCK, S., CARVALHO, M. S., CÂMARA, G., MONTEIRO, A. M. ed. tec. **Análise espacial de dados geográficos**. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados, 2004, 209p.

EMBRAPA. **Linha do tempo da Embrapa**. 2012. Disponível em <

https://sistemas.sede.embrapa.br/40anos/index.php/linha_do_tempo> Acesso em: 24 nov. 2014.

_____. **Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária - Oepas**. 2014.

Disponível em <<https://www.embrapa.br/oepas>> Acesso em: 24 nov. 2014.

_____. Secretaria de Gestão e Desenvolvimento Institucional. **VI Plano Diretor da Embrapa: 2014-2034** / Brasília, DF: Embrapa, 2015.

FERNANDES, A. D. **Algumas considerações acerca da expansão da fronteira agrícola no cerrado brasileiro**. Disponível em:

<http://www.anpuh.org/arquivo/download?ID_ARQUIVO=90> Acesso em 13 de maio 2014.

FERREIRA, M. C. **Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnica e exemplos para geoprocessamento**. São Paulo: Unesp, 2014.

FREITAS, N. M. A. **Evolução temporal da incidência do câncer de mama na cidade de Goiânia de acordo com o grupo etário e análise geoespacial**. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, 2010 (Tese de Doutorado em Ciências da Saúde). Disponível em:

<<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/3268/5/Tese%20-%20Nilceana%20Maya%20Aires%20Freitas%20-%202010.pdf>> Acesso em 9 de mar. 2016.

GARCÍA, A. R. **SIG, crimen y seguridad: análisis, predicción y prevención del fenómeno criminal**. Universidad Complutense de Madrid/Facultad de Geografía e Historia, 2012. (Máster en Tecnologías de la Información Geográfica) 65 p.

INOCÊNCIO, M. E. e CALAÇA, M. Cerrado: fronteira da produção agrícola capitalista do século XX. In: XIX ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 19., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2009. p. 1-16.

LEITE, E. C. T.; BATISTELLA, M.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C. Aplicação de sistema Webgis para análise geoespacial da agricultura na região de Matopiba. In:

Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica, 8, 2014, Campinas, São Paulo. **Anais...** Campinas, São Paulo, 2014, p. 1-8.

LONGLEY, P. A., GOODCHILD, M. F. MAGUIRE, D. J. e RHIND, D. W. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

LUCAMBIO, F. **Estimador Kernel da função de densidade**. Curitiba: Departamento de Estatística; Universidade Federal do Paraná, 2008. Disponível em: <<http://people.ufpr.br/~lucambio/CE210/destimator.pdf>> Acesso: 15 dez. 2016.

MARQUES, D. V. e PENTEADO FILHO, R. C. Balanço Social da Embrapa: um instrumento de comunicação social e marketing. In: Congresso Mundial de Comunicação Ibero-Americana, 2, 2014, Braga-Portugal. **Anais...** Braga-Portugal, 2014, p. 3347-3361.

MATOS, P. F. PESSÔA, V. L. S. A modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território. **Geo UERJ**, n. 22, v. 2, dez. 2011, p. 290-322. Disponível em <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/2456>> Acesso em 16/10/2015.

MEDEIROS, C.N.; PINHEIRO, F.S.A.; SOUZA, G.M.; PINHEIRO, D.R.C. Correlações espaciais entre homicídios e concentração de aglomerados subnormais em Fortaleza/CE/Brasil. **Revista GeoUECE** -Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE Fortaleza/CE, v. 2, n. 1, p. 92-110, jan./jun., 2013. Disponível em <<http://seer.uece.br/geouece>> Acesso em 15 dez. 2016.

MENDONÇA, M. L. O papel da agricultura nas relações internacionais e a construção do conceito de agronegócio. **Contexto Internacional**, v. 37, n. 2, Rio de Janeiro, maio/agosto 2015, p. 375-402. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cint/v37n2/0102-8529-cint-37-02-00375.pdf>> Acesso em: 21 dez. 2017.

NAKANO, Y., RODRIGUES, R. e SIMONSEN, R. Agronegócios. **Cadernos FGV Projetos**, v. 2, n. 4, Rio de Janeiro, abr. 2007. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/6910>> Acesso em: 21 dez. 2017.

NASCIMENTO JÚNIOR, F. C. **A constituição do círculo de cooperação de pesquisa agrícola no Brasil**: nova face do uso corporativo do território brasileiro no período técnico-científico-informacional. Rio Claro: Unesp, 2007. 147 f. (Dissertação de Mestrado em Geografia)

OLIVEIRA, R. A., ALMEIDA, J. S., MELO, W. F., ANDRADE, A. B. A. e MELO, W. F. Análise geoespacial do processo de desmatamento da Caatinga no município de Catolé do Rocha – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Pombal – PB, v. 10, n. 2, p. 239-244. Abr-jun., 2015. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS>> Acesso em: 9 de mar. 2016.

PARZEN, E. On estimation of a probability density function and mode. **Annals of Mathematical Statistics**, 33, 1962, p. 1065–1076. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177704472>

PIRES, M. O. Programas agrícolas na ocupação do cerrado. **Sociedade e Cultura**, v. 3, n. 1 e 2, jan.-dez. 2000, p. 111-131. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/703/70312129007/>> Acesso em: 9 de dez. 2018.

QGIS. **Documentação do QGIS.** Disponível em: <http://www.qgis.org/pt_BR/docs/index.html> Acesso em 02 de jun. 2015.

RAMOS, S. Y. e MARTHA JUNIOR, G. B. **Evolução da política de crédito rural brasileira.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. (Série Documentos)

ROMEIRO, A.R. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura.** São Paulo: Annablume: FAPESP, 1998.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto.** 7 ed. Uberlândia: Edufu, 2009. 264p.

ROSENBLATT, M. Remarks on some nonparametric estimate of a density function. **Annals of Mathematical Statistics**, 27, 1956, p. 832–837.
<https://doi.org/10.1214/aoms/1177728190>

SALLES-FILHO, S. Velhas e novas fronteiras agrícolas. **Jornal da Unicamp**, 2008. Disponível em:
<http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/setembro2008/ju407pdf/Pag02.pdf> Acesso em 19 maio 2014.

SANTOS, M. **Espaço e método.** 5 ed., São Paulo: Edusp, 2012. 120 p.

SCHALLENBERGER, E. e SCHNEIDER, I. E. Fronteiras agrícolas e desenvolvimento territorial – ações de governo e dinâmica do capital. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 12, n. 25, set/dez 2010, p. 202-222. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/soc/v12n25/08.pdf>> Acesso em 19 maio 2014.

SILVA, A. M., SILVA, R. M., ALMEIDA, C. A. P., CHAVES, J. J. S. Modelagem geostatística dos casos de dengue e da variação termopluviométrica em João Pessoa, Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 27, p. 157-169, jan/abr/2015. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedade/natureza/article/view/22526/pdf_166> Acesso em 10 de mar. 2016.

SPERB, R. C., SPERB, R. M., BUGHI, C. H. MUNDSTOCK, L. V. P. S. Utilização de software livre para análise geoespacial – estudo de caso: seleção de área para instalação de aterro sanitário. **Geosul**. Florianópolis, v. 25, n. 49, p 159-177, jan./jul. 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2010v25n49p159/14073>> Acesso em 10 de mar. 2016.

TEIXEIRA, J. C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas**, Três Lagoas-MS, v. 2, n. 2, set. de 2005, p. 21-42. Disponível em: <<http://seer.ufms.br/index.php/RevAGB/article/view/1339/854>> Acesso em 9 de mar. 2016.

TÔSTO, S. G.; RODRIGUES, C. A. G.; BOLFE, E. L. e BATISTELLA, M. **Geotecnologias e Geoinformação: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** edit. tec. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 248 p.

USDA. United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production.** United States: Foreign Agricultural Service. 2016. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>> Acesso em: 21 fev. 2016.

2. ÍNDICE ESPACIAL DE IMPACTO INSTITUCIONAL: CONTRIBUINDO PARA O PROCESSO MULTIDIMENSIONAL DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS

Considerações iniciais

Avaliar é um processo fundamental para o contínuo desenvolvimento de instituições, de forma geral, pois fornece informações que vão além do caráter punitivo que a palavra sugere.

Os resultados obtidos por meio de um processo avaliativo podem ser usados como instrumento de gestão e planejamento de ações futuras nas instituições, permitindo autoconhecimento e percepção do alcance e dos retornos de produtos, serviços e ações perante o público-alvo.

Há inúmeros métodos para avaliar, o que depende do tipo de instituição, do produto gerado, do público-alvo e dos objetivos que se quer alcançar. De toda forma, o que se espera com o processo de avaliação é aferir os impactos e que esses resultados sirvam para respaldar os objetivos propostos inicialmente pela instituição, ou para traçar, a partir dos impactos gerados, novos objetivos e rumos para a instituição.

Sendo assim, para este estudo o foco será a construção de uma metodologia que avalie os impactos espaciais gerados por instituições de pesquisa agropecuária. Impactos econômicos, sociais e ambientais já fazem parte da maioria das metodologias desenvolvidas e adotadas por esse tipo de instituição. O diferencial desta metodologia será buscar na ciência geográfica elementos espaciais para levantar uma nova perspectiva de análise, com vistas a fornecer mais subsídios para a tomada de decisão por parte da instituição.

Portanto, o objetivo desta seção é desenvolver uma metodologia para avaliar espacialmente os impactos institucionais de diferentes tipos de centros de pesquisa agropecuária, levando em consideração apenas variáveis espaciais e gerando, ao final, um índice de impacto espacial (GeoImpacto).

Devido às particularidades das instituições de pesquisa agropecuária, optou-se por desenvolver uma metodologia para agregar mais informações aos estudos já realizados pela Embrapa. A escolha dessa instituição se deve a sua larga experiência com processos relacionados à avaliação de impactos, principalmente na perspectiva multidimensional, realizada na empresa desde 2001 ininterruptamente até os dias atuais e, cujos resultados são divulgados por meio do Balanço Social (MARQUES e PENTEADO, 2014). Além disso, a Embrapa – devido a sua diversidade de atuação (possui centros de produtos, ecorregional e

de temas básicos); ao número de centros de pesquisa espalhados pelo território brasileiro (mais de quarenta unidades descentralizadas), e a sua liderança no setor de pesquisa agropecuária no país, comandando o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), composto por mais 23 instituições com a mesma finalidade – apresenta os requisitos necessários para implantação de uma nova metodologia, podendo servir como referencial para futura adesão de outras instituições de pesquisa agropecuária ao processo de avaliação de impactos.

Assim sendo, são apresentados nos itens a seguir uma breve consideração sobre a avaliação de impactos e os temas referentes a ela, bem como a forma que esse processo ocorre na Embrapa. Para finalizar, apresenta-se a proposta metodológica para avaliar especialmente os impactos institucionais de centros de pesquisa agropecuário.

2.1. A avaliação de impactos e os procedimentos metodológicos

A escolha do viés espacial para conduzir o processo de avaliação de impactos de instituições de pesquisa agropecuária está relacionada à busca por captar o maior número de resultados gerados, analisando seus impactos e ofertando à sociedade um conhecimento mais amplo da atuação dessas instituições.

Assim, a contribuição interdisciplinar na construção de metodologias para avaliar impactos, principalmente com vistas a uma abordagem de caráter multidimensional, enriquece o processo de avaliação e permite uma visão mais integrada dos resultados.

Nessa perspectiva, a ideia de ampliar e diversificar tais avaliações, agregando a análise espacial surge como alternativa ao processo de investigação, dada sua importância estratégica.

No entanto, quando se fala em avaliação de impactos os estudos têm concentrado esforços em discussões de temáticas mais comuns nesse meio, como é o caso de aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Investimentos em pesquisa agropecuária, advindos tanto da esfera pública quanto da iniciativa privada, têm requerido cada vez mais esforços avaliativos no intuito de demonstrar como esses investimentos estão contribuindo para alcançar os objetivos propostos.

Normalmente, informações requeridas nesses processos avaliativos pelos tomadores de decisão provam a eficiência com que os recursos investidos são alocados e a produtividade desses investimentos. É o que ressaltam Maredia et al. (2014), em estudo

sobre avaliação do impacto da pesquisa agrícola, inovação institucional e adoção de tecnologia; e também Evenson, (2001), que tratou dos impactos econômicos da pesquisa e extensão agrícola, enfatizando a importância dessa avaliação devido ao crescente investimento público em pesquisa agrícola e a necessidade de investigar que tipo de retorno é alcançado ao final.

Os impactos econômicos são os mais levantados quando se trata desse processo de avaliação. A demanda por esse tipo de levantamento, em geral, se deve à necessidade de fomento por parte das instituições, que buscam auxílio financeiro para seus projetos, e também por parte das agências de fomento que buscam verificar a aplicação dos recursos disponibilizados e a eficácia e abrangência de sua distribuição.

Hulme (2000) ressalta que nos últimos anos, a avaliação de impacto se tornou um aspecto cada vez mais importante nas atividades de desenvolvimento das agências de fomento, as quais têm procurado assegurar que os fundos sejam bem gastos. Por essa razão, investigar os retornos econômicos dos recursos investidos é uma estratégia que fornece as informações desejadas.

Assim, metodologias para levantar impactos econômicos são as mais desenvolvidas e aplicadas, como pode ser visto nos estudos de Hulme (2000) sobre avaliação dos programas de micro-finanças e no trabalho elaborado pela equipe técnica da Pesquisa da Atividade Econômica Paulista (Paep), com o desenvolvimento de uma metodologia para levantar “informações sobre o Estado de São Paulo necessárias à caracterização de sua atividade econômica a partir de uma base pública de dados, a ser periodicamente atualizada” (1999, p. 23-24). Outros exemplos de avaliação de impactos econômicos podem ser encontrados nos estudos de Rich et al. (2012), quando analisam o assunto a partir da erradicação da peste bovina no Chade e na Índia, por meio do desenvolvimento de metodologia para avaliação custo-benefício.

Avaliações de impactos exclusivamente sociais não são facilmente encontradas na literatura. Nesses casos, geralmente estão associadas a outros estudos, como de impacto de adoção de tecnologias – por exemplo, o trabalho de Lacerda et al. (2011), que buscou avaliar os impactos da adoção de um sistema integrado de gestão em uma empresa do setor hoteleiro –, ou aqueles de caráter econômico (como nos trabalhos já mencionados de Hulme e Rich et al. 2012). Avaliações de cunho social também aparecem associadas a levantamentos de impactos ambientais, como nos estudos desenvolvidos por German et al. (2011) sobre os efeitos do cultivo de matérias-primas para produção de biocombustíveis em seis países da Ásia, África e América Latina; no trabalho de Liboni e Cezarino (2012) que trata dos

impactos sociais e ambientais da indústria da cana-de-açúcar no Brasil; e no de Mojo et al. (2015) sobre impactos sociais e ambientais das cooperativas agrícolas na Etiópia, dentre outros.

Na avaliação dos impactos ambientais, quando realizada exclusivamente com esse intuito, as metodologias usadas têm geralmente caráter mais específico, visando atender a demandas localizadas, como nos trabalhos de Mannarino et al. (2013) sobre impactos dos efluentes oriundos do tratamento combinado de lixiviado e esgoto doméstico sobre peixes; de Arrieta et al. (2016) que adaptaram uma metodologia para monitoramento e acompanhamento de aterros, avaliando seu impacto ambiental.

Avaliações multidimensionais, envolvendo mais de dois tipos de impacto, não são fáceis de fazer, pois demandam maior custo, mais pessoal e equipamentos. Por essa razão, é mais comum que instituições ou grupos de pesquisa concentrem esforços no levantamento de impactos que atendam suas necessidades perante ao órgão financiador, como é o caso da priorização de impactos socioeconômicos, socioambientais ou, ainda, dos impactos econômicos-ambientais, como mostrado anteriormente.

Nessa vertente multidimensional, avaliações de impactos básicos, econômicos, sociais e ambientais podem ser encontradas na literatura, abordando diversos temas. Alguns exemplos são os estudos desenvolvidos por Matsuoka e Kelly (1988) a respeito dos impactos ambientais, econômicos e sociais de um *resort* e do turismo sobre nativos havaianos; a obra de Wu (2008), que buscou entender o assunto ligando-o às mudanças do uso da terra ocorridas nos Estados Unidos durante 25 anos; o trabalho de Whalen (2014) sobre os impactos ambiental, social e econômico do fraturamento hidráulico, da perfuração horizontal e do aumento da acidez no solo na Califórnia, analisando o papel da legislação e dos instrumentos de regulamentação em vigor nesse estado.

No Brasil, a Embrapa também tem desenvolvido trabalhos anuais de avaliação de impactos nessa linha multidimensional, por meio de metodologias de referência apresentadas por Avila et al. (2008), cujos resultados são divulgados anualmente nos Balanços Sociais (BALANÇO, 2015).

Outros impactos também são avaliados, dependendo da especificidade da instituição e dos objetivos a serem alcançados, como é o caso dos impactos políticos-institucionais presentes em estudos realizados principalmente pela Embrapa, que podem ser vistos em Alencar et al. (2016). Os pesquisadores realizam uma avaliação multidimensional da adoção do Sistema de Monitoramento Agro meteorológico (Agritempo), que agregou à análise dos

impactos tradicionais (econômico, social e ambiental) a apreciação dos efeitos políticos-institucionais.

A análises de cunho espacial, envolvendo o impacto de instituições no espaço, são mais raras de encontrar na literatura. Um exemplo é o trabalho desenvolvido por Abebaw e Haile (2013), que abordaram o impacto de cooperativas na adoção de tecnologias agrícolas na Etiópia. Os autores defendem que a localização geográfica é um dos fatores fortemente associados à adesão à cooperativa por parte dos agricultores e que, por essa razão, as cooperativas podem desempenhar um papel importante na aceleração da adoção de tecnologias agrícolas por pequenos agricultores etíopes.

No Brasil é ainda mais difícil encontrar trabalhos dessa natureza. O estudo desenvolvido por Capanema et al. (2013) sobre o impacto das indicações geográficas de produção de uvas e vinhos na região do Vale dos Vinhedos, no Rio Grande do Sul, poderia ser um bom exemplo de análise geoespacial; no entanto, apesar da avaliação multidimensional (impactos econômicos, sociais e ambientais), o estudo não faz relação direta com os aspectos espaciais.

Por isso, a criação e utilização de métodos de avaliação de impactos não visa apenas avaliar tecnologias, como é feito atualmente na Embrapa, mas também criar programas tecnológicos, como fazem outras instituições (PAULINO et al., 2003).

No âmbito internacional há instituições similares à Embrapa que também realizam trabalhos relacionados à avaliação de impactos, como o International Center for Tropical Agriculture (CIAT), na Colômbia, além de outros membros do Consultative Group for International Agricultural Research (Cgiar), uma parceria de pesquisa agrícola de nível global que visa a segurança alimentar para o futuro. Seus estudos são realizados pelos quinze⁴ centros de pesquisa do Consórcio Cgiar, em colaboração com centenas de organizações parceiras.

Nos processos avaliativos a abordagem espacial geralmente não é mencionada, ou fica restrita a um caráter meramente locacional, como nos estudos de avaliação de impactos

⁴ Além do Ciat, na Colômbia, os seguintes centros de pesquisa integram o Cgiar: Africa Rice, Benin; Bioversity International, Itália; Center for International Forestry Research (Cifor), Indonésia; International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (Icarda), Líbano; International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (Icrisat), Índia; International Food Policy Research Institute (IFPRI), Estados Unidos; International Institute of Tropical Agriculture (Iita), Nigéria; International Livestock Research Institute (Ilri), Quênia/Etiópia; International Maize and Wheat Improvement Center (Cimmyt), México; International Potato Center (CIP), Peru; International Rice Research Institute (Irri), Filipinas; International Water Management Institute (IWMI), Sri Lanka; World Agroforestry Centre (Icraf), Quênia; e World Fish, Malásia) Mais informações sobre o Cgiar podem ser encontradas no site da instituição: <cgiar.org/about-us>

realizados na Embrapa e também, de forma geral, nos estudos com essa temática feitos por outros tipos de instituição.

2.1.1. A avaliação de impactos na Embrapa

As atividades avaliativas foram iniciadas na Embrapa com estudos envolvendo exclusivamente os impactos econômicos e realizados apenas em alguns de seus centros. A partir de 2001 essa avaliação foi institucionalizada, ou seja, tornou-se um processo permanente, anual e todos os centros de pesquisa da Empresa passaram a avaliar no mínimo de três tecnologias.

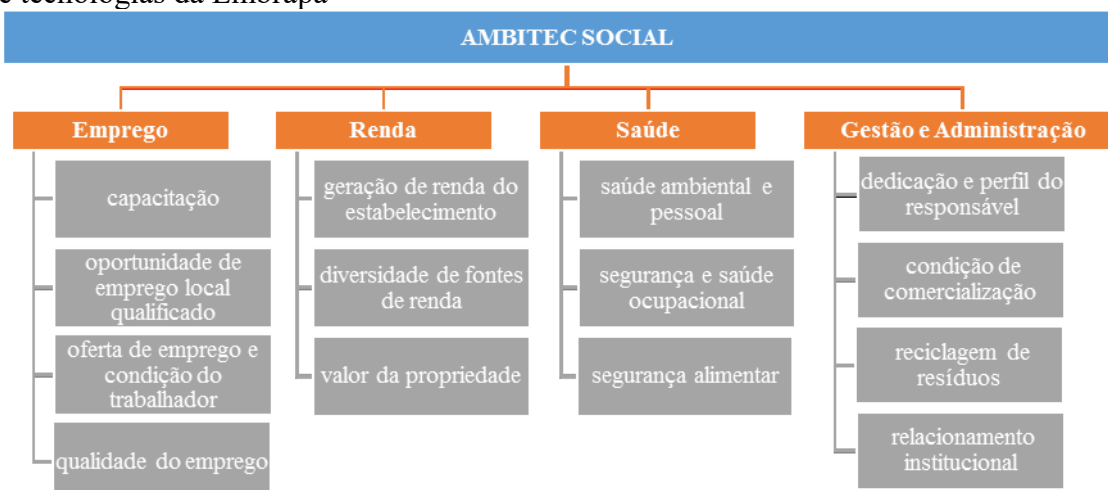
Essas avaliações são do tipo *ex-post*, quando os impactos são analisados após a adoção da tecnologia, e multidimensional, avaliando-se efeitos econômicos, sociais e ambientais por meio de metodologias de referência, como pode ser visto em Rodrigues et al. (2010), Avila et al. (2008) e Monteiro e Rodrigues (2006).

A longa experiência acumulada em diversos estudos de avaliação de impactos econômicos, sociais e ambientais realizados na Embrapa nas últimas décadas foram fundamentais para que as metodologias ora utilizadas fossem aperfeiçoadas e fez com que o exercício de avaliar impactos pudesse ser internalizado e sistematizado, tornando-se um processo, a partir de 2001.

Esse processo na Embrapa conta com metodologias de referência que buscam avaliar as inovações tecnológicas de forma multidimensional. Para avaliação dos impactos econômicos é utilizado o método do Excedente Econômico, o qual “permite que se estime o benefício econômico gerado pela adoção de inovações tecnológicas, comparativamente a uma situação anterior em que a oferta do produto era dependente da tecnologia tradicional.” (AVILA et al., 2008, p. 23)

Na avaliação dos impactos sociais e ambientais utiliza-se a metodologia denominada Sistema de Avaliação de Impacto da Inovações Tecnológicas (Ambitec). Composta por critérios que englobam uma série de indicadores que medem o desempenho da atividade rural (AVILA et al., 2008). No caso dos impactos sociais são utilizados indicadores próprios, por isso a metodologia é chamada Ambitec Social, composta por catorze indicadores distribuídos em quatro aspectos (emprego, renda, saúde e gestão e administração), conforme mostrado na Figura 10.

FIGURA 10 – Indicadores da metodologia de referência para avaliação de impactos sociais de tecnologias da Embrapa



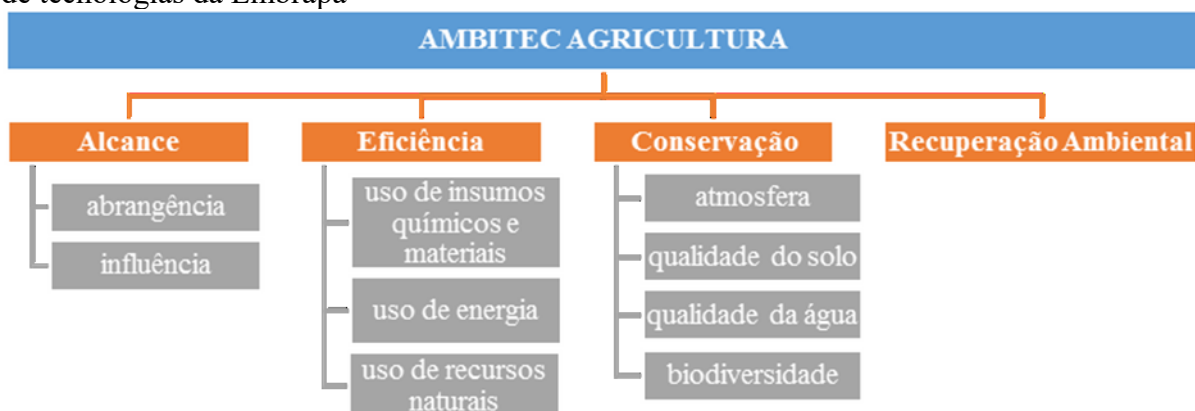
Fonte: Avila et al. (2008). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Além desses indicadores, os impactos sociais ainda são quantificados pela geração de empregos, de modo que a metodologia utilizada prevê a medição apenas do número de empregos adicionais gerados a partir da adoção de uma tecnologia Embrapa, comparativamente à situação anterior (AVILA et al., 2008).

No caso ambiental, a metodologia é chamada de Ambitec-Agro, composta por três módulos integrados com o intuito de abranger os setores produtivos rurais da agricultura (Ambitec-Agricultura), da produção animal (Ambitec-Produção Animal) e da agroindústria (Ambitec-Agroindústria), assim caracterizados, de acordo com Avila (2008):

a) Agricultura (impactos por unidade de área): composto pelos aspectos Alcance, Eficiência, Conservação e Recuperação Ambiental, reúne oito indicadores (Figura 11):

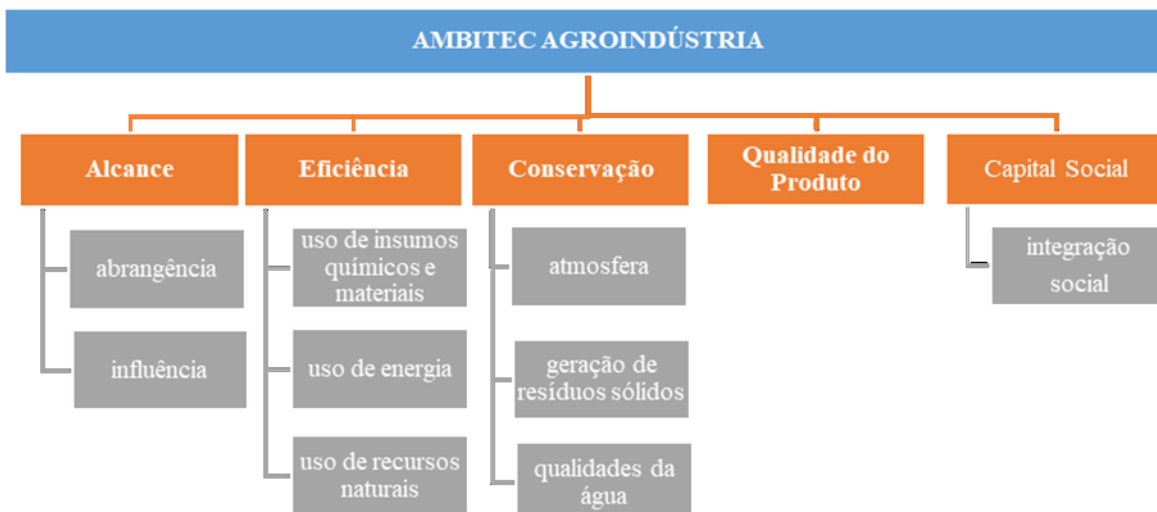
FIGURA 11 – Indicadores da metodologia de referência para avaliação de impactos sociais de tecnologias da Embrapa



Fonte: Avila et al. (2008). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

b) Agroindústria (impactos por estabelecimento agroindustrial): formado por oito indicadores organizados nos aspectos Alcance, Eficiência, Conservação, Qualidade do Produto e Capital Social (Figura 12):

FIGURA 12 – Indicadores da metodologia de referência para avaliação de impactos sociais de tecnologias da Embrapa



Fonte: Avila et al. (2008). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

c) Produção Animal (impacto por unidade animal): caracterizado por dez indicadores distribuídos nos aspectos: Alcance, Eficiência, Conservação Ambiental, Recuperação Ambiental, Qualidade do Produto e Bem-estar e Saúde Animal (Figura 13).

FIGURA 13 – Indicadores da metodologia de referência para avaliação de impactos sociais de tecnologias da Embrapa



Fonte: Avila et al. (2008). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Para ambos os impactos, sociais e ambientais, são feitos levantamentos, tabulação e análise dos dados em três etapas: i) são colhidas informações sobre a área geográfica onde a

tecnologia é adotada e sobre os usuários; ii) aplicam-se questionários em entrevistas individuais com os adotantes previamente selecionados; e iii) fazem-se análises e interpretações do índice de impacto gerado.

A aplicação dessas metodologias gera resultados que

permitem, ao produtor/administrador, averiguar quais impactos da tecnologia podem estar desconformes com seus objetivos de bem-estar social. Ao tomador de decisões, as avaliações permitem a indicação de medidas de fomento ou controle da adoção da tecnologia, segundo planos de desenvolvimento local sustentável, proporcionam uma unidade de medida objetiva de impacto, auxiliando na qualificação, seleção e transferência de tecnologias agropecuárias. (AVILA et al., 2008, p. 46).

Assim, visando contribuir com o processo no sentido de fornecer novas abordagens metodológicas e alternativas para a avaliação de impactos da Embrapa é que se propôs avaliar os impactos dos centros de pesquisa no contexto espacial.

Na avaliação dos impactos gerados é importante levar em consideração os mais diversos fatores para que a análise dos resultados permita conhecer todo o potencial daquilo que se está avaliando. Daí decorre o uso da multidimensionalidade.

Para isso, pretende-se incorporar às análises dos impactos feitas atualmente na Empresa, as abordagens da ciência geográfica, as quais possuem em seu arcabouço científico elementos que podem enriquecer as avaliações multidimensionais dos impactos.

2.1.1. Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados visaram primeiro a organização dos dados, seguido pela compilação dos métodos a serem utilizados, finalizando com a operacionalização, ou seja, unindo na prática os dados e os métodos por meio de um *software*, como descrito a seguir.

Os dados

Para execução de uma metodologia a primeira tarefa é verificar os tipos de dados a serem levantados e as facilidades de acesso a eles, visando uma boa organização da base de informações a ser utilizada em todo o processamento. São necessários dois tipos de dados: aqueles abrangendo variáveis referentes a instituição de pesquisa avaliada e sua atuação na difusão de tecnologias, incluindo as parcerias envolvidas nessas ações, dentre outros elementos que forem pertinentes à instituição; e dados relativos as tecnologias e sujeitos que são alvos da entidade analisada. A escolha de cada tipo de dado pode variar conforme a vocação da instituição e os resultados que se almeja alcançar.

Os métodos

Para cada etapa foi escolhido um método específico, visando o melhor tratamento possível para cada tipo de informação levantada e também para maior adequação ao objetivo a ser alcançado nas diferentes etapas. Dessa forma, para tratamento dos dados relativos às instituições, optou-se pelo método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que auxilia na decisão multicritério, oferecendo ao pesquisador um modo prático de ordenar variáveis. No caso dos produtos, o método escolhido foi a normalização dos dados, que expressa em uma escala padronizada os resultados gerados.

A operacionalização

Toda a operacionalização dos métodos usados será feita por meio de um *software* livre, com vistas a garantir amplo acesso das instituições de pesquisa à metodologia proposta e, assim, facilitar sua difusão e adoção.

2.2. Materiais e métodos

A elaboração de metodologias para avaliação de impactos é um importante instrumento de instituições em geral, pois além de agregar informações, permite trabalhar estatísticas e comparar dados, uma vez que há uma padronização dos elementos a serem levantados e também uma regularidade no processo avaliativo.

Os procedimentos metodológicos adotados para a construção da metodologia de avaliação espacial de impacto de instituições de pesquisa agropecuária buscam atender os seguintes requisitos:

- fácil entendimento e aplicação;
- baixo investimento de recursos e pessoal;
- processamento rápido;
- possibilidade de replicar em outras realidades.

A definição desses requisitos se deve ao fato de as instituições-alvo para aplicação da metodologia serem de caráter público e, por isso, não disporem de muitos recursos, nem de pessoal especializado ou mesmo de equipamentos e *softwares* adequados para tal processo.

Dessa forma, a busca pela simplicidade metodológica, derivada de procedimentos já consagrados na literatura e, alicerçada em *software* de fácil acesso (*open source*), contribui para a disseminação e continuidade dos processos avaliativos em instituições públicas de pesquisa.

2.2.1. Materiais e *softwares*

Neste trabalho optou-se por utilizar apenas *software* livre como ferramenta de processamento de dados e para a elaboração dos mapas finais. O *software* que atende a essa demanda é o QGis, versão 2.14.12, enquadrado como um Sistema de Informação Geográfica (SIG) cujo projeto oficial foi desenvolvido pela Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) e tem como característica importante o código aberto, permitindo aos usuários contribuir com sua evolução (QGis, 2016a e 2016b).

Por essa razão, há disponível no *software* diversos *plugins* desenvolvidos para atender as mais distintas finalidades. Dentre eles, será usado nesta metodologia o *plugin* AHP, cujas funcionalidades serão descritas posteriormente.

2.2.2. Métodos

Método AHP

O primeiro método a ser aplicado neste trabalho no processo de desenvolvimento de um índice é o Método de Análise Hierárquica, o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), no intuito de criar um *ranking* de atributos desejáveis para ponderação de variáveis. Posteriormente, essas variáveis podem ser usadas no cruzamento de mapas com a finalidade de gerar o índice de impacto espacial das instituições de pesquisa agropecuária.

O método AHP foi desenvolvido por Saaty (1987) entre 1971 e 1975 e tornou-se muito utilizado para tomada de decisão, adotado, por exemplo, em planejamentos gerais, na alocação de recursos e na resolução de conflitos, quando há necessidade de uma análise multicritério.

De acordo com Saaty (2008), para essa tomada de decisão é necessário: i) conhecer o problema, as necessidades e os propósitos dessa decisão; ii) levantar os critérios e subcritérios da decisão; iii) definir as partes interessadas, os grupos afetados e as ações alternativas a serem tomadas, para aplicar a técnica da melhor forma possível e assim cumprir o objetivo proposto.

Esse método trabalha com uma estrutura hierárquica, ou de rede, para representar um problema, comparando pares para estabelecer relações dentro da estrutura, por meio da construção de matrizes (SAATY, 1987). A elaboração das matrizes decorre do julgamento

dos critérios estabelecidos, definindo-se a importância relativa entre os pares de atributos, julgamento esse realizado por especialistas.

Desse julgamento se estabelece a ordem de importância de cada critério definido anteriormente para atingir um objetivo proposto, formalizando a estrutura hierárquica a ser utilizada na matriz pareada. Portanto, o próximo passo é aplicar o método AHP, fazendo a comparação pareada dos critérios dispostos na matriz, por meio de uma escala de pesos definida por Saaty (1977), seguindo a ordem de importância apresentada na Figura 14:

FIGURA 14 – Escala de avaliação contínua do método AHP

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
extremamente	muito	fortemente	moderadamente	igualmente	moderadamente	fortemente	muito	extremamente
← MENOS IMPORTANTE				MAIS IMPORTANTE →				

Fonte: Adaptado de Saaty (1977) e Eastman (2001) por Daniela Vieira Marques (2018).

Essa escala é utilizada da seguinte forma: para desenvolver os pesos, a pessoa ou o grupo responsável pela avaliação compara cada par de critérios, que já estão dispostos na matriz de acordo com a hierarquia determinada (Figura 15).

FIGURA 15 – Avaliação pareada dos critérios (linha em relação a coluna)

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	...
Critério 1	1	1/7	1/3	...
Critério 2	7	1	1/5	...
Critério 3	3	5	1	...
...

Fonte: Adaptado de Saaty (1977) por Daniela Vieira Marques (2018).

A matriz construída é simétrica, dessa forma pode-se preencher somente a metade triangular inferior, e a ferramenta AHP do QGIS completa automaticamente os cálculos com os valores recíprocos. Portanto, uma vez que na classificação do Critério 2 em relação ao Critério 1 seja atribuído 7, a classificação do Critério 1 em relação ao Critério 2 será de 1/7. Ao final, o procedimento de cálculo da matriz de comparação em pares produzirá um conjunto de pesos de melhor ajuste para cada critério (EASTMAN, 2001).

De posse dos pesos ajustados é importante avaliar a consistência desses resultados. Para isso, Saaty (1990) sugere o cálculo do índice de consistência (IC), do índice randômico (IR) e da razão de consistência (RC). O primeiro a ser calculado é o IC cujo resultado deve ser um valor próximo ao de variáveis ou indicadores usados na análise. Esse índice é calculado por meio da seguinte fórmula:

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad \text{Equação 2}$$

Em seguida é verificado o valor do IR mais adequado a ser usado no cálculo do RC. O valor do índice randômico (IR) deve ser retirado da tabela de valores para matrizes quadradas de ordem n estabelecida pelo Oak Ridge National Laboratory, EUA. Esse valor é fornecido de acordo com o número de variáveis ou indicadores utilizados quando da aplicação do método AHP. De acordo com os resultados desses índices, o uso de no mínimo três e no máximo quinze indicadores é recomendado por Saaty (1987), conforme Tabela 2.

TABELA 2 – Valores de IR para matrizes quadradas de ordem n .

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Saaty (1987)

Por fim, calcula-se a razão de consistência (RC) cuja finalidade é indicar a probabilidade de as classificações da matriz terem sido geradas aleatoriamente. Esse cálculo é dado pela seguinte formulação:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad \text{Equação 3}$$

Uma importante recomendação que deve ser seguida na aplicação do método AHP é observar que matrizes com classificações de RC maiores que 0,10 devem ser reavaliadas. Além da relação de consistência global, também é possível analisar a matriz para determinar onde as inconsistências surgem (SAATY, 1977, 1987, 1990 e 2008).

Assim como o cálculo da matriz, que é feito automaticamente no QGIS, no *plugin* Easy AHP, a avaliação, de todos os índices relativos à consistência dos resultados dos pesos é prontamente fornecida ao final da estimativa da matriz.

Pela facilidade do método AHP, diversas são suas aplicabilidades, a exemplo de trabalhos que usaram esse modelo multicritério de apoio à decisão como suporte. Costa et al. (2007) recorreram ao método para escolha de uma operadora de telefonia móvel; Pinese Júnior e Rodrigues (2012) o aplicaram na determinação da vulnerabilidade ambiental de uma bacia hidrográfica, estudo também realizado por Silva e Nunes (2009); Paula e Cerri (2012), empregaram o método na priorização de obras de intervenção em áreas e setores de risco geológico, dentre outros.

Combinado ao AHP, no *plugin* Easy AHP do QGIS, ao final do processamento está o método *Weighted Linear Combination* (WLC), ou Combinação Linear Ponderada. Essa

técnica é uma regra de decisão para a derivação de mapas compostos, sendo, de acordo com Malczewski (2000), um dos modelos de decisão mais usados em SIG e muito apropriado para relações entre objetivos e atributos que possuam uma estrutura hierárquica.

A aplicação do WCL⁵ no *plugin* Easy AHP tem, portanto, como finalidade gerar o mapa síntese final, no qual a importância de cada critério para o objetivo proposto deve ser multiplicada pelo seu peso, gerando um mapa síntese cujo resultado soma 1. Dessa forma, o mapa resultante terá a mesma escala de valores que os mapas de fatores padronizados que foram utilizados (DROBNE e LISEC, 2009).

Normalização de dados

Uma forma simples de gerar um índice ou mesmo padronizar dados em uma escala única, e até para uma melhor interpretação de valores numéricos de difícil interpretação, tem-se como alternativa a normalização de dados. A proposta metodológica utilizada neste trabalho se baseia nos estudos de García (2012), que sugere uma normalização pelo ajustamento linear por meio da aplicação da seguinte fórmula:

$$f_i = \frac{v_i - v_{min}}{v_{max} - v_{min}} * C \quad \text{Equação 4}$$

onde

f_i = valor do fator normalizado, v_i = valor de origem do fator, v_{max} = valor máximo, v_{min} = valor mínimo e C = gama de padronização.

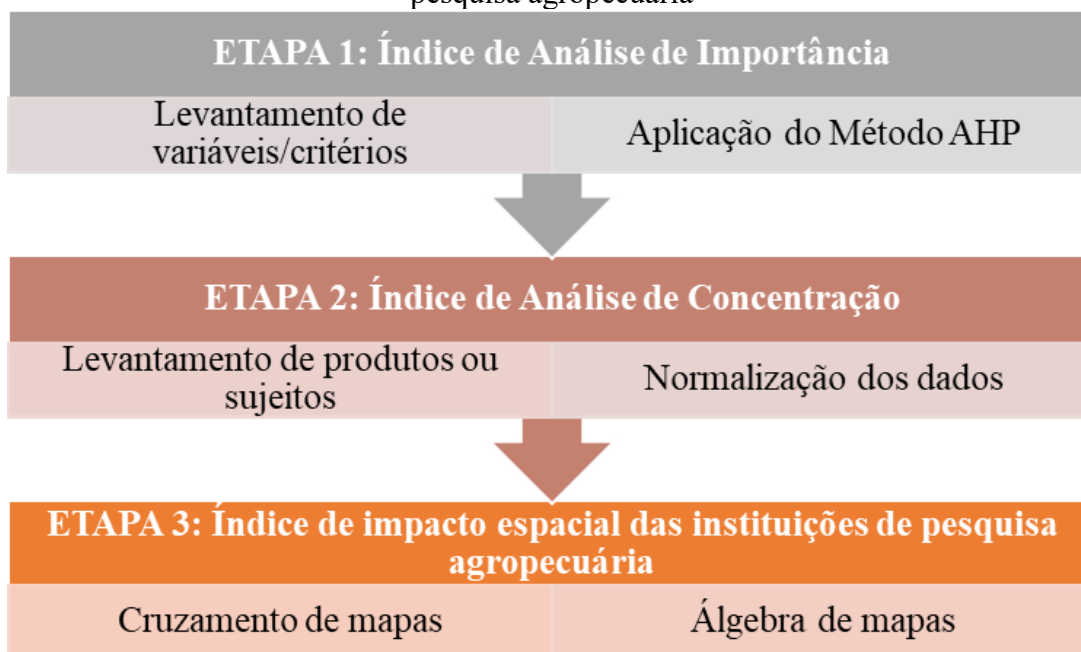
Esse procedimento conferirá uma padronização dos dados para a escala escolhida, por exemplo, de 0 a 1, ajudando assim numa interpretação mais simples e correta dos valores gerados.

2.3. Proposta metodológica para avaliação espacial de impacto de instituições de pesquisa agropecuária

A proposta metodológica apresentada na Figura 16 demonstra as etapas a serem seguidas para a geração do índice espacial de impacto das instituições de pesquisa agropecuária.

⁵ Para maiores detalhes da importância, aplicação, descrição e associação do método WLC com o AHP, consultar Malczewski (2000) e Drobne e Lisec, 2009.

FIGURA 16 – Etapas na construção do índice de impacto espacial das instituições de pesquisa agropecuária



Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Na primeira etapa, o que se procura é gerar como resultado final o índice de importância referente às ações desenvolvidas pelo centro de pesquisa para disseminar tecnologias nos locais de sua atuação. Dessa forma, serão levantadas as variáveis de acordo com a instituição de pesquisa avaliada, considerando seu foco de atuação, seu plano diretor e sua área de abrangência (local, estadual, regional ou nacional). Para o tratamento desses dados foi escolhido o método AHP, a fim de determinar a importância e o respectivo peso de cada variável.

A etapa dois abrange o levantamento dos produtos que fazem parte da atuação do centro de pesquisa, com a finalidade de gerar o índice de concentração dos produtos alvo da instituição. Após esse levantamento, é aplicada a normalização dos dados para verificar a concentração deles.

Por fim, de posse dos mapas gerados com os índices de importância e concentração, é feito o cruzamento dessas informações, a partir da álgebra de mapas, com vistas a determinar o índice de impacto espacial das instituições de pesquisa agropecuária, concluindo a terceira etapa.

2.3.1. Índice de importância das atividades desenvolvidas pelas instituições de pesquisa: aplicação do método AHP

Os dados

Os dados a serem utilizados devem contemplar o esforço do centro de pesquisa agropecuário em difundir suas tecnologias no espaço, com vistas a atingir seu público-alvo, seja ele composto por agricultores/pecuaristas, comunidade científica, estudante, e até mesmo a sociedade em geral. Tais informações devem ser levantadas para o ano avaliado.

Os dados levantados constituirão os critérios a serem utilizados na aplicação do método. A quantidade de critérios poderá ser definida caso a caso, dependendo do enfoque do centro de pesquisa. Ressalta-se que na técnica empregada deve-se usar no mínimo de três e no máximo de quinze critérios. Na Tabela 3 são apresentadas sugestões de variáveis que podem ou não ser utilizadas, total ou parcialmente; há possibilidade de agregar novos critérios ao rol proposto.

TABELA 3 – Exemplo de critérios/variáveis para aplicação do AHP

Critérios	Descrição
Parcerias	Aquelas firmadas pelo centro de pesquisa com instituições nacionais públicas e privadas no ano analisado.
Ações sociais	Atividades desenvolvidas no ano avaliado que ajudaram a aproximar o centro de pesquisa de seu público-alvo.
Tecnologia	Indicação geográfica das tecnologias avaliadas no ano.

Fonte: Balanço (2016). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Todos os critérios adotados devem ser situados geograficamente com base na localização do município de origem do objeto/sujeito investigado, utilizando, para isso, o código de referência fornecido pelo IBGE. Essa organização a partir do referido código facilita a tabulação dos dados no momento de cruzar da base de mapas com os dados das instituições.

Caso sejam incorporados novos critérios, devem ter total relação com as atividades desenvolvidas pelo centro de pesquisa antes de serem espacializados.

Os métodos

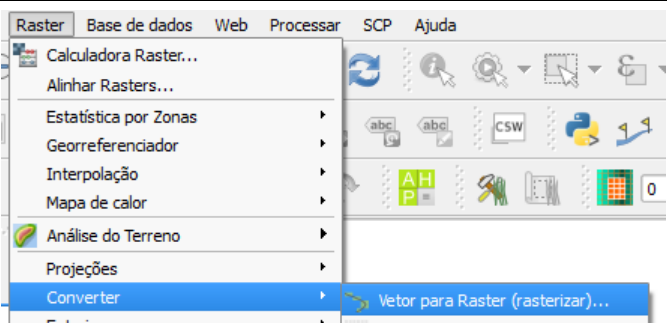
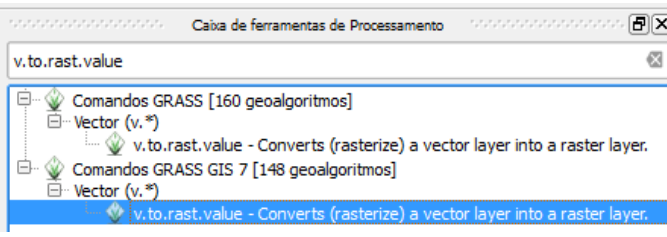
Os métodos usados, como já demonstrado anteriormente, são a Análise Hierárquica, *Analytic Hierarchy Process* (AHP), para a construção dos pesos dos indicadores, conforme Saaty (1977, 1987, 1990, 2008); e a Combinação Linear Ponderada, *Weighted Linear*

Combination (WLC), para a geração do mapa final, método descrito por Malczewski (2000) e Drobne e Lisec (2009).

A operacionalização

A partir da base de dados reunida e espacializada, na qual cada critério constitui um mapa em formato vetorial é necessário converter esses arquivos de vetor para raster⁶ usando a ferramenta rasterizar, ou pelo comando do Grass (Quadro 3). Essa transformação da base de dados de vetor para raster tem a função de facilitar os processamentos quando da aplicação do método AHP.

QUADRO 3 – Opções de ferramentas para conversão de arquivos vetoriais para raster

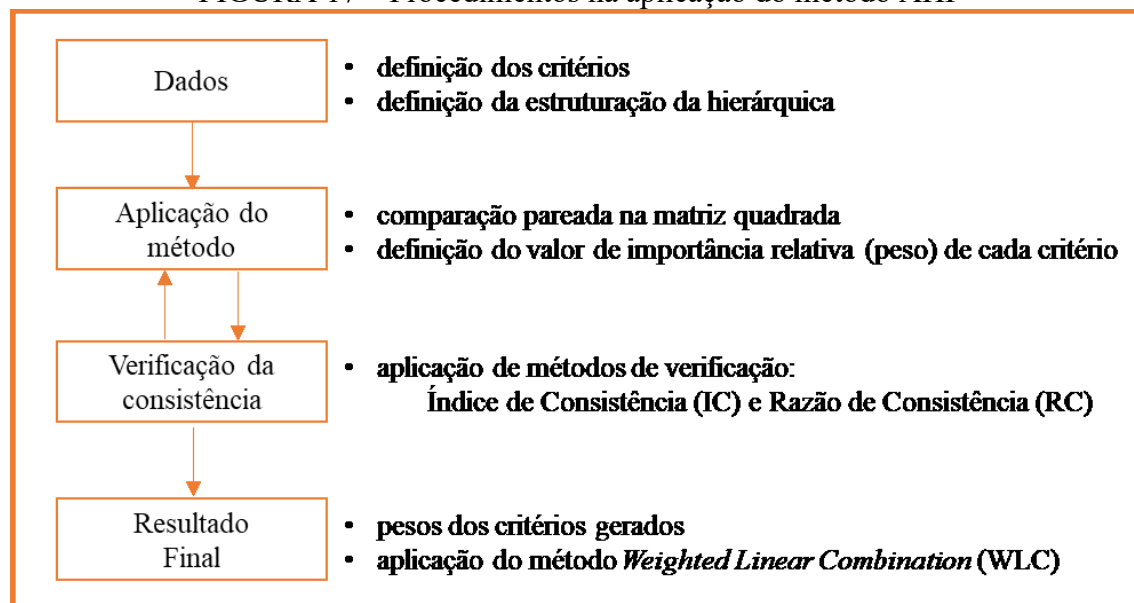
<p>Menu:</p> <p>Raster > Converter > Vetor para Raster</p>	
<p>Caixa de ferramentas do Grass:</p> <p>v.to.rast.value</p>	

Fonte: Imagens retiradas do *software* QGIS 2.14.12 (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Para aplicação do método AHP utilizando o *software* QGIS, via *plugin* Easy AHP, são necessários alguns procedimentos organizados em quatro etapas, como ilustra a Figura 17:

⁶ Dados raster são representações matriciais do terreno composta por colunas e linhas que definem células, também chamadas de pixels que possuem um valor referente ao atributo, bem como o número da coluna e da linha. Mais detalhes podem ser vistos em: <<http://ufrj.br/lga/tiagomarinio/aulas/5%20-%20Representacao%20de%20Dados%20Espaciais%20-%20Raster%20x%20Vetor%20x%20TIN.pdf>>

FIGURA 17 – Procedimentos na aplicação do método AHP



Fonte: Inspirado em Silva e Nunes (2009, p. 5438). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

O primeiro procedimento é iniciado com a definição dos critérios que comporão a matriz de comparação e o estabelecimento de sua ordem de importância, formalizando a estrutura hierárquica.

Essa definição é um julgamento feito por especialistas que avaliarão os impactos espaciais do centro de pesquisa. Após a construção da hierarquia das variáveis passa-se ao segundo procedimento, fazendo a comparação pareada dos critérios dispostos na matriz, por meio da escala de pesos definida por Saaty (1977), conforme Tabela 4.

TABELA 4 – Matriz de Comparação Pareada

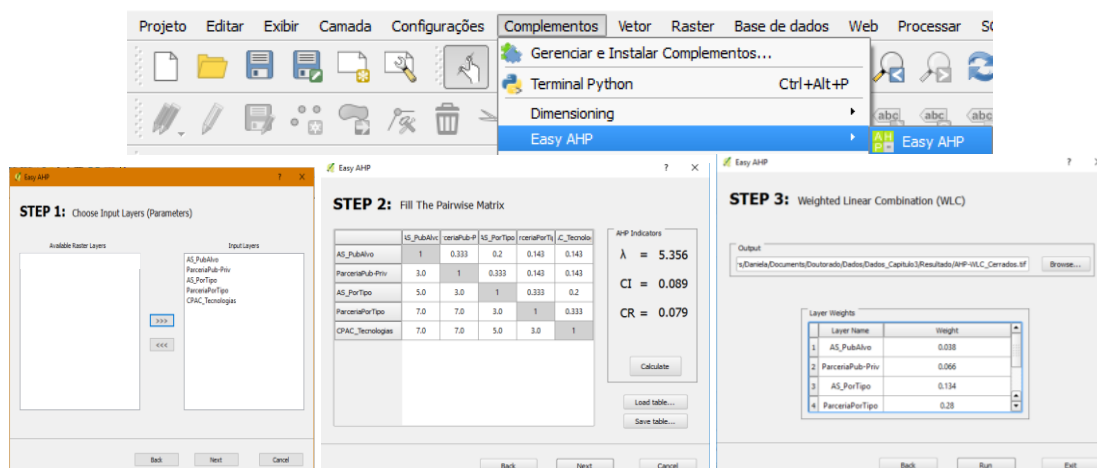
Critérios	Critério 1	Critério 2	Critério 3	...
Critério 1	1			
Critério 2		1		
Critério 3			1	
...				1

Fonte: Adaptado de Saaty (1977) por Daniela Vieira Marques (2018).

Como será usado o *plugin* Easy AHP, no QGIS, é necessário apenas o preenchimento da parte triangular inferior da tabela, pois a ferramenta completa as informações restantes.

No Easy AHP, após abrir a ferramenta (Figura 18), basta selecionar os critérios que serão usados, obedecendo a ordem hierárquica já definida na Tabela 3. Em seguida, preenche-se a tabela e calculam-se os índices de verificação de consciência, por fim, o WLC.

FIGURA 18 – Passos a passo para determinação dos pesos estatísticos executados no *plugin* Easy AHP



Fonte: Imagens retiradas do *software* QGis 2.14.12 (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Posteriormente, no terceiro passo, verifica-se a consistência dos resultados por meio dos índices já indicados. Na última etapa, após gerados os pesos por critério, aplica-se o método WLC para gerar o mapa síntese do Índice de Importância dos critérios analisados pelo centro de pesquisa.

2.3.2. Índice de concentração dos produtos fins das instituições de pesquisa: aplicação da normalização dos dados

Os dados

Os dados necessários para a construção do índice de concentração são aqueles referentes aos produtos gerados pela instituição de pesquisa investigada. As informações levantadas devem ser relativas ao ano avaliado, e coletadas em órgãos oficiais, como é o caso do Banco de Tabelas Estatísticas pertencentes ao Sistema IBGE de Recuperação Automática (Sidra).

Os dados devem ser organizados em uma planilha de modo que seja possível gerar um arquivo *shapefile*, ou seja, é preciso haver uma coluna com o código dos municípios, a qual será usada no momento de unir a planilha com o arquivo *shapefile* de municípios no *software*.

O método

Para gerar uma estimativa de concentração dos produtos analisados foi definido o uso da normalização dos dados, realizado conforme estudo de García (2012), a fim de

estabelecer a padronização em uma escala de 0 a 1. Esse procedimento visa manter a escala previamente definida, mantendo o padrão entre as variáveis.

A operacionalização

A normalização dos dados, em uma escala de 0 a 1 pode ser feita tanto na planilha quanto no *software* QGis, pois a aplicação da fórmula descrita na equação 4 é a mesma. Para agilizar o processo no QGis, é mais interessante realizar a normalização dos dados na planilha.

Feito isso, é necessário importar a planilha para o QGis e unir todas as planilhas importadas (apenas coluna normalizada) com um arquivo *shapefile* que contenha o código dos municípios brasileiros, por meio da ferramenta propriedades > uniões. Depois, em propriedades > salvar como, é preciso salvar o novo *shape* criado.

Ao criar um único shape com todos os produtos, em algumas células da tabela de atributos não haverá nenhum valor relacionado, por isso aparecerá na célula a palavra NULL. Essa expressão deverá ser substituída por zero (0) para que a soma das novas colunas possa ser concretizada.

Para gerar um índice único de concentração, na tabela de atributos, na calculadora de campo, é preciso criar uma nova coluna de números decimais com a soma de todas as colunas de produtos, dividida pelo número de colunas somadas. Converte-se o formato do mapa de vetor para raster, por meio da ferramenta: raster > converter > vetor para raster (rasterizar).

Ao final, em propriedades > estilo, atribui-se uma nova rampa de cores e uma classificação ao novo raster criado, gerando assim, o mapa síntese do Índice de Concentração dos produtos do centro de pesquisa avaliado.

2.3.3. Índice de Impacto Espacial das Instituições de Pesquisa (GeoImpacto)

A geração do índice final tem a função de mostrar o impacto espacial que as instituições de pesquisa agropecuária geraram ao longo do ano avaliado, por intermédio das ações realizadas, verificando a proximidade destas atividades desenvolvidas com as áreas produtoras. A seguir estão descritos os procedimentos necessários para gerar esse índice denominado GeoImpacto.

Os dados

Na composição do Índice de Impacto Espacial das Instituições de Pesquisa (GeoImpacto), os dados utilizados compreendem os mapas gerados a partir dos métodos AHP e da normalização de dados que traduzem os índices de Importância e Concentração.

O método

Para elaboração do índice de GeoImpacto é usada a álgebra de mapas, em que os resultados alcançados a partir dos índices de Importância e Concentração, como mostrado na Figura 19 são somados para obtenção do índice final.

FIGURA 19 – Construção do índice para avaliação do impacto espacial da instituição de pesquisa



Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

A operacionalização

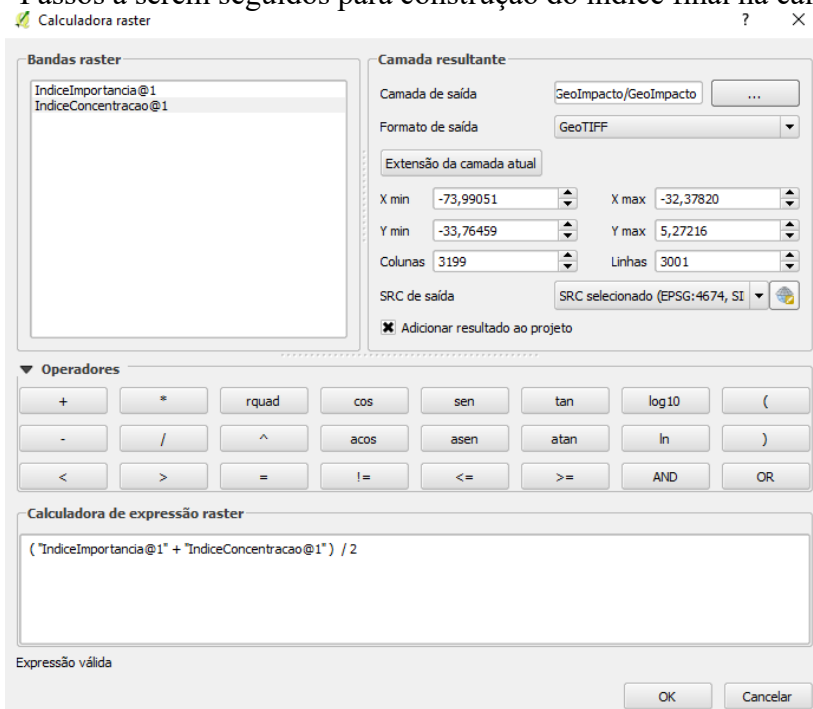
Para operacionalizar a metodologia é necessário primeiro organizar a base de dados seguindo os procedimentos já descritos nos itens anteriores e depois aplicar a equação conforme segue:

- 1) Organização da base de dados no QGis: os únicos arquivos necessários para compor a base de dados são os mapas finais dos índices de Importância e Concentração, no formato raster.
- 2) Trabalhando com álgebra de mapas no QGis: para gerar o mapa final, basta acessar, no menu “raster” a calculadora raster (Figura 20) e, usando os comandos disponíveis na ferramenta, inserir a seguinte equação:

$$\frac{(\text{ÍndiceImportancia} + \text{ÍndiceConcentrao})}{2}$$

Equação 5

FIGURA 20 – Passos a serem seguidos para construção do índice final na calculadora raster



Fonte: Imagens retiradas do *software* QGis 2.14.12 (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Será gerado, então, o mapa final com o Índice de Impacto Espacial das Instituições de Pesquisa do centro avaliado.

Considerações finais

A proposta de desenvolvimento de uma metodologia para avaliar o impacto espacial de instituições de pesquisa agropecuária com foco em diferentes tipos de centros de pesquisa, mostrou-se uma boa alternativa de diagnóstico desse tipo de instituição quando se trata de investigar sua atuação no espaço.

A utilização da análise espacial por meio de *software* gratuito se mostrou importante para uma ampla difusão da metodologia. Além disso, destaca-se a facilidade de aplicação, uma vez que a metodologia congrega o uso de técnicas bem difundidas no meio do geoprocessamento.

Essas técnicas estão compiladas em *plugins* ou mesmo no próprio menu do *software* livre, como é o caso daqueles usados para geração dos mapas de importância (AHP), de concentração (normalização dos dados) e o final com o índice de impacto espacial, no qual foi usada a calculadora raster.

Dessa forma, as ferramentas disponíveis em *softwares* livres são bons instrumentos para desenvolver metodologias que ajudem a entender o impacto das instituições de pesquisa agropecuária no espaço.

Por fim, esta metodologia que originou o GeoImpacto das instituições de pesquisa agropecuária é um importante instrumento para demonstrar o quão próximo está a instituição das áreas produtoras, informação relevante para a tomada de decisão em relação ao planejamento das ações a serem adotadas para difusão das tecnologias geradas.

Referências

- ABEBAW, D. e HAILE, M. G. The impact of cooperatives on agricultural technology adoption: Empirical evidence from Ethiopia. **Food Policy**, n. 38, 2013, p. 82–91.
- ALENCAR, J. R., ROMANI, L. A. S., MERLO, T. P., EVANGELISTA, S. R. M. e OTAVIAN, A. F. Avaliação dos impactos do uso do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo). **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 25, n. 1, jan/mar 2016, p. 5-19.
- ARRIETA, G., REQUENA, I., TORO, J. and ZAMORANO, M. Adaptation of EVIAVE methodology for monitoring and follow-up when evaluating the environmental impact of landfills. **Environmental Impact Assessment Review**, v.56, jan. 2016, p. 168–179. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2015.10.001>> Acesso em: 21 out. 2016.
- AVILA, A. F. D., STACHETTI, G. R., VEDOVOTO, G. L. (org.) **Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa: metodologia de referência**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- BALANÇO Social Embrapa 2015. Brasília – DF: Embrapa, Secretaria de Comunicação – Secom, Secretaria de Gestão e Desenvolvimento Institucional – SGI, 2016. Disponível em: <<http://bs.sede.embrapa.br/2015/index.html>> Acesso em 7 out 2016.
- CAPANEMA, L. M., ZACKIEWICZ, M., MELLO, L. M. R., CAETANO, S. F., GIANONI, C. e TONIETTO, J. Avaliação de impactos multidimensionais de indicações geográficas: o caso do Vale dos Vinhedos, Rio Grande do Sul. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 60, n. 2, p. 57-76, jul./dez. 2013
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). **The Impacts of CIAT's Collaborative Research**. Cali, Colombia, 2013, p. 1-8. Disponível em: <https://ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2013/04/impact_ciat_collaborative_research1.pdf> Acesso em 6 de set. 2016.
- CERRI, L. E. S. e PAULA, B. L. Aplicação do processo analítico hierárquico (AHP) para priorização de obras de intervenção em áreas e setores de risco geológico nos municípios de Itapeverica da Serra e Suzano (SP). São Paulo: UNESP, **Geociências**, v. 31, n. 2, 2012, p. 247-257.

COSTA, J. S. F., GONÇALVES, G. C., VAZ, L. M. M., MARTINS, M. B. Uma abordagem multicritério da telefonia móvel no estado do Rio de Janeiro através do método de análise hierárquica (AHP). **Cadernos do IME – Série Estatística**, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro – RJ, v. 22, 2007, p. 16 - 30.

DROBNE, S. LISEC, A. Multi-attribute Decision Analysis in GIS: Weighted Linear Combination and Ordered Weighted Averaging. **Informatica** 33, 2009, p. 459 - 474.

EQUIPE TÉCNICA DA PAEP. Pesquisa da Atividade Econômica Paulista: uma metodologia de produção de dados e de conhecimento. **São Paulo em Perspectiva**, v. 13, n. 1-2, 1999, p. 23-39. Disponível em: <http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v13n01-02/v13n01-02_03.pdf> Acesso em: 12 dez. 2015.

EASTMAN, J. R. Decision Support: decision strategy analysis. In: **Idrisi 32 Release 2: guide to Gis and Image Processing**. vol. 2. Worcester-MA-USA: Clark Labs, 2001, p. 1-22. Disponível em: <<http://www.clarklabs.org>> Acesso em 12 dez. 2016.

EVENSON, R. E. Economic impacts of agricultural research and extension. In: GARDENER, B. L. e RAUSSER, G. C., **Handbook of Agricultural Economics**, v. 1, Elsevier Science B.V. 2001, p. 573–628.

GARCÍA, A. R. **SIG, crimen y seguridad**: análisis, predicción y prevención del fenómeno criminal. Universidad Complutense de Madrid/Facultad de Geografía e Historia, 2012. (Máster en Tecnologías de la Información Geográfica) 65 p.

GERMAN, L., SCHONEVELD, G. C. and PACHECO, P. The social and environmental impacts of biofuel feedstock cultivation: evidence from multi-site research in the forest frontier. **Ecology and Society**, v. 16, n. 3, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5751/ES-04309-160324>> Acesso em: 18 out. 2016.

HULME, D. Impact Assessment Methodologies for Microfinance: Theory, Experience and Better Practice. **World Development**, Great Britain, v. 28, n. 1, p.79-98, jan. 2000. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X99001199>>. Acesso em: 4 nov. 2015.

LACERDA, D. P., SALIBA, L. R. SOARES, P. F. Avaliação de impactos em processos de negócio pela adoção de Sistema Integrado de Gestão: análise exploratória em uma empresa hoteleira. **Teoria e Prática em Administração**, v. 1, n. 1, 2011, p. 18-42.

LIBONI, L. B. and CEZARINO, L. O. Social and environmental impacts of the sugarcane industry. **Future Studies Research Journal**. v. 4, n. 1, São Paulo, jan.-jun. 2012. p. 196-227

MALCZEWSKI, J. On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS: Common and Best Practice Approaches. **Transactions in GIS**, v. 4, n. 1, 2000, p. 5-22. <https://doi.org/10.1111/1467-9671.00035>

MANNARINO, C. F.; MOREIRA, J. C.; FERREIRA, J. A. e ARIAS, A. R. L. Avaliação de impactos do efluente do tratamento combinado de lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico sobre a biota aquática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, p. 3235-3243. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232013001100014>

- MAREDA, M. K., SHANKAR, B., KELLEY, T. G.E. and STEVENSON, J. R. Impact assessment of agricultural research, institutional innovation, and technology adoption: Introduction to the special section. **Food Policy**, n. 44, 2014, p. 214–217.
- MARQUES, D. V. e PENTEADO FILHO, R. C. Balanço Social da Embrapa: um instrumento de comunicação social e marketing. In: Congresso Mundial de Comunicação Ibero-Americana, 2, 2014, Braga-Portugal. **Anais...** Braga-Portugal, 2014, p. 3347-3361.
- MATSUOKA and KELLY, T. The Environmental, Economic, and Social Impacts of Resort Development and Tourism on Native Hawaiians. **The Journal of Sociology & Social Welfare**, v. 15, n. 4, dez. 1988. p. 29-44. Disponível em: <<http://scholarworks.wmich.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1868&context=jssw>> Acesso em: 19 out 2016.
- MEDEIROS, C.N.; PINHEIRO, F.S.A.; SOUZA, G.M.; PINHEIRO, D.R.C. Correlações espaciais entre homicídios e concentração de aglomerados subnormais em Fortaleza/CE/Brasil. **Revista GeoUECE** -Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE Fortaleza/CE, v. 2, n. 1, p. 92-110, jan./jun., 2013. Disponível em <<http://seer.uece.br/geoeuce>> Acesso em 15 dez. 2016.
- MOJO, D. FISCHER, C. and DEGEFA, T. Social and environmental impacts of agricultural cooperatives: evidence from Ethiopia. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 22, 2015. p. 388-400.
- MONTEIRO, R.C., RODRIGUES, G. S. A system of integrated indicators for socio-environmental assessment and eco-certification in agriculture – Ambitec-Agro. **Journal of Technology Management and Innovation**, v. 1, n. 3, 2006, p. 47-59.
- PINESE JÚNIOR, J. F. e RODRIGUES, S. C. O Método de Análise Hierárquica – AHP – como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Piedade (MG). **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 23, 2012, p. 4-26.
- RICH, K. M., ROLAND-HOLST, D. and OTTE, J. An assessment of the socio-economic impacts of global rinderpest eradication: methodological issues and applications to rinderpest control programmes in Chad and India. **FAO Animal Production and Health Working Paper**, n. 7, Rome, 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i2584e.pdf>> Acesso em: 20 out. 2016.
- RODRIGUES, G.S., BUSCHINELLI, C. C. A. e AVILA, A. F. D. An Environmental Impact Assessment System for Agricultural Research and Development II: Institutional Learning Experience at Embrapa. **Journal of Technology Management and Innovation**, v. 5, n. 4, 2010, p. 38-56. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242010000400004>
- SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal Mathematical Psychology**, v. 15, p. 234-281, 1977. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- _____. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, p. 9-26, 1990. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1)

_____. Decision making with the analytic hierarchy process. **Int. J. Services Sciences**, vol. 1, n. 1, 2008. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)

SAATY, R. W. The Analytic Hierarchy Process: what it is and how it is used. **Mathl Modelling**, vol. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987.

SILVA, C. A. e NUNES, F. P. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. 2009, Natal. **Anais...** Natal, INPE, 2009. p. 5435-5442.

WHALEN C. **The Environmental, Social, and Economic Impacts of Hydraulic Fracturing, Horizontal Drilling, and Acidization in California**. Claremont McKenna College – CMC: 2014 (Senior Theses). Disponível em <http://scholarship.claremont.edu/cmc_theses/969> Acesso em: 20 out 2016.

WU, J. J. Land Use Changes: Economic, Social, and Environmental Impacts. **Choices**, n. 23, 2008. p. 6-10. Disponível em <http://www.choicesmagazine.org/UserFiles/file/article_49.pdf> Acesso em: 19 out 2016.

3. ÍNDICE ESPACIAL DE IMPACTO INSTITUCIONAL: RESULTADOS E ANÁLISE

Considerações iniciais

A evolução da pesquisa agropecuária no Brasil está intimamente relacionada às instituições criadas pelo poder público que ajudaram a disseminar a investigação no meio rural por todo o país. Nesse contexto, a criação da Embrapa no início da década de 1970 foi um marco, pois se deu com a modernização da agricultura e o avanço da fronteira agrícola, processos estes que se intensificaram a partir dessa década.

A aposta era desenvolver um sistema cooperativo de estudo apoiado em centros nacionais de pesquisa agropecuária, ligados diretamente à Embrapa, e em instituições estaduais de pesquisa, na iniciativa particular, além de manter uma estreita articulação com a comunidade científica nacional e internacional, como ressaltou o primeiro presidente da Embrapa, Eliseu Alves (1980).

Toda essa articulação em prol da pesquisa resultou na criação oficial do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), em 1992, formado pelas instituições já mencionadas e liderado pela Embrapa.

Nessa perspectiva, a Empresa foi pioneira na implantação de um sistema de avaliação de impactos de suas tecnologias que passou a ser referência para outras instituições nacionais e internacionais desse setor, cujos resultados têm sido divulgados anualmente no Balanço Social (BALANÇO, 2015).

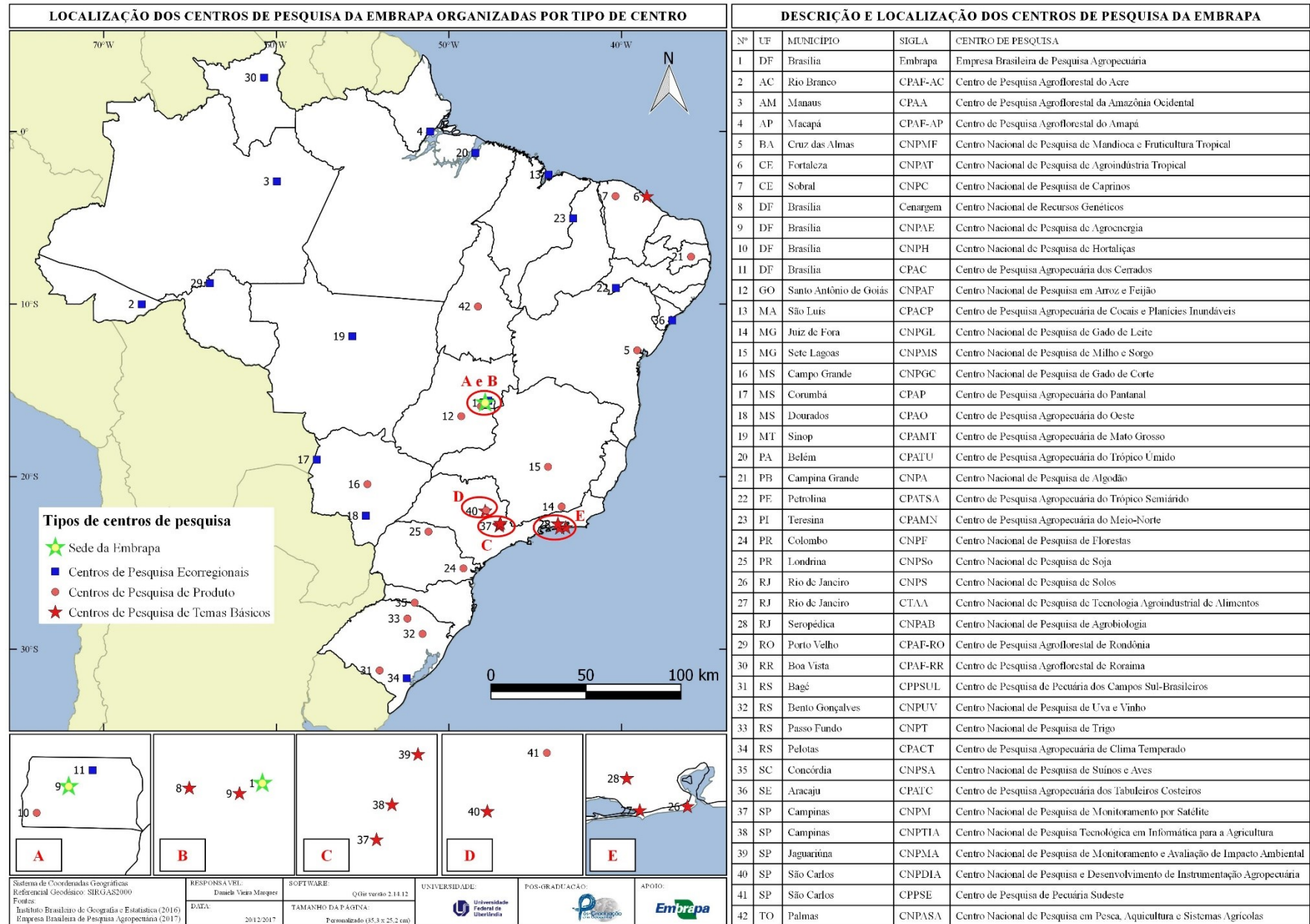
Portanto, o objetivo é conhecer o índice de impacto espacial de diferentes centros de pesquisa da Embrapa, por meio da metodologia desenvolvida para essa finalidade.

Após estas considerações, a seção está organizada da seguinte forma: caracterização da Embrapa, apresentando os centros de pesquisa que a compõem; materiais e métodos utilizados; os resultados alcançados em cada um dos centros; considerações finais; e referências utilizadas.

3.1. Caracterização da Embrapa

A criação da Embrapa na década de 1970 viabilizou a pesquisa voltada para atender as demandas do campo por meio de uma estrutura física que compreende vários tipos de centros de pesquisa que foram descentralizados por todo o território brasileiro. Essa estrutura é composta por uma rede de 42 centros de pesquisa, organizados em três tipos: ecorregionais; de produto; e temático, conforme Mapa 9.

MAPA 9 – Localização dos centros de pesquisa da Embrapa no Brasil



Há ainda cinco unidades de serviço espalhadas pelo território nacional e quinze unidades centrais, em Brasília, que auxiliam na área administrativa e gerencial.

A Embrapa, ao longo de sua história, tem realizado estudos envolvendo a avaliação de impactos de seus produtos, buscando demonstrar sua atuação no meio rural, por meio de tecnologias. Essas avaliações são multidimensionais e do tipo *ex-post*, caracterizado pela análise dos impactos econômicos, sociais e ambientais após a adoção da tecnologia.

Essa normatização da avaliação de impactos só foi possível devido ao desenvolvimento de metodologias de referência, seguida por todos os centros, como pode ser visto em Avila et al. (2008).

A análise multidimensional, proporcionada pelas metodologias de referência usadas na Embrapa para avaliar os impactos de suas tecnologias, é o grande diferencial desse processo, pois busca captar o maior número de resultados gerados, ofertando à sociedade um conhecimento mais amplo dos produtos/tecnologias que estão sendo criados e adotados.

Essa dinâmica multidimensional é válida não apenas para metodologias usadas na avaliação de produtos, tecnologias e, processos, como também para construção de métodos voltados a diagnosticar o próprio centro de pesquisa como um todo, pois esse, assim como produtos/tecnologias, possui diversas nuances que precisam ser conhecidas e analisadas.

Portanto, há sempre necessidade de ampliar e diversificar as avaliações de impactos, uma vez que a Embrapa é referência nessa área e estimula as demais instituições de pesquisa, principalmente aquelas vinculadas ao SNPA, a também adotarem metodologias para avaliar seus impactos.

Diante dessa perspectiva, a análise espacial, surge como mais uma alternativa ao processo de investigação, dada sua importância estratégica. Assim, a aplicação da metodologia para avaliação do impacto espacial em instituições de pesquisa agropecuária contempla essa nova temática avaliativa.

3.2. Materiais e métodos

Os procedimentos adotados neste estudo compreendem o uso de um *software* livre e da metodologia para avaliação do impacto espacial em instituições de pesquisa agropecuária, denominada GeoImpacto.

A ferramenta escolhida é o *software* QGis, versão 2.14.12, cuja documentação de apoio ao usuário bem como todos os instrumentos necessários para aplicação da metodologia que será usada no processo de avaliação estão disponíveis no site (QGis, 2015).

Índice de importância

Para gerar o índice de importância referente às atividades desenvolvidas pelos centros de pesquisa em sua área de abrangência, foi escolhido o Método de Análise Hierárquica, *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Ele tem a função de ajudar na criação de um *ranking* de variáveis atribuindo-lhes pesos, convertidos em índices numa escala de 0 a 1, e gerando o índice de importância das ações realizadas pelos centros de pesquisa agropecuária na sua área de atuação.

O método desenvolvido por Saaty entre 1971-1975 (1987), como mostrado no item 2.2.2, usado em análise multicritério, prevê sua aplicação em alguns passos.

O primeiro passo para gerar o índice de importância das atividades desenvolvidas em cada centro de pesquisa é a escolha de variáveis e critérios. Essa escolha deve estar relacionada com a atuação do centro na disseminação de suas pesquisas para a sociedade em geral. A Tabela 5 apresenta as variáveis e seus respectivos critérios disponíveis para serem ponderados de acordo com cada tipo de centro.

TABELA 5 – Relação das variáveis disponíveis com seus respectivos critérios

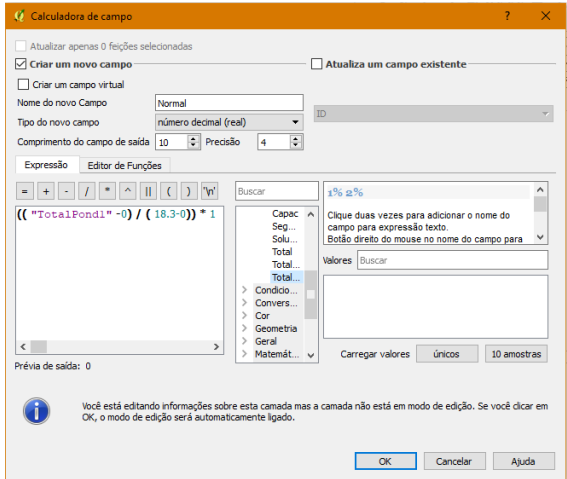
Variáveis	Critérios associados disponíveis
1 Tecnologias	1 - Cultivares; 2 - Práticas e processos; 3 - Insumo agropecuário; 4 - Metodologia científica; 5 - Máquinas; equipamentos e instalações; 6 - Estirpes; 7 - Monitoramento e zoneamento; 8 - <i>Softwares</i>
2 Ações sociais por tipo	1 - Capacitação; 2 - Segurança alimentar; 3 - Bem-estar; 4 - Soluções tecnológicas
3 Ações sociais por público alvo	1 - Organizações públicas; 2 - Organizações privadas; 3 - Organizações público-privadas; 4 - Agricultores; 5 - Empregados, estudantes, estagiários
4 Parcerias por tipo de ação	1- Projeto; 2- Ação Gerencial; 3- Eventos; 4- Publicação Científica; 5- Publicação Técnica
5 Parcerias por tipo de instituição	1 - Instituições privadas; 2 - Instituições públicas; 3 - Centros de pesquisa da Embrapa

Fonte: Balanço (2015). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Os centros estudados possuem atuações diversas no âmbito da pesquisa. Por esse motivo, no intuito de atender as suas especialidades, a definição de variáveis e critérios que serão alvo da análise de importância poderá mudar seja apenas na hierarquia da aplicação do método AHP, na subtração ou acréscimo de variáveis ou mesmo na ponderação dos critérios em cada uma das variáveis. Portanto, a ordem hierárquica usada no método deve ser sempre avaliada quando da aplicação da metodologia em outras realidades.

A preparação e organização desses dados, detalhados no Quadro 4, também são passos importantes para satisfatória aplicação do método AHP e a geração de um índice que realmente ilustre a ação do centro de pesquisa no meio em que está inserido.

QUADRO 4 – Preparação e organização dos dados

Procedimentos		Ferramenta
1	Organizar dados por variável em planilhas	Criar planilha no Excel
2	Ponderar os critérios que formam cada uma das variáveis	No Excel, definir um peso para cada critério por meio da expressão*: $((Cri_1 \times P^1) + (Cri_2 \times P^2) + (Cri_n \times P^n)) / \sum P^n$
3	Importar planilhas para o QGis	Camada > Adicionar Camada
4	Criar mapas para cada uma das variáveis	Fazer a união de cada planilha importada com um arquivo <i>shapefile</i> que contenha o nome dos municípios brasileiros, por meio da ferramenta: Propriedades > Uniões
5	Normalização dos dados para a escala de 0 a 1	Construir a seguinte expressão** na Calculadora de Campo: $((NuTa - MeNu) / (MaNu - MeNu)) \times 1$ 
6	Converter o formato dos mapas de vetor para raster	Raster > Converter > Vetor para raster (rasterizar)

*Cri (critério), P (peso); **NuTa (número na tabela, ou seja, seleciona-se a coluna que contenha os valores a serem normalizados), MaNu (maior número, ou seja, digite na fórmula o maior número encontrado), MeNu (menor número, ou seja, digite-se na fórmula o menor número encontrado).

Fonte: Imagens retiradas do *software* QGis 2.14.12 (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018). Nota: A licença do *software* Excel utilizada é própria, mas ressalta-se que é possível utilizar outro tipo de programa de planilha eletrônica.

Após a organização dos dados, é necessário agora construir a matriz pareada. Para facilitar essa operação no *software* QGis, organizam-se primeiro os dados em uma tabela, reunindo as variáveis escolhidas para compor o índice de importância posicionando-as de acordo com sua ordem de relevância na composição do índice. Essa ordem pode variar de um centro para outro, conforme objetivos e missões. A construção da tabela para pareamento dos dados deve seguir a lógica mostrada na Tabela 6.

TABELA 6 – Avaliação pareada dos critérios (linha em relação a coluna)

	Variável 1	Variável 2	Variável 3	...
Variável 1	1			...
Variável 2		1		...
Variável 3			1	...
...

Fonte: Adaptado de Saaty (1977)

O preenchimento da tabela deve levar em consideração a seguinte escala de importância, indicada na Figura 21:

FIGURA 21 – Escala de avaliação contínua do método AHP



Fonte: Adaptado de Saaty (1977) e Eastman (2001).

Em seguida, com a tabela pareada preenchida segundo os requisitos mencionados, deve-se partir para os passos descritos no Quadro 5:

QUADRO 5 – Procedimentos e respectivas ferramentas para aplicação do método AHP

	Procedimentos	Ferramenta
1	Em um novo projeto, abrir os arquivos raster de cada variável	Camada > Adicionar Camada do tipo raster
2	Aplicar o método AHP	Abrir a ferramenta em: Complementos > Easy AHP
3	Verificação das consistências resultantes, por meio dos índices adequados	Reaplicar o método AHP usando a ferramenta Easy AHP até obter os pesos dentro dos parâmetros determinados por Saaty.
4	Aplicar estilo no mapa gerado	Em Propriedades > Estilo, modificar a rampa de cores e a classificação do raster

Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Após realizados os procedimentos detalhados anteriormente, tem-se como resultado final o mapa de importância das atividades desenvolvidas pelo centro de pesquisa.

Índice de concentração

O índice de concentração é obtido a partir da normalização e soma de todos os produtos que são foco da atuação do centro de pesquisa avaliado.

Cada centro de pesquisa tem sua área de atuação desenvolvendo produtos/tecnologias conforme sua missão e objetivos. A escolha desses produtos leva em

consideração as atividades desenvolvidas pelo centro de pesquisa no ano avaliado, os produtos lançados nesse ano e a disponibilidade de informações sobre eles no IBGE. Dessa forma, pode haver variação de um ano para outro em relação aos produtos/tecnologias que serão utilizados na elaboração do índice de concentração.

Nesse método, as informações devem ser organizadas em uma planilha e estar preparadas de modo que seja possível unir a planilha com um arquivo *shapefile*, por exemplo, é necessário que a planilha contenha os códigos dos municípios brasileiros.

Os passos para isso estão resumidos no Quadro 6:

QUADRO 6 – Procedimentos e respectivas ferramentas para elaboração do índice de concentração

Procedimentos		Ferramenta
1	Organizar dados por produto em planilhas	Criar planilhas no Excel
2	Normalizar os dados nas planilhas, na escala de 0 a 1, pela coluna área plantada ou número de cabeças	Nas planilhas Excel usar a expressão*: $((\text{NuTa} - 0) / (\text{MaNu} - \text{MeNu})) \times 1$
3	Importar todas as planilhas para o QGis	Camada > Adicionar Camada
4	Criar uma única camada (<i>shape</i>) com as colunas normalizadas de todos os produtos	Fazer a união de todas as planilhas importadas (apenas coluna normalizada) com um arquivo <i>shapefile</i> que contenha o nome dos municípios brasileiros, por meio da ferramenta: Propriedades > Uniões
5	Salvar o shape criado com as novas colunas	Em Propriedades > Salvar como, salvar o novo <i>shape</i>
6	Substituir dados nulos (denominados 'NULL') na Tabela de atributos da nova Camada, por zero (0)	Na Tabela de atributos, selecione apenas as linhas que contenham NULL, referente a coluna do primeiro produto, em Calculadora de Campo, marque para atualizar a coluna do primeiro produto, e digite a expressão: NULL IS 0 Repita essa operação para todas as demais colunas de produto
7	Criar uma nova coluna com a soma dos produtos na Tabela de atributos	Na Tabela de atributos, na Calculadora de campo, criar uma nova coluna de números decimais com a soma de todas as colunas de produtos, dividida pelo número de colunas somadas
8	Converter o formato dos mapas de vetor para raster	Raster > Converter > Vetor para raster (rasterizar)
9	Aplicar estilo no mapa gerado	Em Propriedades > Estilo, modificar a rampa de cores e a classificação do raster

*NuTa (número na tabela), MaNu (maior número), MeNu (menor número). Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018). Nota: A licença do *software* Excel utilizado é própria, mas ressalta-se que é possível utilizar outro tipo de programa de planilha eletrônica.

Após realizados esses procedimentos, tem-se o mapa de concentração dos produtos analisados.

Índice de Impacto Espacial de Instituições de Pesquisa Agropecuária (GeoImpacto)

O índice final, que mostra o impacto espacial de instituições de pesquisa agropecuária, é obtido a partir da soma dos índices de importância e concentração. Para isso é feita a álgebra de mapas entre os índices gerados por meio da ferramenta calculadora raster que facilita o cruzamento de mapas, processo detalhado no Quadro 7.

QUADRO 7 – Procedimentos e respectivas ferramentas para aplicação do método AHP

Procedimentos	Ferramenta
1 Em um novo projeto, abrir os arquivos raster referentes aos índices de importância e concentração	Camada > Adicionar Camada do tipo raster
2 Fazer a álgebra de mapas	No menu Raster > Calculadora de campo, construa a seguinte expressão: (IndiceImportancia + IndiceConcentracao)/2
3 Aplicar estilo no mapa gerado	Em Propriedades > Estilo, modificar a rampa de cores e a classificação do raster

Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Após realizada a álgebra de mapas, tem-se o mapa final com o Índice de Impacto Espacial de Instituições de Pesquisa Agropecuária (GeoImpacto).

3.3. Resultados e discussão

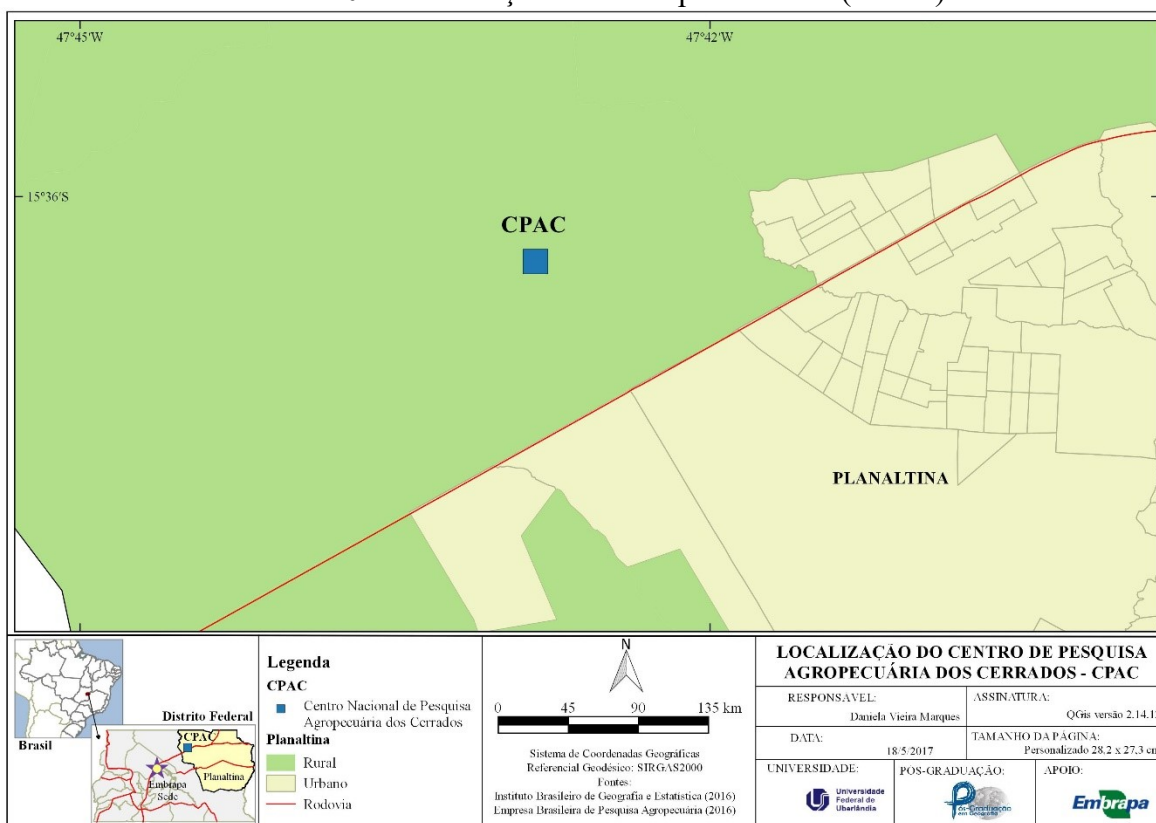
Os resultados alcançados pela aplicação do índice de GeoImpacto foram organizados por tipo de centro de pesquisa, no intuito de demonstrar as particularidades de cada um e as possibilidades de análise disponíveis, uma vez que as realidades desses centros são bem distintas devido ao tipo de produto gerado, a sua abrangência e ao público-alvo. Portanto, os resultados e a discussão estão agrupados por centro de pesquisa ecorregional, de produto e temático.

3.3.1. Centro de pesquisa ecorregional: metodologia aplicada a Embrapa Cerrados

Na Embrapa são, ao todo, quinze centros de pesquisa ecorregionais distribuídos pelo território brasileiro, conforme Mapa 10. Dentre esses, foi escolhido o Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) para aplicação da nova metodologia.

A Embrapa Cerrados foi criada em 1975 com a missão de “gerar e viabilizar soluções por meio de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade do Bioma Cerrado, atendendo às necessidades da sociedade brasileira” (EMBRAPA, 2011, p. 18). Diante disso, é enquadrada como um centro de pesquisa ecorregional, localizada no Distrito Federal, na zona rural da cidade satélite de Planaltina, como pode ser visto no Mapa 10.

MAPA 10 – Localização da Embrapa Cerrados (CPAC)



A Embrapa Cerrados desenvolve pesquisas com o intuito de “viabilizar o desenvolvimento da competitividade e da equidade social, melhoria da qualidade e redução dos custos nas diferentes cadeias produtivas que compõem a agricultura da Região do Cerrado” (EMBRAPA, 2011, p. 19).

Além disso, ainda tem como finalidades a caracterização, o zoneamento e planejamento ambiental do bioma, avaliando os impactos socioeconômico e ambiental de tecnologias desenvolvidas para a região do bioma.

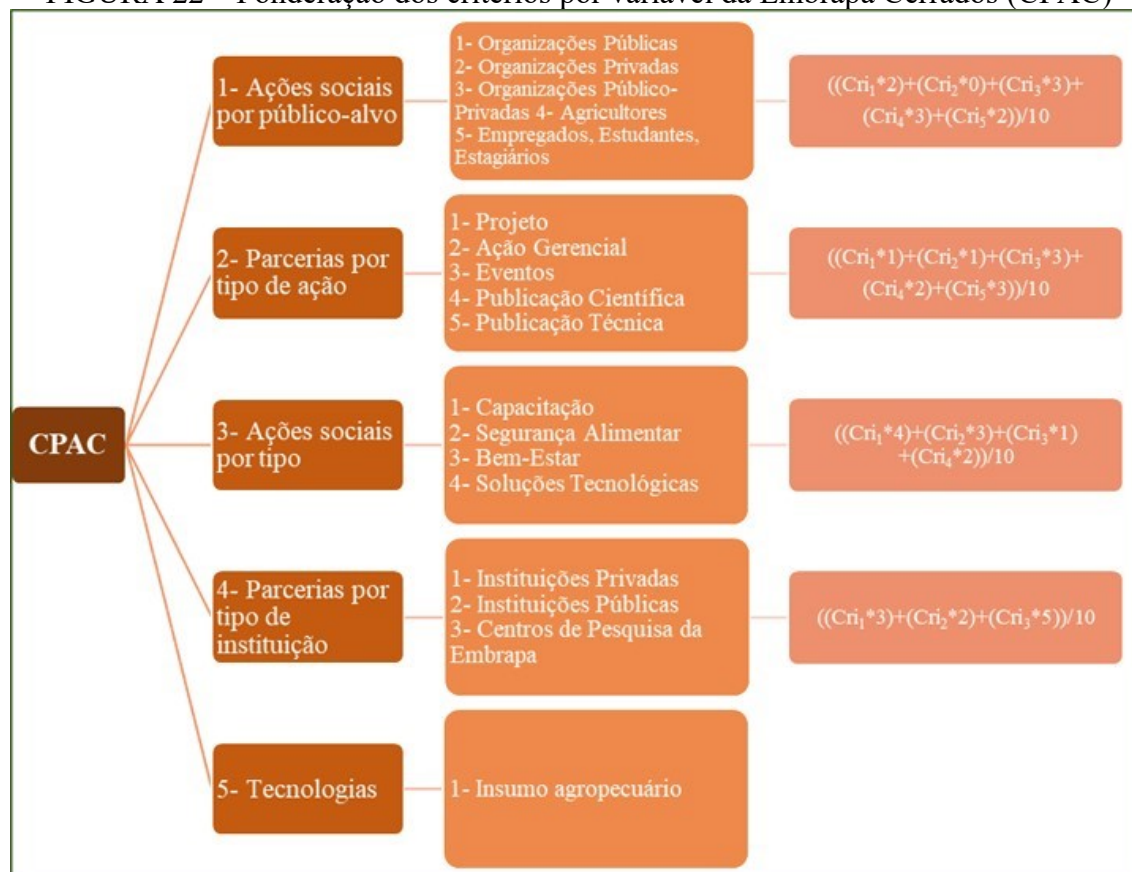
Segundo seu Regimento Interno (EMBRAPA, 2011), o centro de pesquisa deve buscar ser um interlocutor nacional e internacional nas áreas de pesquisa e desenvolvimento do Cerrado, estimulando negócios tecnológicos por meio da transferência de produtos e serviços relacionados com essa região. Também o apoio ao Sistema Nacional de Pesquisa

Agropecuária (SNPA) e a contribuição na formulação de políticas públicas voltadas para o setor agrícola e de ciência e tecnologia constituem finalidades da Embrapa Cerrados.

Índice de importância

Para a construção do índice de importância são usados índices de concentração de cinco variáveis e seus respectivos critérios, de acordo com a Figura 22. Esses índices são calculados a partir da ponderação dos critérios, atendendo assim as especificidades do centro de pesquisa. A única exceção é a variável tecnologia, que no caso do CPAC, apresentou apenas um tipo.

FIGURA 22 – Ponderação dos critérios por variável da Embrapa Cerrados (CPAC)



Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

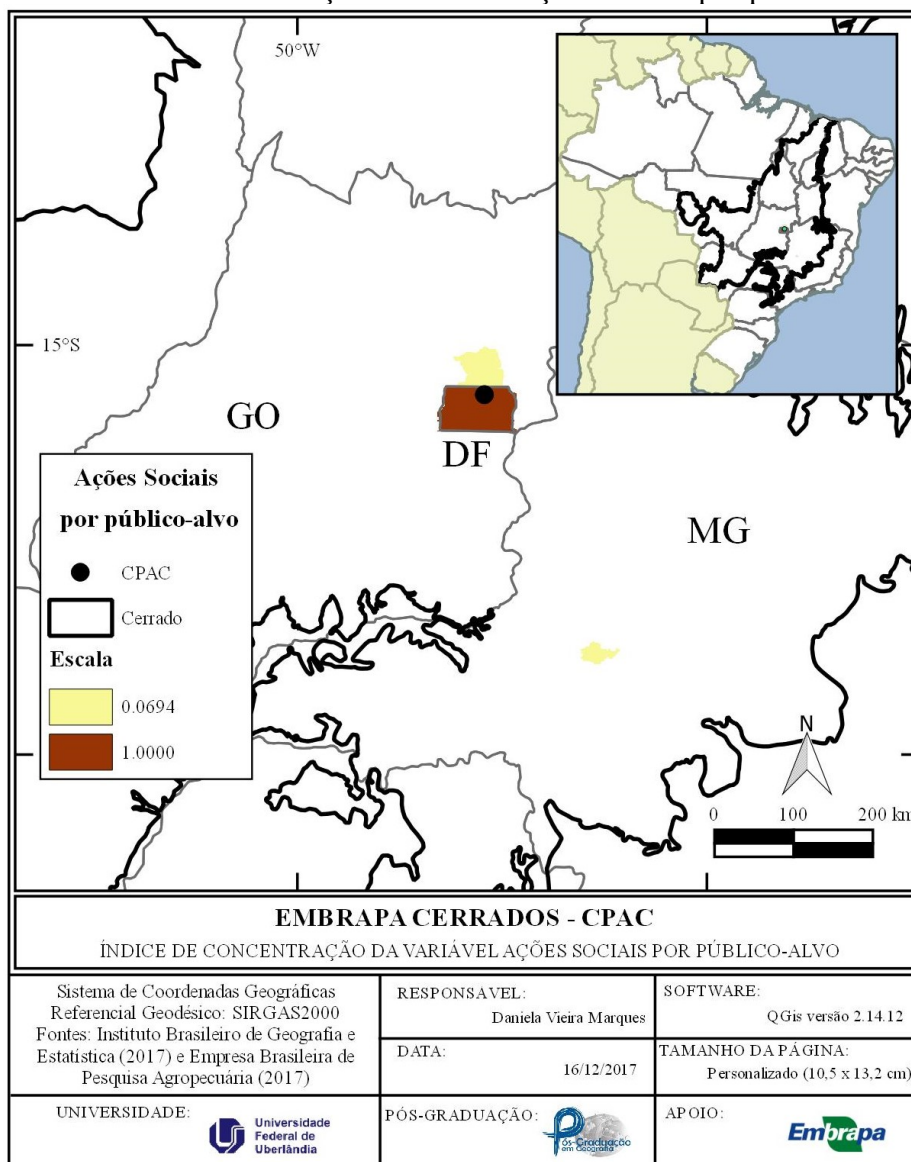
Para o ano de 2015 o centro de pesquisa avaliou três tecnologias, todas relacionadas a insumos agrícolas. Foram ao todo, dez ações sociais, organizadas por tipo de ação desenvolvida e de público-alvo. As 487 parcerias firmadas com diversas instituições (públicas, privadas e com centros da própria Embrapa) resultaram em mais de três mil ações.

Após esse procedimento de ponderação dos critérios, as variáveis foram normalizadas para manter uma escala padrão de análise (0 a 1). Os resultados obtidos após essa etapa, organizados por variável, é o que segue.

Ações sociais

Para o ano de 2015, as ações sociais avaliadas por público-alvo foram realizadas apenas em três cidades: no entorno de Brasília (DF); em Planaltina, Goiás (GO); e em Lagoa Formosa, no interior de Minas Gerais (MG), como pode ser visto no Mapa 11.

MAPA 11 – Índice de concentração da variável ações sociais por público-alvo (CPAC)

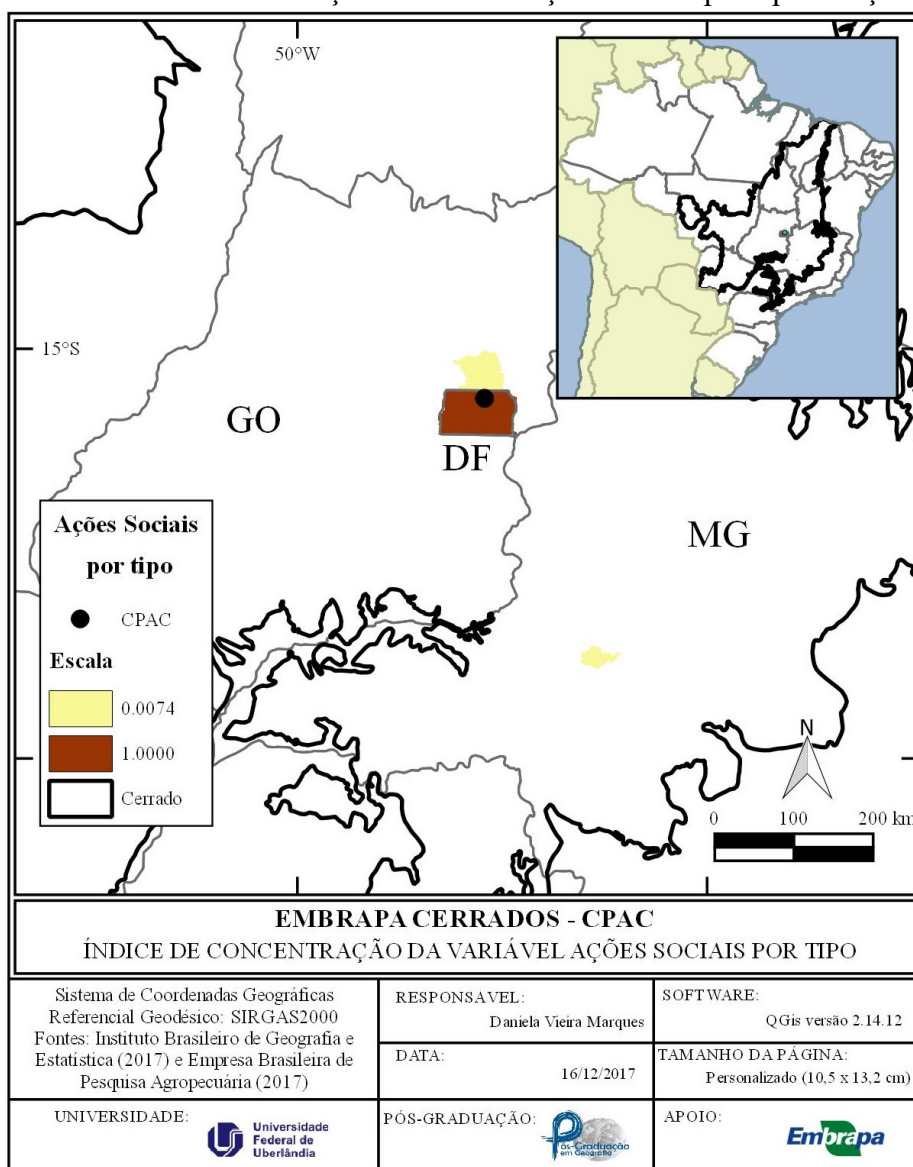


O índice de concentração da variável ação social por público-alvo da Embrapa Cerrados variou entre 0,0694 e 1,0, mostrando grau de concentração em Brasília (DF). As características básicas desse índice são:

- os principais alvos das ações sociais em 2015 foram instituições de caráter público-privado, citadas em 52,6% de um total de dezenove mencionadas;
- a referência aos agricultores como público-alvo foi feita em 26,3% dos casos;
- às organizações públicas foram direcionadas 10,5% das ações sociais;
- o público de estudantes, estagiários e empregados da Empresa também foi alvo de 10,5% das ações;
- as organizações privadas não foram alvo de nenhum tipo de ação social em 2015.

Em relação ao tipo de ação desenvolvida, o índice de concentração variou de 0,0074 a 1,0, reafirmando seu grau de centralização, conforme Mapa 12.

MAPA 12 – Índice de concentração da variável ações sociais por tipo de ação (CPAC)



As características dessa concentração estão expostas a seguir:

- de um total de dez ações sociais desenvolvidas pelo centro em 2015, a metade foi voltada à capacitação;
- foram 20% de ações realizadas com foco em segurança alimentar;
- mesma quantidade de ações sociais realizadas com vistas a soluções tecnológicas;

as ações voltadas ao bem-estar ocorreram em 10% dos casos.

Parcerias

As parcerias se estenderam para além dos limites do bioma Cerrado, apesar da concentração maior no Distrito Federal, como pode ser observado nos Mapas 13 e 14. Na Embrapa Cerrados o índice de concentração relativo às parcerias firmadas com outras instituições variou de 0,025 a 1,0 (Mapa 13).

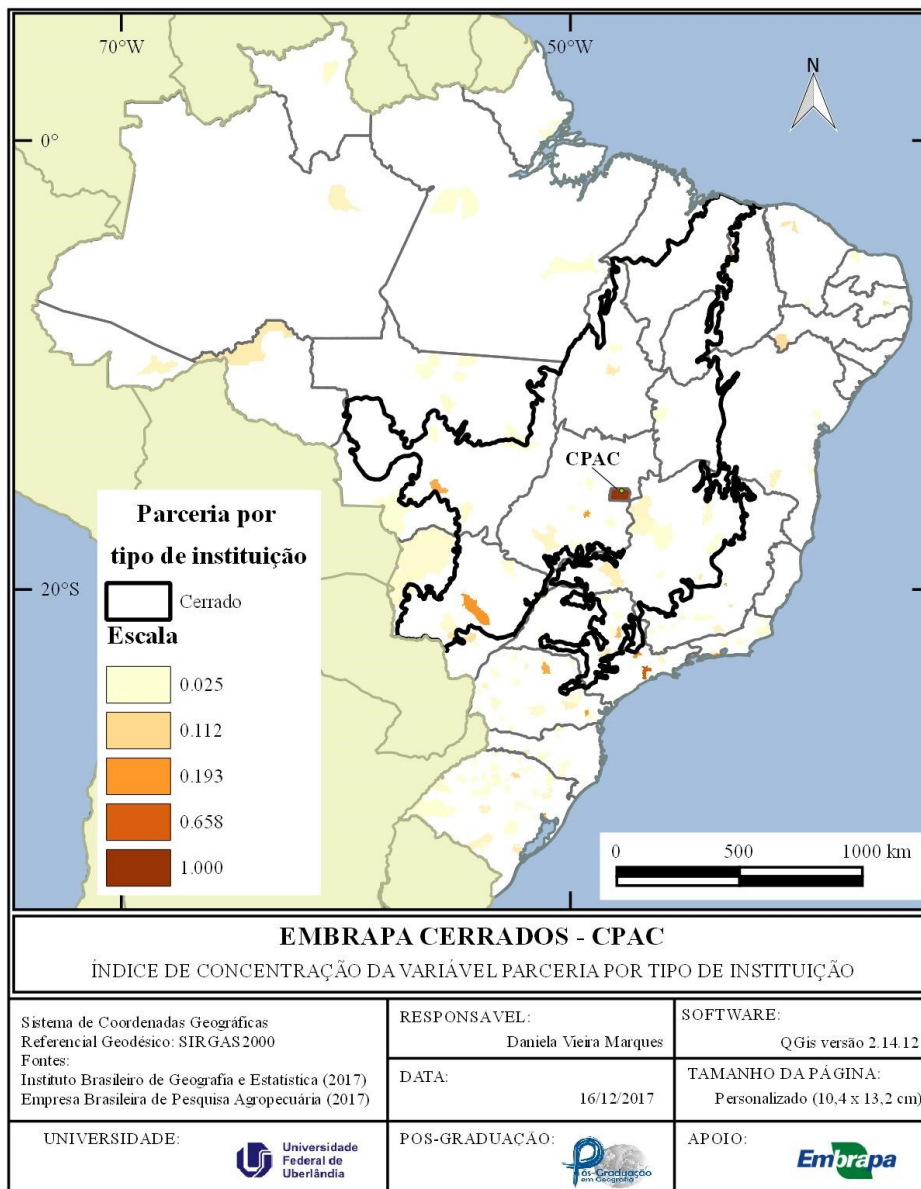
Dentre as principais características dessa variável, destaca-se que:

- as parcerias com instituições em 2015 totalizaram 487, das quais 52,36% foram firmadas com instituições públicas⁷;
- as instituições privadas⁸ realizaram 35,11% das parcerias com o centro;
- as parcerias do CPAC com outros centros da Embrapa, representaram 12,53%;
- em termos de localização das instituições, as cidades que mais concentraram essas parceiras foram Brasília (10,7%) e São Paulo (8,6%);
- das regiões brasileiras, o Sudeste, com 33,9%, é a que possui maior número de instituições parceiras, seguida do Sul (25,9%), Centro-Oeste (22,8%), Nordeste (12,9%) e Norte (4,5%).

⁷ As parcerias com instituições públicas englobam associações, universidades públicas, empresas públicas de pesquisa, secretarias de governo estaduais e municipais, prefeituras, institutos, laboratórios, fundações, escolas, dentre outras.

⁸ As parcerias privadas são as mais diversas e incluem, geralmente, empresas ligadas ao agronegócio, associações de produtores e criadores, laboratórios, universidades particulares, cooperativas, fundações, institutos, indústrias, sindicatos, dentre outros.

MAPA 13 – Índice de concentração da variável parceria por tipo de instituição (CPAC)



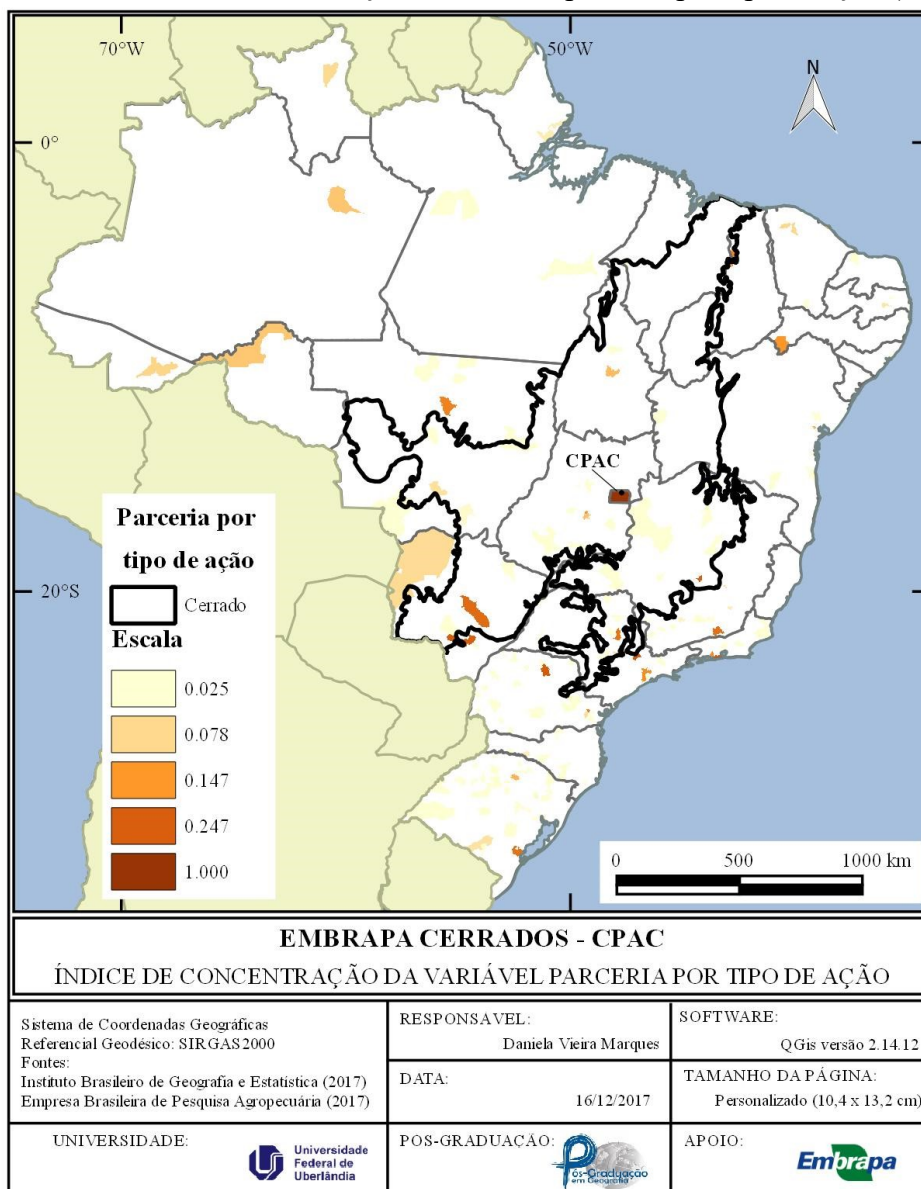
O Mapa 14 traz o índice de concentração das parcerias em relação ao tipo de ação realizada com cada um dos parceiros.

As parcerias avaliadas por tipo de ação desenvolvida com cada parceiro também obtiveram um índice de concentração que variou entre 0,025 e 1, o que pode ser compreendido da seguinte forma:

- do total de 3.284 ações promovidas em parceria, 85,54% se concentraram em projetos de pesquisa desenvolvidos no centro;
- as publicações com finalidade técnico-científica representaram 10,9% das parcerias realizadas pelo centro no ano avaliado;
- as publicações técnicas somaram apenas 2,92% do total de ações;

- as parcerias em eventos (0,61%) e em ação gerencial (0,03%) foram as menos realizadas em 2015 pelo CPAC;
- dentre as cidades que mais realizaram ações de parceria estão Brasília (13%) e Campinas (4,8%).

MAPA 14 – Índice de concentração da variável parceria por tipo de ação (CPAC)

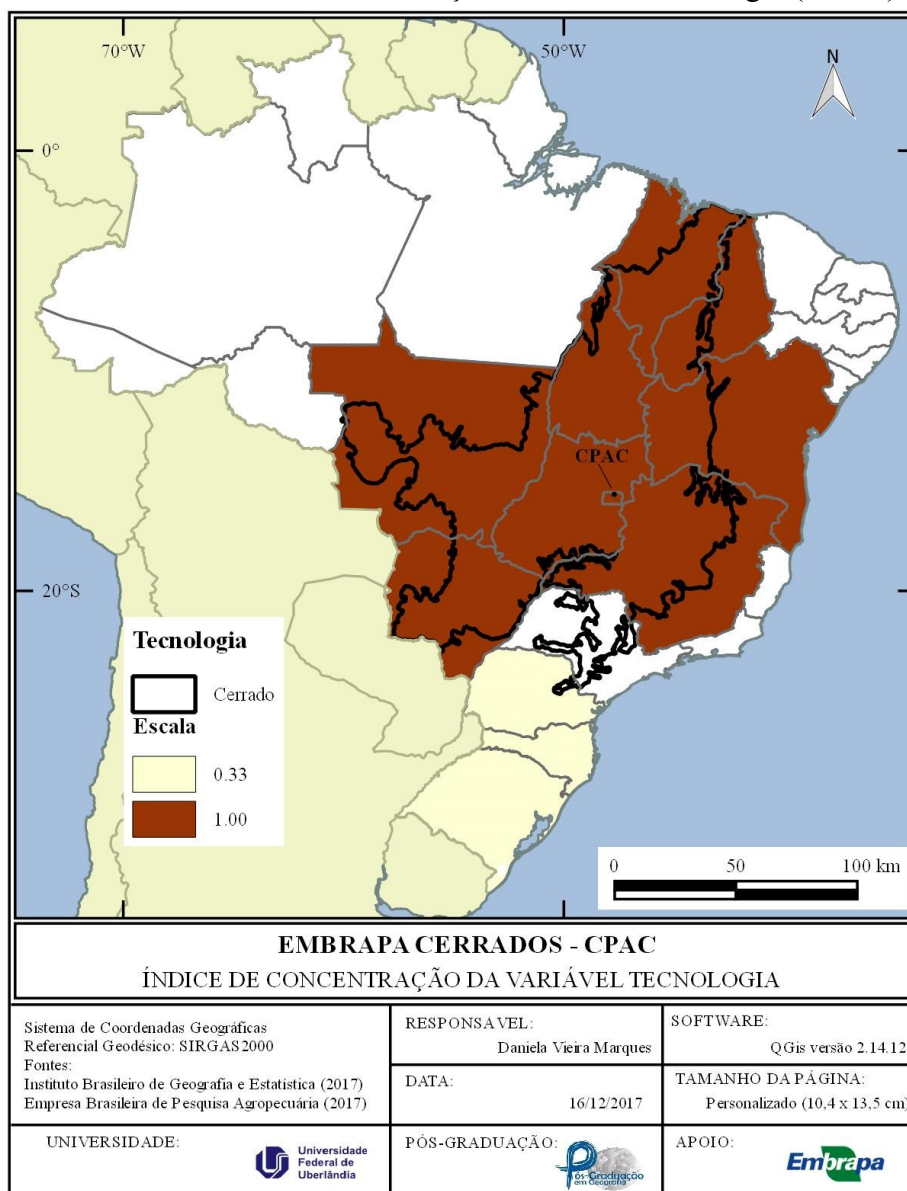


Tecnologia

No que diz respeito às tecnologias, possuem uma área de abrangência bem maior, que não se restringe a uma ou outra cidade, mas se estende a quase totalidade do Cerrado, como pode ser visto no mapa 15. O índice de concentração obtido para a variável tecnologia foi de 0,33 e 1,0, com as seguintes características:

- os maiores índices de concentração da variável tecnologia estão localizados em estados que possuem áreas cobertas pelo o bioma Cerrado;
- a totalidade da região Centro-Oeste recebeu indicação de todas as tecnologias avaliadas em 2015;
- na região Sul também a totalidade dos estados recebeu recomendação de pelo menos uma tecnologia;
- no Nordeste, três estados foram contemplados com indicação das três tecnologias avaliadas;
- por fim, da região Norte, apenas o estado do Tocantins recebeu recomendação de tecnologias.

MAPA 15 – Índice de concentração da variável tecnologia (CPAC)



Para gerar o índice final de importância, obtido a partir dos índices de concentração de cada variável avaliada, é necessário aplicar o método AHP, começando pelo pareamento das variáveis segundo seu grau de importância para o centro de pesquisa. A hierarquia das variáveis (apresentada na tabela na ordem da menos importante para a mais importante) e o julgamento par a par podem ser vistos na Tabela 7.

TABELA 7 – Avaliação pareada das variáveis (linha em relação a coluna) do CPAC

	Ações sociais por público-alvo	Parcerias por tipo de instituição	Ações sociais por tipo	Parcerias por tipo de ação	Tecnologias
Ações sociais por público-alvo	1				
Parcerias por tipo de instituição	3	1			
Ações sociais por tipo	5	3	1		
Parcerias por tipo de ação	7	7	3	1	
Tecnologias	7	7	5	3	1

Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

As variáveis seguiram a ordem de acordo com a finalidade do centro, que se configura como ecorregional e deve gerar tecnologias para a sociedade nessa linha, por meio de parcerias que ajudem no desenvolvimento de tais recursos.

Após preenchida a matriz, é necessário checar os índices verificadores da validade do pareamento das variáveis. No caso desse conjunto de variáveis, o λ foi de 5,356, próximo ao número total de variáveis, como é aconselhado; já o índice de consistência (IC) foi de 0,089 (quanto mais próximo de zero, melhor), e a razão de consistência (RC) ficou em 0,079, abaixo de 0,10, valor recomendado pela literatura (SAATY, 1977, SAATY, 1987 e EASTMAN, 2001) para garantir a validade da comparação par a par. O peso resultante da matriz para cada variável pode ser conferido na Tabela 8:

TABELA 8 – Variáveis e respectivos pesos para a Embrapa Cerrados

Variáveis	Pesos
Ações sociais por público alvo	0,038
Parcerias por tipo de instituição	0,066
Ações sociais por tipo	0,134
Parcerias por tipo de ação	0,280
Tecnologias	0,482

Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Como pode ser observado na tabela, a variável de maior peso foi a tecnologia (0,482), e a de menor, ações sociais por público-alvo (0,038). A definição desses pesos é fundamental

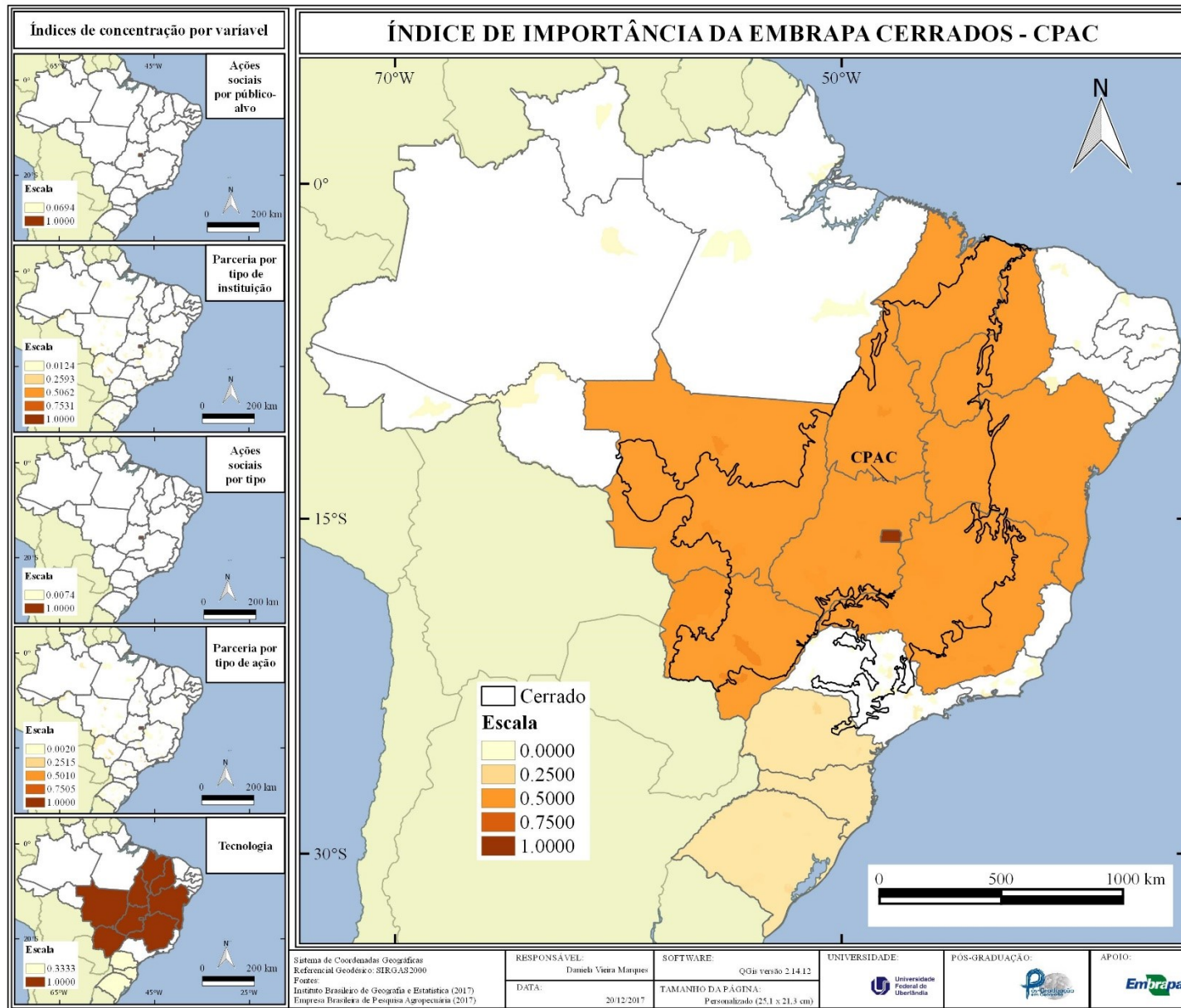
para a construção do índice de importância das atividades desenvolvidas pela Embrapa Cerrados no ano de 2015 (Mapa 16).

No mapa é possível observar um papel predominante da variável tecnologia, principalmente devido a sua abrangência e peso no processo.

O Distrito Federal é o destaque quanto à relevância das atividades desenvolvidas, devido não só a concentração das atividades, mas também a importância das atividades desenvolvidas em Brasília, corroborando a tendência em todas as variáveis.

Em relação ao índice final de importância, a maior parte da região que abrange o bioma Cerrado ficou com bons índices, acima de 0,5, numa escala de 0 a 1.

MAPA 16 – Índice de importância da Embrapa Cerrados (CPAC)

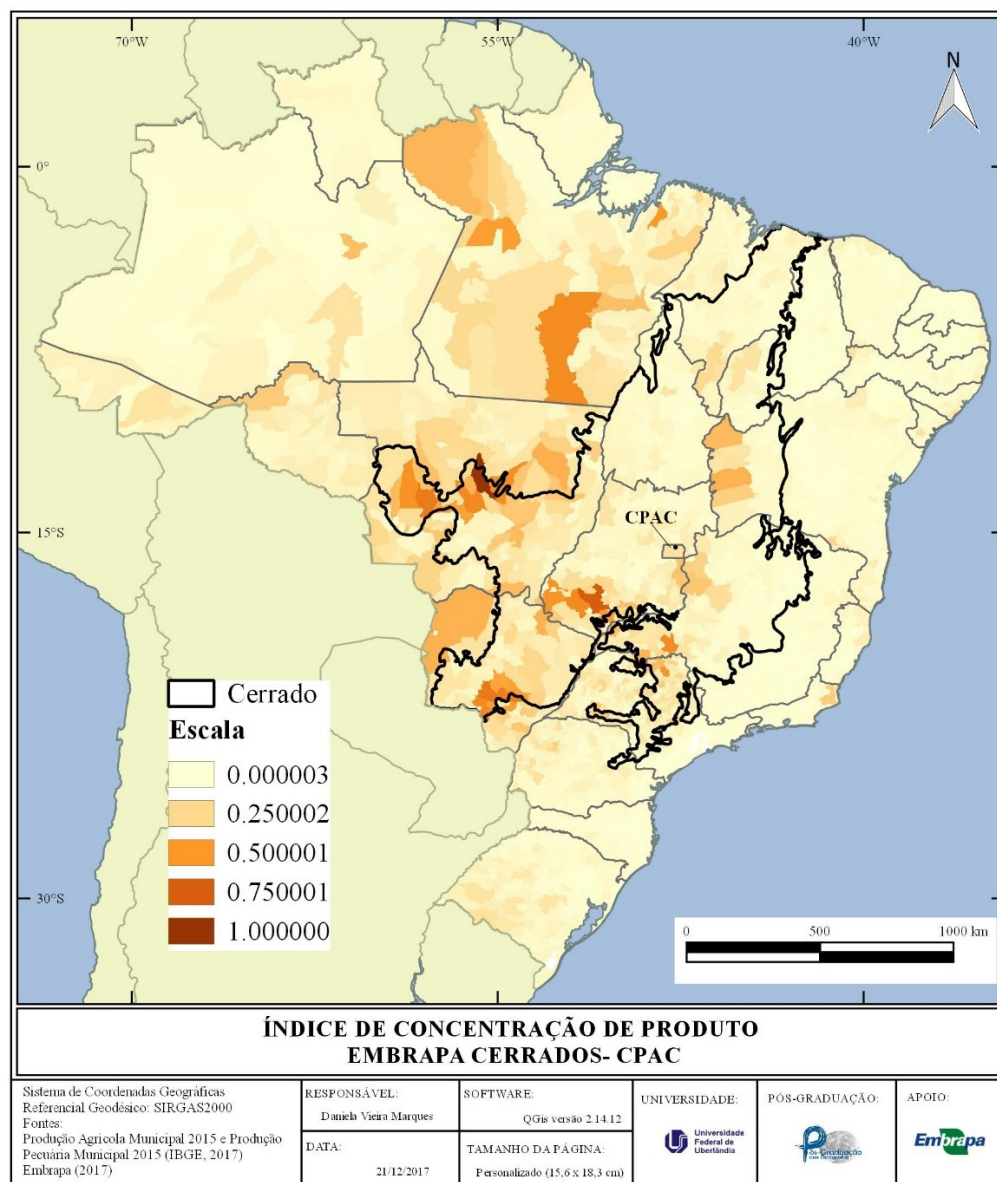


Índice de concentração

Na geração do índice de concentração, obtido a partir da normalização dos dados para a escala de 0 a 1, foi utilizada a localização da área dedicada aos seguintes produtos: soja, cana-de-açúcar, mandioca e bovinos. A escolha⁹ desses cultivos se relaciona com as tecnologias lançadas e trabalhadas em parceria com instituições de pesquisa no ano de 2015, bem como com sua disponibilidade na base de dados do IBGE.

O Mapa 17 apresenta o resultado do índice de concentração dos produtos que são foco de pesquisa da Embrapa Cerrados. A apresentação da escala foi definida segundo o modo de intervalos iguais entre valores mínimos e máximos.

MAPA 17 – Índice de concentração do conjunto dos produtos: soja, milho, mandioca e bovinos



⁹ Para maiores detalhes acerca dos dados que embasaram a escolha desses produtos, sugere-se consultar o site do Balanço Social da Embrapa que disponibiliza as tecnologias e atividades desenvolvidas pelo centro no ano de 2015: <<http://bs.sede.embrapa.br/2015/>>.

A área (plantada e efetivo de bovinos) abrangida desse conjunto de produtos está distribuída por todo o território brasileiro. Na Tabela 8 é possível verificar o *ranking* dos municípios com os dez maiores índices de concentração por região brasileira.

Os municípios com os índices mais elevados, próximos de 1, estão localizados na região Centro-Oeste, como é o caso de Sorriso (MT), Rio Verde (GO).

TABELA 9 – *Ranking* dos municípios com os dez maiores índices de concentração dos produtos soja, milho, mandioca e bovinos, organizados por região, dados de 2015.

Centro-Oeste			Nordeste			Norte		
UF	Município	Índice	UF	Município	Índice	UF	Município	Índice
MT	Sorriso	1,000	BA	São Desidério	0,394	PA	São Félix do Xingu	0,549
GO	Rio Verde	0,752	BA	Formosa do Rio Preto	0,361	PA	Acará	0,496
MS	Maracaju	0,633	BA	Correntina	0,285	PA	Santarém	0,475
MT	Campo Novo do Parecis	0,624	BA	Cândido Sales	0,237	PA	Oriximiná	0,382
MS	Rio Brillhante	0,604	MA	Balsas	0,235	PA	Marabá	0,346
GO	Jataí	0,561	BA	Barreiras	0,191	AM	Manacapuru	0,342
MT	Nova Mutum	0,561	MA	Tasso Fragoso	0,182	PA	Óbidos	0,324
MS	Ponta Porã	0,557	AL	Coruripe	0,181	RO	Porto Velho	0,296
MT	Nova Ubiratã	0,537	SE	Lagarto	0,179	PA	Paragominas	0,266
MT	Sapezal	0,525	PI	Baixa Grande do Ribeiro	0,177	PA	Alenquer	0,260
Sudeste			Sul			Ranking Geral		
UF	Município	Índice	UF	Município	Índice	UF	Município	Índice
MG	Uberaba	0,558	PR	Cianorte	0,273	MT	Sorriso	1,000
SP	Morro Agudo	0,510	PR	Tuneiras do Oeste	0,221	GO	Rio Verde	0,752
MG	Frutal	0,381	PR	Assis Chateaubriand	0,197	MS	Maracaju	0,633
SP	Guáira	0,357	PR	Paranavaí	0,193	MT	Campo Novo do Parecis	0,624
SP	Barretos	0,355	PR	Araruna	0,189	MS	Rio Brillhante	0,604
MG	Santa Vitória	0,345	PR	Tapejara	0,184	GO	Jataí	0,561
SP	Rancharia	0,334	PR	Cascavel	0,184	MT	Nova Mutum	0,561
MG	Paracatu	0,318	RS	Sant' Ana do Livramento	0,180	MG	Uberaba	0,558
SP	Paraguaçu Paulista	0,306	PR	Umuarama	0,179	MS	Ponta Porã	0,557
SP	Jaboticabal	0,304	RS	Alegrete	0,172	PA	São Félix do Xingu	0,549

Fonte: IBGE (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Na região Centro-Oeste, dos dez municípios que possuem índices elevados, a maioria está situada no estado de Mato Grosso, três em Mato Grosso do Sul e dois em Goiás. A região Nordeste é a que apresenta maior diversidade de estados nesse *ranking*, no qual os municípios estão divididos em cinco estados diferentes, com destaque para a Bahia, que reúne cinco municípios ranqueados entre os maiores índices.

No caso das regiões Sudeste e Sul, esse *ranking* é composto por cidades apenas de dois estados, respectivamente, São Paulo e Minas Gerais e Paraná e Rio Grande do Sul, com grande destaque para o Paraná, que monopolizou o *ranking* com 80% dos municípios na

lista. A mesma realidade de dominação do ranqueamento pode ser vista na região Norte, com ampla predominância dos municípios do Pará, que dividem a listagem com apenas mais dois estados, Amazonas e Rondônia, ambos com um município no *ranking*.

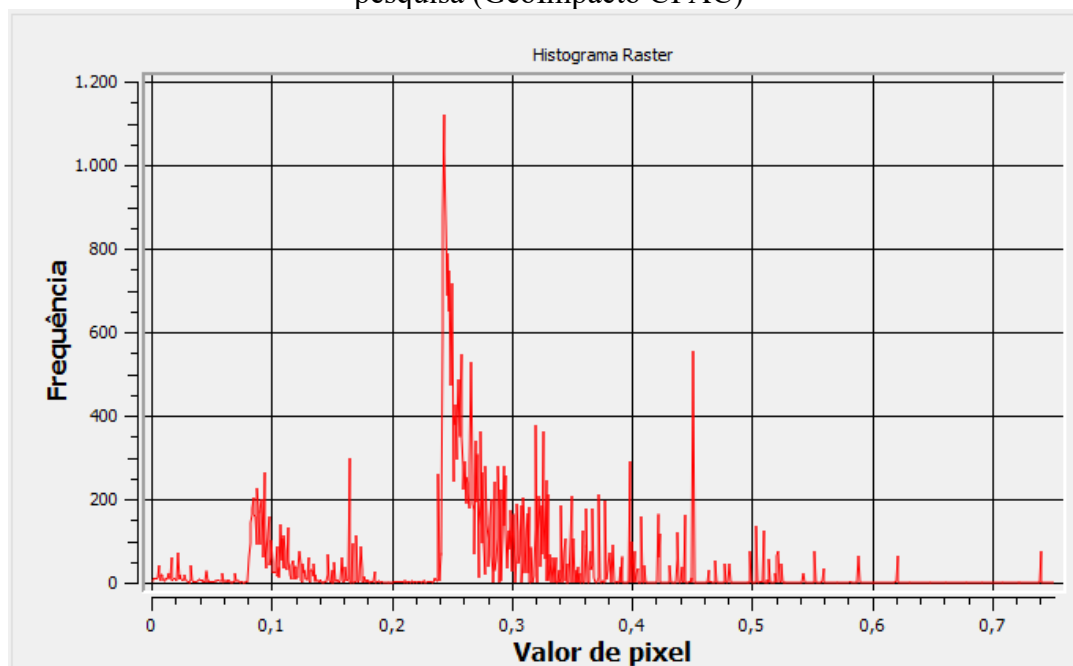
Os destaques apontados em cada região refletem a força produtiva dessas áreas, principalmente devido ao conjunto de produtos analisados, que representam grandes *commodities* no mercado mundial e, no caso brasileiro, ocupam grandes extensões de terra, sendo responsáveis pela constante incorporação de novas áreas a esse processo produtivo voltado ao mercado internacional.

Índice de Impacto Espacial da Embrapa Cerrados – GeoImpacto CPAC

O índice final de impacto espacial da Embrapa Cerrados (GeoImpacto CPAC) é fruto da soma dos índices de importância e concentração.

Na área correspondente ao Cerrado, foco de atuação do CPAC, os índices gerados ficaram entre 0,188 e 0,752. Apesar de maiores índices de impacto estarem presentes na região do bioma, a área apresenta índices baixos de impacto no contexto geral, em torno de 0,2 a 0,4, como pode ser visto no histograma da Figura 23, que mostra a concentração dos *pixels*.

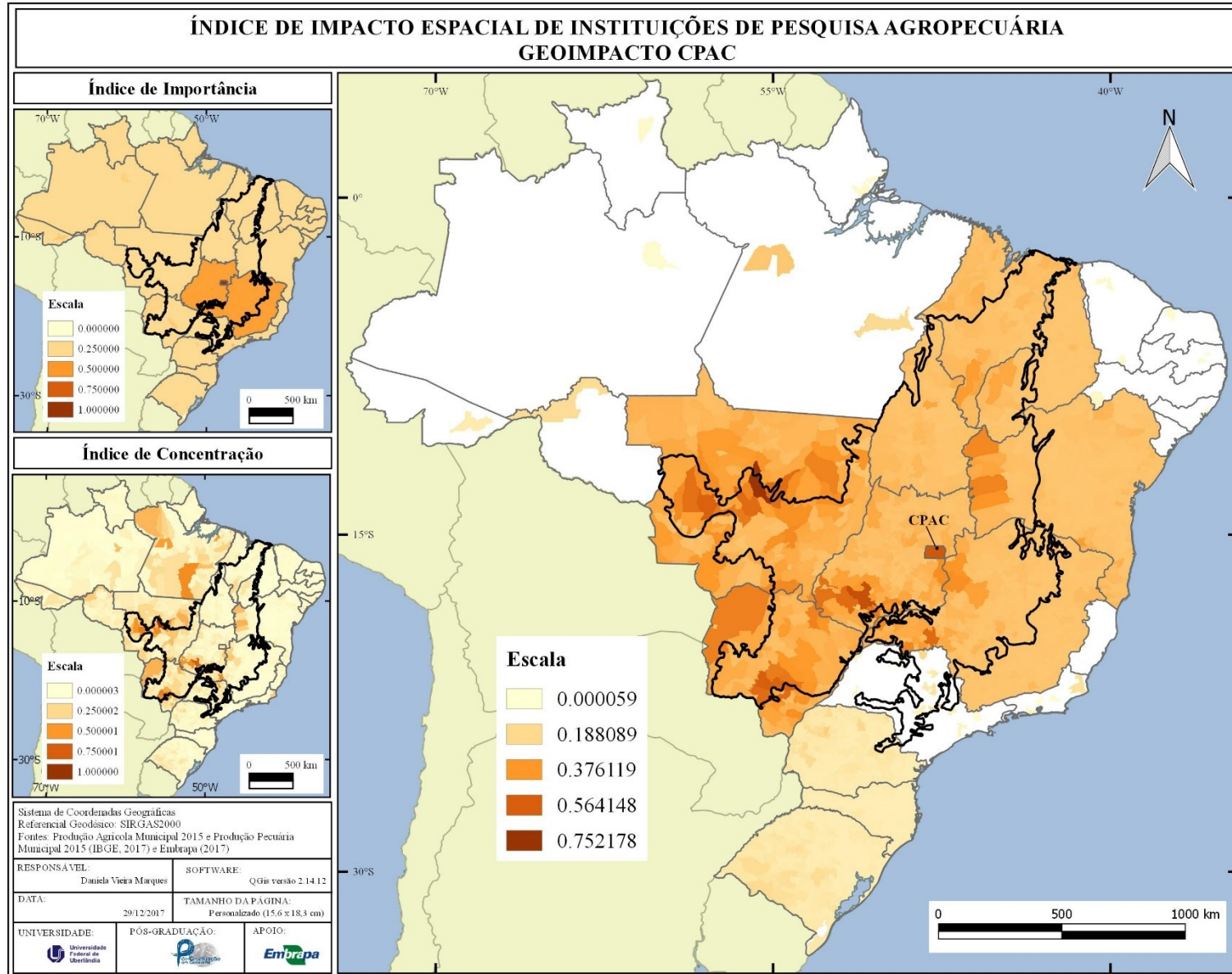
FIGURA 23 – Histograma dos dados do índice de impacto espacial de instituições de pesquisa (GeoImpacto CPAC)



Fonte: Imagem retirada do *software* QGis 2.14.12 (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

No Mapa 18 é possível visualizar a espacialização do resultado alcançado a partir dessa álgebra de mapas demonstrada na figura.

MAPA 18 – Índice de impacto espacial de instituições de pesquisa (GeoImpacto CPAC)



No mapa é possível observar que a Embrapa Cerrados tem atuado também fora do bioma, mesmo com índices mais baixos de impacto. Essa interação externa é importante, uma vez que o desenvolvimento da região pode ser impulsionado pelas experiências (científicas ou não) advindas de outras áreas que geram os produtos avaliados. Um exemplo dessa possível realidade é a soja, que a partir da modernização da agricultura, na década de 1970, passou a ser mais produzida no Cerrado do que na região Sul, onde predominava o plantio.

Em relação aos índices de impacto, os maiores foram encontrados em Sinop (MT) e no Distrito Federal. O primeiro é explicado pelo alto índice de concentração da área de plantio nessa localidade, e o segundo, pela importância e concentração das atividades realizadas em Brasília.

Portanto, o índice de impacto espacial da Embrapa Cerrados ficou abaixo da média na região do bioma. No entanto, as áreas com maiores índices coincidem com pontos importantes no contexto produtivo, como Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, zona Sul de Goiás e zona Oeste da Bahia. A única exceção é o Distrito Federal, que, mesmo alcançando bom índice de impacto, não se destaca pela produção, mas devido a sua centralidade no país e ao fato de o centro de pesquisa estar ali localizado.

3.3.2. Centro de pesquisa de produto: metodologia aplicada a Embrapa Hortaliças

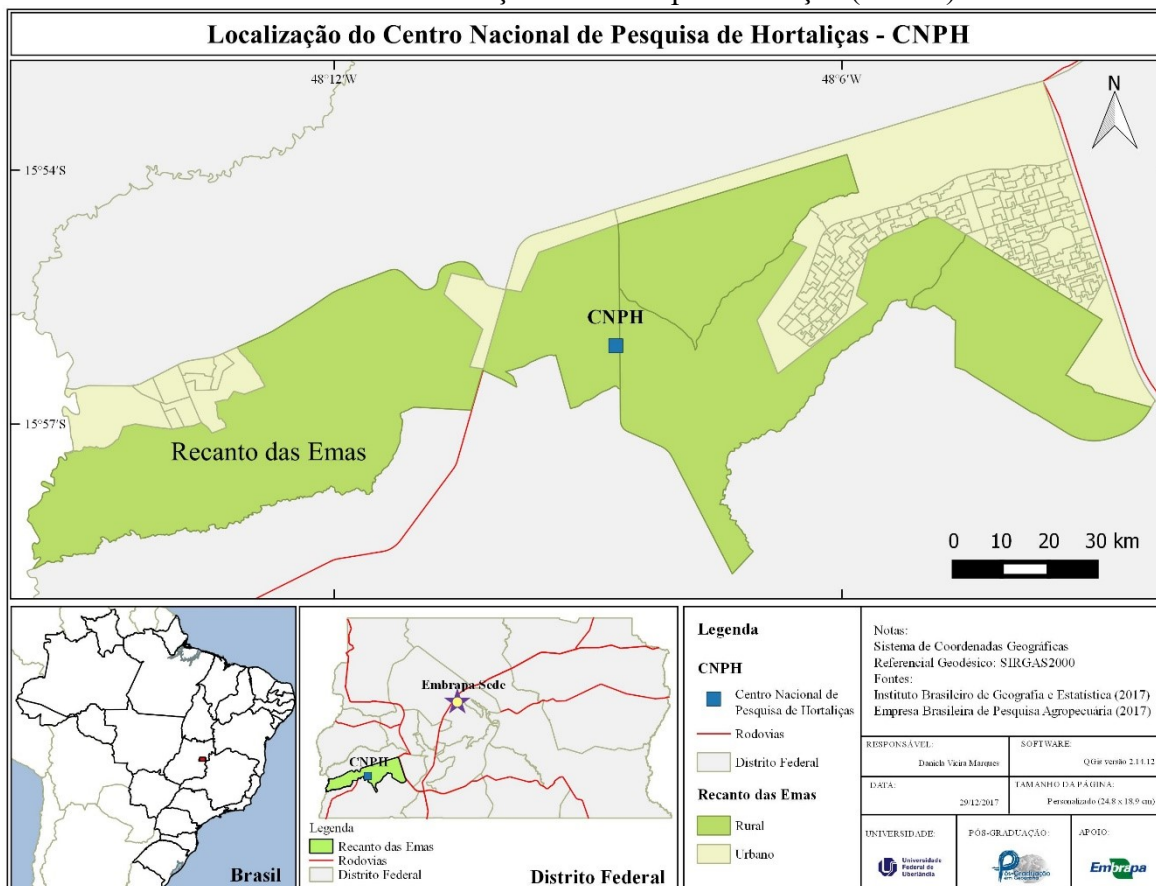
Os centros de pesquisa de produto na Embrapa compreendem dezesseis unidades espalhadas pelo território brasileiro, conforme mostrado no Mapa 9. Para aplicação da metodologia de avaliação do impacto espacial foi escolhido o Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPH).

A Embrapa Hortaliças foi criada em 1978 com a missão de “viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação em hortaliças, que contribuam para a sustentabilidade da agricultura em benefício da sociedade brasileira.” (EMBRAPA, 2011, p. 33).

O CNPH é considerado um centro de pesquisa de produto, como expressa sua missão. Localiza-se no Distrito Federal, na zona rural da cidade satélite do Recanto das Emas, como pode ser visto no Mapa 19.

As pesquisas da Embrapa Hortaliças têm por finalidade “desenvolver, promover e distribuir tecnologias, produtos e serviços que resultem em aumento da competitividade, sustentabilidade e melhoria da qualidade na cadeia produtiva de hortaliças” (EMBRAPA, 2011, p. 34).

MAPA 19 – Localização da Embrapa Hortaliças (CNPH)



Além de promover o uso de energia e insumos de maneira racional quando do cultivo de hortaliças, desenvolvendo tecnologias para esse fim (EMBRAPA, 2011), o centro de pesquisa também busca garantir acesso aos seus produtos e serviços por meio das unidades de negócios tecnológicos da Embrapa, colocando-se como uma ponte do setor de hortaliças no cenário nacional e internacional nas áreas de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

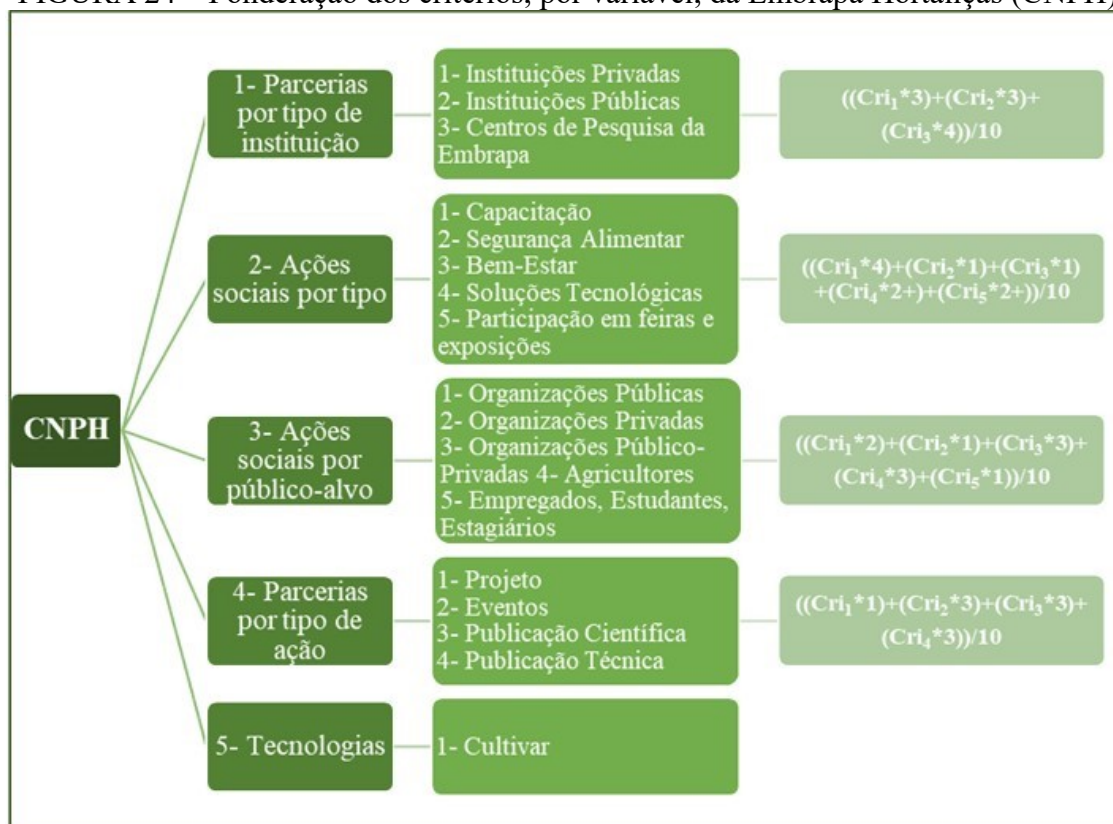
Do mesmo modo, deve apoiar o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA) em ações relacionadas a cadeias produtivas de hortaliças, bem como na formulação de políticas públicas voltadas para o setor agrícola e de ciência e tecnologia. Essas finalidades estão listadas no Regimento Interno (EMBRAPA, 2011), o qual ainda prevê que o centro colabore para o aumento do consumo de hortaliças de forma geral.

Índice de importância

A construção do índice de importância da Embrapa Hortaliças, foi realizada a partir da escolha de variáveis e critérios que seriam ponderados e julgados na aplicação da metodologia demonstrada na Figura 24, cujo resultado são os índices de concentração de cada variável. Com exceção da variável tecnologia (que, no caso do CNPH, apresentou

apenas um tipo), os critérios das demais variáveis foram ponderados atendendo às especificidades do centro de pesquisa.

FIGURA 24 – Ponderação dos critérios, por variável, da Embrapa Hortaliças (CNPH)



Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Em 2015 o CNPH avaliou três tecnologias, todas relacionadas a cultivares. As ações sociais somaram 36, organizadas por tipo de ação desenvolvida e por público-alvo. Ao todo foram firmadas 280 parcerias com diversas instituições (públicas, privadas e com centros da própria Embrapa), que resultaram em mais de mil ações (projetos, ação gerencial, eventos e, publicações técnico-científicas e técnicas).

Todas as informações foram organizadas de modo a proceder à ponderação dos critérios e, posteriormente, cada variável foi normalizada para manter uma escala padrão de análise (0 a 1).

Ações sociais

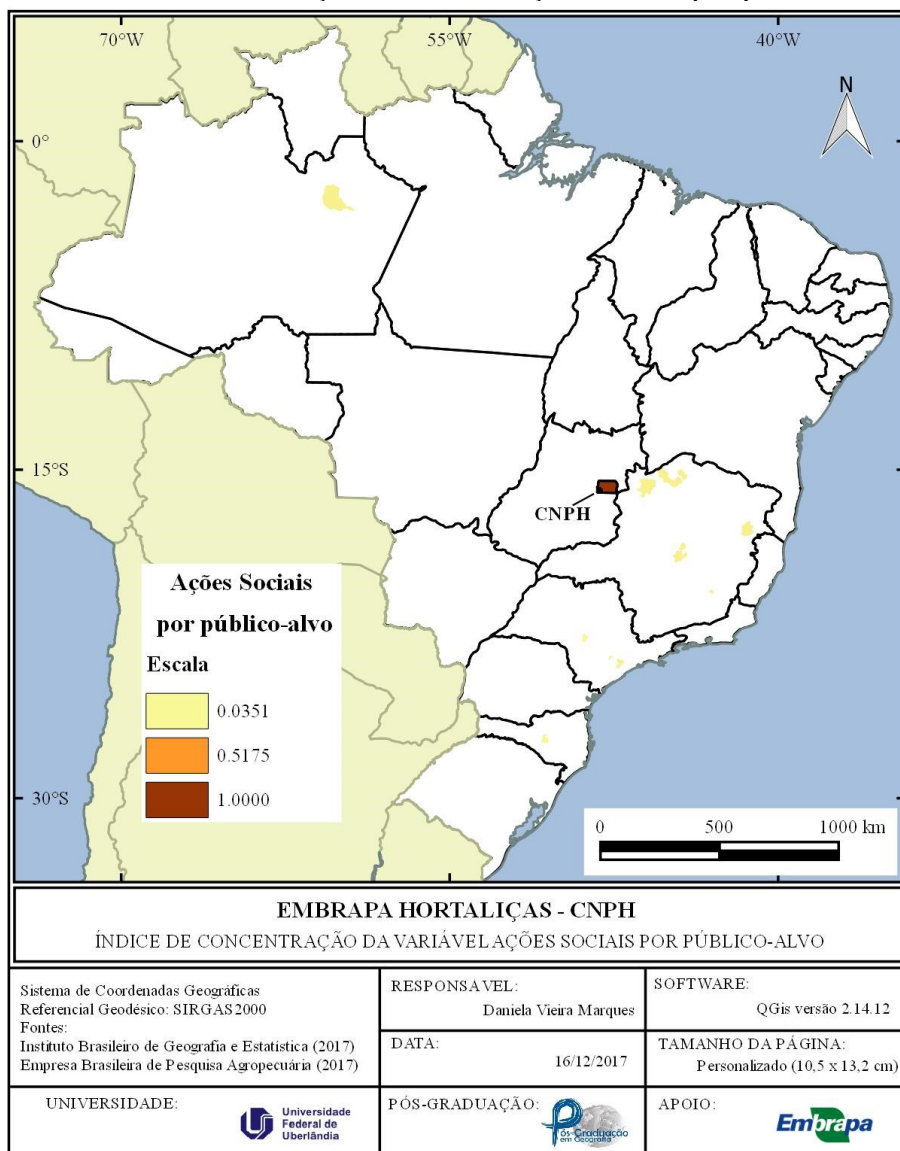
Os índices de concentração das variáveis relacionadas às ações sociais realizadas pelo centro de pesquisa no ano de 2015 serão apresentados nos mapas a seguir. No Mapa 20 é possível observar que o maior índice de ações sociais organizadas por público-alvo se

concentra no Distrito Federal, com mais de 71%, ou seja, de um total de 65 ações realizadas com públicos específicos, 46 se deram em Brasília.

Outras características da concentração das ações sociais por público-alvo são:

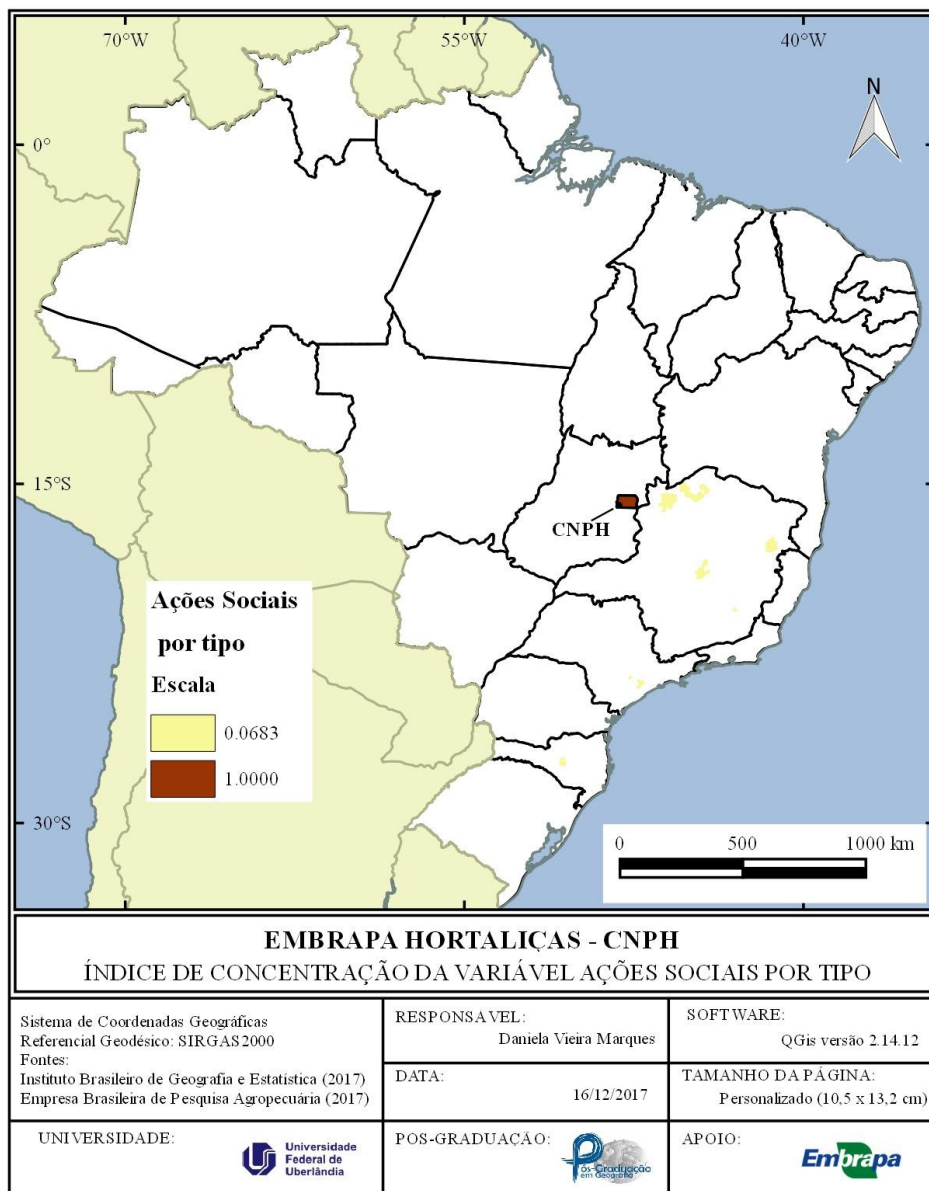
- as instituições de caráter público-privado foram os principais alvos das ações sociais em 2015, sendo citadas em 32% de 21 menções;
- a referência aos agricultores como público-alvo foi feita em 29% dos casos;
- as ações voltadas a estudantes, estagiários e empregados da Embrapa representaram 25% do total;
- às organizações privadas se direcionaram quase 8% das ações sociais;
- por fim, as organizações públicas foram alvo de 6% das ações sociais desenvolvidas no ano avaliado.

MAPA 20 – Índice de concentração da variável ações sociais por público-alvo (CNPH)



Em relação às ações sociais analisadas por tipo de ação desenvolvida, somaram 36 e estão distribuídas pelo território brasileiro, como pode ser visto no Mapa 21. Assim como caso anterior, o maior índice para as ações sociais organizadas por tipo de ação ocorreu no Distrito Federal, onde se concentrou mais de 70% dos casos.

MAPA 21 – Índice de concentração da variável ações sociais por tipo de ação (CNPH)



Dentre as principais características dessa concentração estão os seguintes fatores:

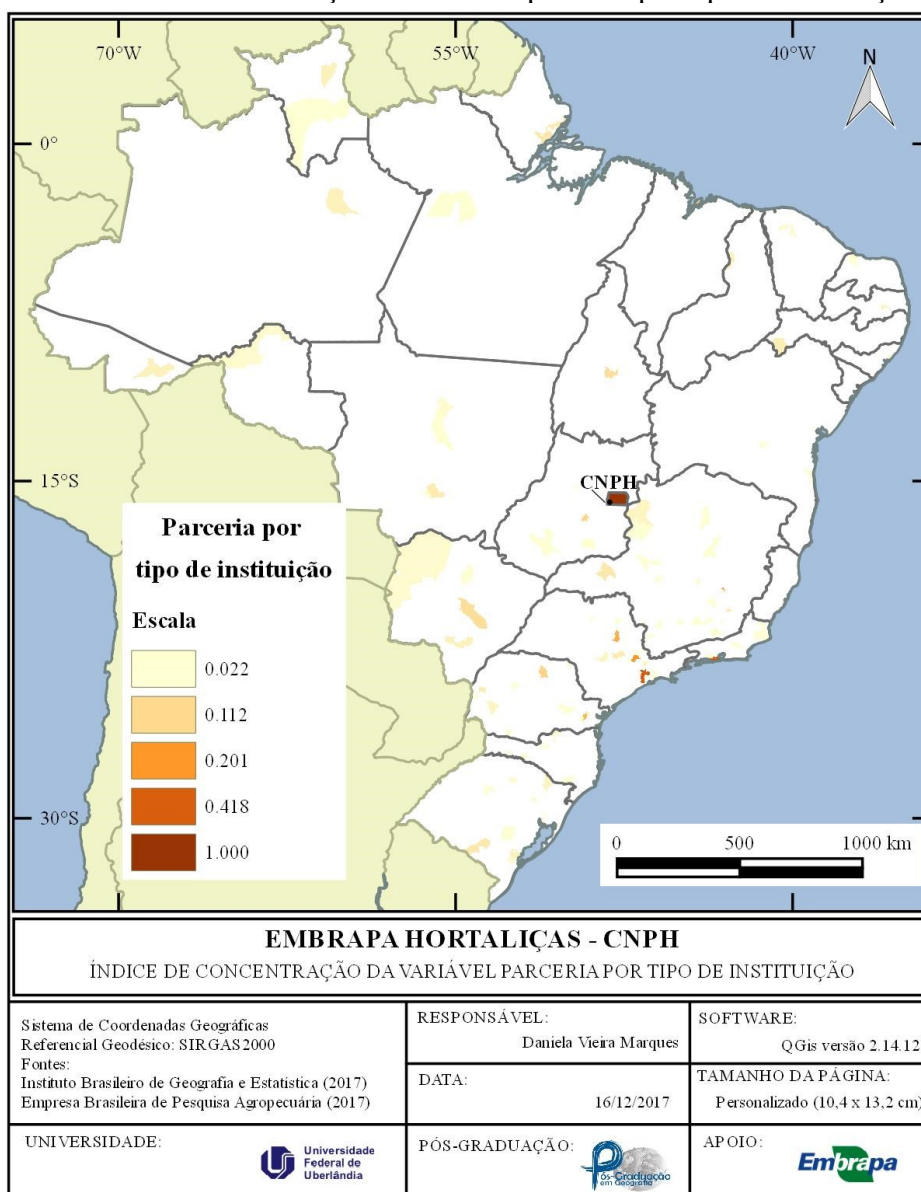
- número de ações sociais desenvolvidas pelo centro em 2015, cerca de 56% de 36 ações foram voltadas à capacitação;
- o segundo tipo de ação promovida pelo centro foi para o bem-estar, somando 19,4%;
- ações para desenvolver soluções tecnológicas ocorreram em 13,9% dos casos;

- a mesma quantidade de ações sociais foi realizada em ambos os casos, segurança alimentar e, promoção, participação em feiras e exposições, cada uma com 5,6%.

Parcerias

As parcerias estão organizadas por tipo de instituição e de ação desenvolvida pelo centro de pesquisa. No caso das parcerias com instituições de pesquisa, conforme o Mapa 22, foram firmadas 280, com os mais diversos tipos de entidades.

MAPA 22 – Índice de concentração da variável parceria por tipo de instituição (CNPH)



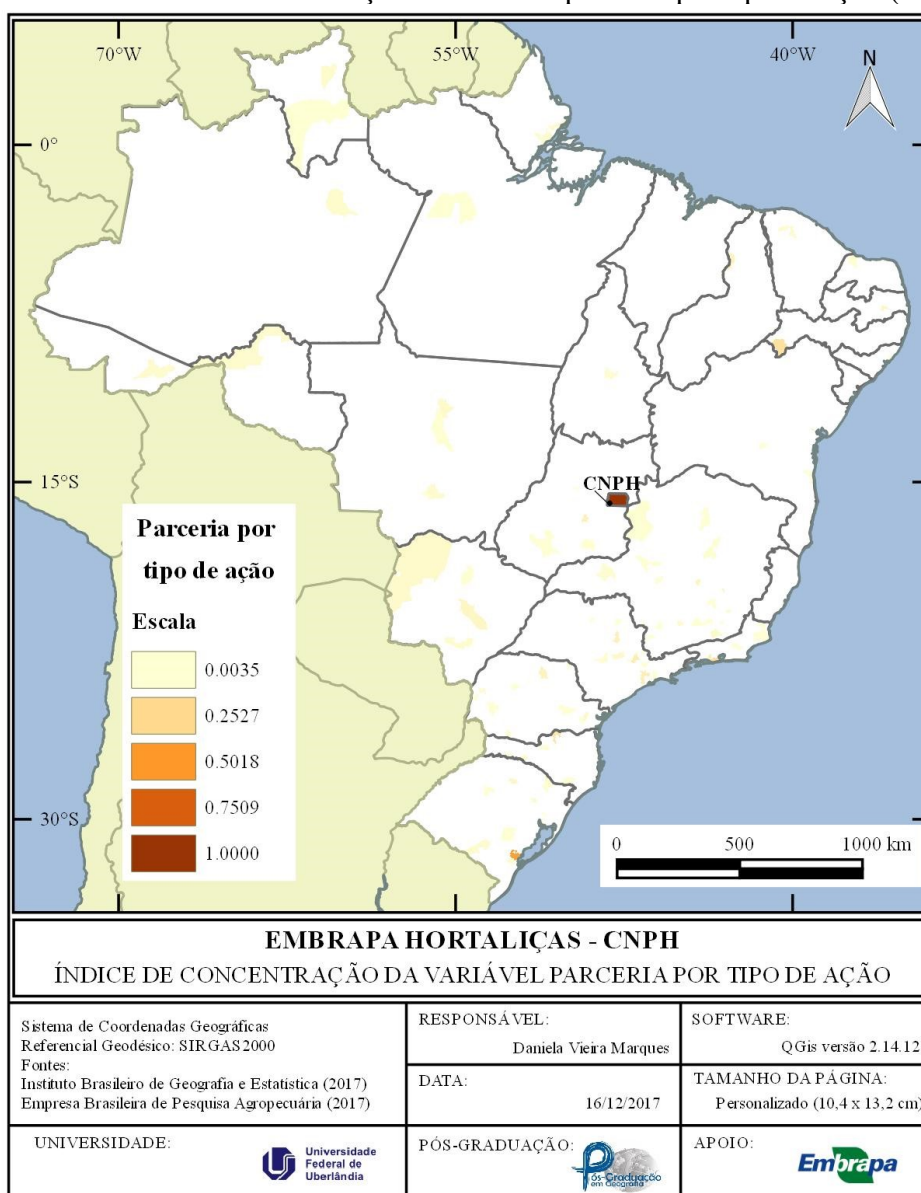
Desse total de parcerias firmadas em 2015, pode-se verificar as seguintes características:

- a maioria dessas parcerias foi firmada com instituições públicas, 54,64%;

- as instituições privadas foram responsáveis por 23,93% das parcerias com o centro, seguidas pelas parcerias com outros centros da Embrapa, que somaram 21,43%;
- a concentração dessas parcerias se deu nas cidades de Brasília (13,9%) e São Paulo (6,8%);
- dentre as regiões brasileiras, o Sudeste, com 42,1%, é a que possui maior número de instituições parceiras, seguida da Centro-Oeste (22,1%), Sul (18,6%), Nordeste (11,4%) e Norte (5,7%).

No que diz respeito aos tipos de ação desenvolvida em cada parceria, 1.062 atos foram promovidos com o centro em 2015, como pode ser visto no Mapa 23.

MAPA 23 – Índice de concentração da variável parceria por tipo de ação (CNPH)



Outros aspectos dessas ações em parceria estão descritos a seguir:

- em torno de 87% desses atos se concentraram em projetos de pesquisa desenvolvidos em parceria com o centro;
- a segunda posição é ocupada pelas publicações com finalidade técnico-científica, que representaram 8,85% das parcerias realizadas pelo centro no ano avaliado;
- os eventos realizados em parceria (2,82%) e as publicações técnicas (1,32%) foram as ações menos realizadas pelo CNPH em 2015;
- dentre as cidades com mais instituições que realizaram atos de parceria com o centro estão Brasília (18,6%) e Pelotas (6,3%).

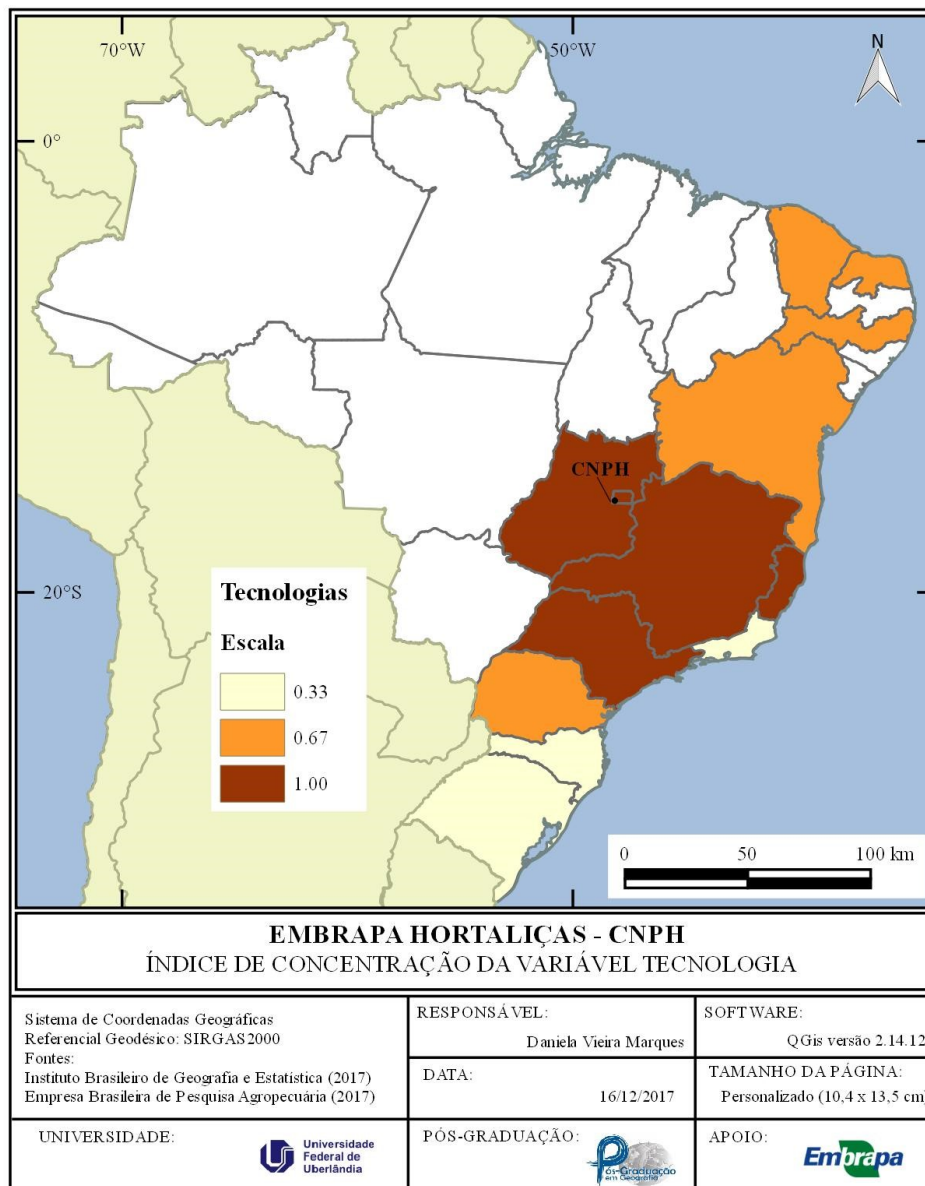
Tecnologia

Uma das características das tecnologias é que sua área de abrangência extrapola os limites municipais, pois quando são geradas elas são, normalmente, indicadas para atender a totalidade dos estados e não um município especificamente (Mapa 24).

Outras características da concentração dessa variável podem ser observadas a seguir:

- as três tecnologias avaliadas pelo centro tiveram um total de 28 indicações de áreas de abrangência. Os maiores índices de concentração ocorreram nos estados da região Sudeste, com 36% das indicações. Nessa região, apenas o estado do Rio de Janeiro recebeu uma única indicação;
- na região Nordeste, quatro estados foram contemplados, sendo cada um com a indicação de duas das tecnologias avaliadas, somando 29%;
- a região Centro-Oeste recebeu indicação apenas para Goiás e Distrito Federal, ambas para as três tecnologias avaliadas em 2015;
- a totalidade da região Sul recebeu recomendação de pelo menos uma tecnologia.

MAPA 24 – Índice de concentração da variável tecnologia (CNPH)



Após a análise e ponderação de cada variável a partir de seus critérios, passa-se à aplicação do método AHP, necessário para construir o índice final de importância. Esse processo começa pela construção da matriz com a avaliação par a par das variáveis, organizadas e comparadas segundo seu grau de importância para o centro de pesquisa.

A hierarquia das variáveis e o julgamento par a par podem ser conferidos na Tabela 10.

TABELA 10 – Avaliação pareada das variáveis (linha em relação a coluna)

	Parcerias por tipo de instituição	Ações sociais por tipo	Ações sociais por público-alvo	Parcerias por tipo de ação	Tecnologias
Parcerias por tipo de instituição	1				
Ações sociais por tipo	3	1			
Ações sociais por público-alvo	5	3	1		
Parcerias por tipo de ação	7	5	3	1	
Tecnologias	9	7	7	3	1

Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Após preenchida a matriz, é necessário checar os índices verificadores da validade do pareamento das variáveis. No caso desse conjunto de variáveis, o λ foi de 5,294, próximo ao número total de variáveis, como é aconselhado; já o índice de consistência (IC) foi de 0,073 (quanto mais próximo de zero, melhor) e a razão de consistência (RC), ficou em 0,065, abaixo de 0,10, valor recomendado pela literatura para garantir a validade da comparação par a par. O peso resultante da matriz pode ser conferido na Tabela 11:

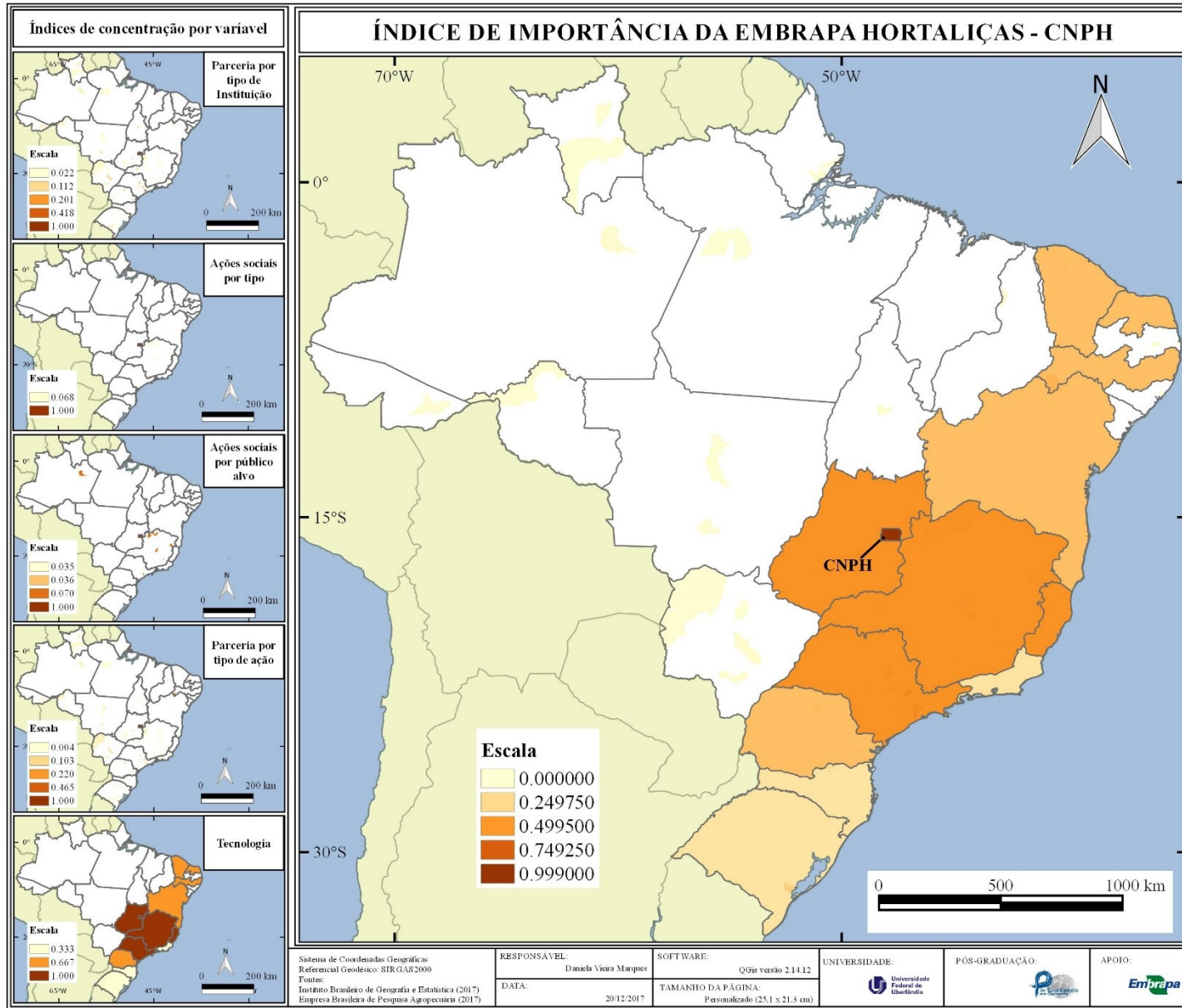
TABELA 11 – Variáveis e respectivos pesos para a Embrapa Hortaliças

Variáveis	Pesos
Parcerias por tipo de instituição	0,034
Ações sociais por tipo	0,067
Ações sociais por público alvo	0,125
Parcerias por tipo de ação	0,250
Tecnologias	0,523

Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Como a definição da ordem de importância na organização da tabela pareada influencia no peso final do conjunto das variáveis, a que obteve maior peso foi a tecnologia (0,523) e a de menor, parcerias por tipo de instituição (0,034). Esse conjunto de pesos é importante para a construção do índice de importância das atividades desenvolvidas pela Embrapa Hortaliças no ano de 2015 (Mapa 25).

MAPA 25 – Índice de importância da Embrapa Hortaliças (CNPH)



Na apresentação do índice final de importância, o Distrito Federal foi o destaque, obtendo a maior nota na escala final de 0 a 1. Esse resultado reflete bem a tendência observada em todas as variáveis, nas quais o Distrito Federal, onde se localiza fisicamente o centro de pesquisa, sempre alcançou a maior nota.

Ainda no Mapa 25 é possível observar um papel predominante da variável tecnologia, principalmente devido a sua abrangência e peso no processamento do método AHP.

De forma geral, o índice final de importância compreendeu estados em todas as regiões brasileiras, com destaque para o Sudeste, onde três dos quatro estados alcançaram nota acima de 0,75.

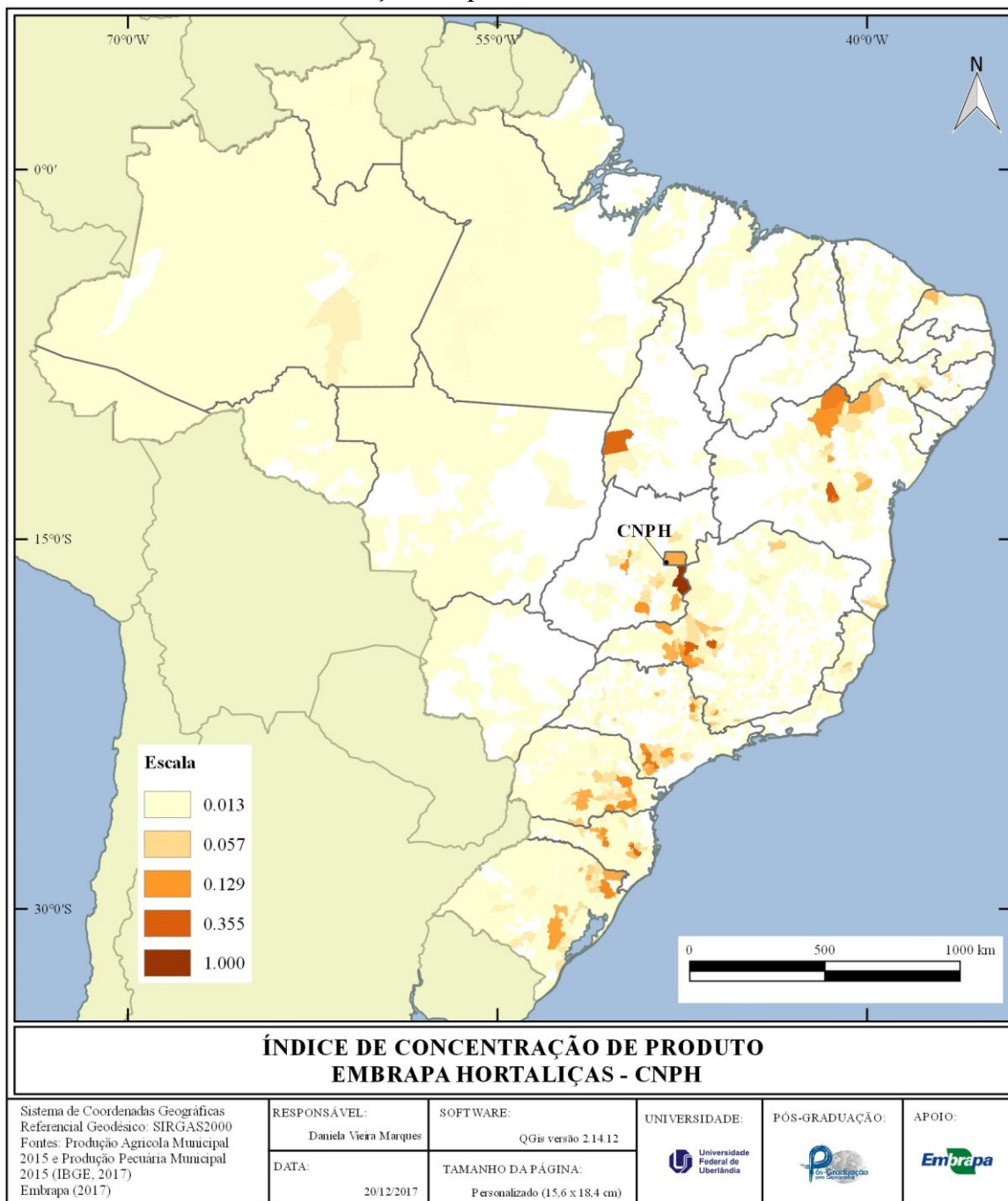
Índice de concentração

O índice de concentração dos produtos que são alvo de pesquisa da Embrapa Hortaliças é apresentado no Mapa 26, o qual foi gerado a partir da espacialização da área plantada dos seguintes produtos: batata, alho, cebola, tomate e melancia. A escolha¹⁰ desses itens está relacionada às tecnologias lançadas e trabalhadas em parceria com instituições de pesquisa no ano de 2015, bem como sua disponibilidade na base de dados do IBGE.

A área plantada desse conjunto de produtos encontra-se bem distribuída por todo o território brasileiro, com uma concentração mais evidente no leste do estado de Goiás.

¹⁰ Para maiores detalhes acerca dos dados que embasaram a escolha desses produtos, sugere-se consultar o site do Balanço Social da Embrapa que disponibiliza as tecnologias e atividades desenvolvidas pelo centro no ano de 2015: <<http://bs.sede.embrapa.br/2015/>>.

MAPA 26 – Índice de concentração dos produtos: batata, alho, cebola, tomate e melancia



O *ranking* dos municípios com os dez maiores índices de concentração dos produtos avaliados por região brasileira é apresentado na Tabela 12.

O índice mais elevado (1,000) está localizado na região Centro-Oeste, no município de Cristalina. Apesar da hegemonia do município na geração desse conjunto de produtos, a região Centro-Oeste não é destaque quando se observam os índices dos demais municípios da região. Analisando a média dos índices, destaque é para o Sudeste, seguido pelas regiões Sul, Centro-Oeste, Nordeste e Norte.

TABELA 12 – *Ranking* dos municípios com os dez maiores índices de concentração dos produtos batata, alho, cebola, tomate e melancia, organizados por região, dados de 2015

Centro-Oeste			Nordeste			Norte		
UF	Município	Índice	UF	Município	Índice	UF	Município	Índice
GO	Cristalina	1,000	BA	Mucugê	0,355	TO	Lagoa da Confusão	0,315
GO	Morrinhos	0,137	BA	Ibicoara	0,227	AM	Manicoré	0,028
GO	Itaberaí	0,133	BA	Casa Nova	0,216	TO	Formoso do Araguaia	0,022
GO	Uruana	0,118	BA	Sento Sé	0,142	AM	Careiro	0,018
DF	Brasília	0,107	BA	Cafarnaum	0,116	PA	Parauapebas	0,017
GO	Campo Alegre de Goiás	0,106	BA	Juazeiro	0,110	RR	Boa Vista	0,017
GO	Vianópolis	0,063	BA	Iaçú	0,099	PA	Itaituba	0,016
GO	Água Fria de Goiás	0,048	PE	Calçado	0,090	RR	Bonfim	0,016
GO	Piracanjuba	0,045	RN	Baraúna	0,078	PA	Monte Alegre	0,014
GO	Silvânia	0,045	BA	Itaberaba	0,073	PA	Santarém	0,013
Sudeste			Sul			Ranking Geral		
UF	Município	Índice	UF	Município	Índice	UF	Município	Índice
MG	Rio Paranaíba	0,417	SC	Ituporanga	0,320	GO	Cristalina	1,000
MG	Perdizes	0,336	SC	Alfredo Wagner	0,299	MG	Rio Paranaíba	0,417
SP	Guapiara	0,275	SC	Curitibanos	0,207	BA	Mucugê	0,355
SP	Itapeva	0,245	PR	São Mateus do Sul	0,184	MG	Perdizes	0,336
SP	Casa Branca	0,215	RS	São Francisco de Paula	0,181	SC	Ituporanga	0,320
SP	Itaí	0,163	PR	Castro	0,167	TO	Lagoa da Confusão	0,315
MG	Ipuiúna	0,136	PR	Araucária	0,157	SC	Alfredo Wagner	0,299
MG	Sacramento	0,133	RS	São José do Norte	0,141	SP	Guapiara	0,275
SP	Itapetininga	0,132	SC	Lebon Régis	0,137	SP	Itapeva	0,245
MG	Santa Juliana	0,118	PR	Lapa	0,129	BA	Ibicoara	0,227

Fonte: IBGE (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Na região Centro-Oeste há predomínio no *ranking* dos municípios de Goiás. Situação parecida é encontrada na região Sudeste, onde os estados de São Paulo e Minas Gerais lideram com cinco cidades cada. Também é o caso da região Nordeste, dominada pelo estado da Bahia com oito municípios no *ranking* regional.

No caso da região Sul, o destaque é o estado de Santa Catarina, com quatro municípios no *ranking*, sendo três deles nas primeiras posições. Os municípios do Paraná também se sobressaíram nessa listagem, com quatro cidades.

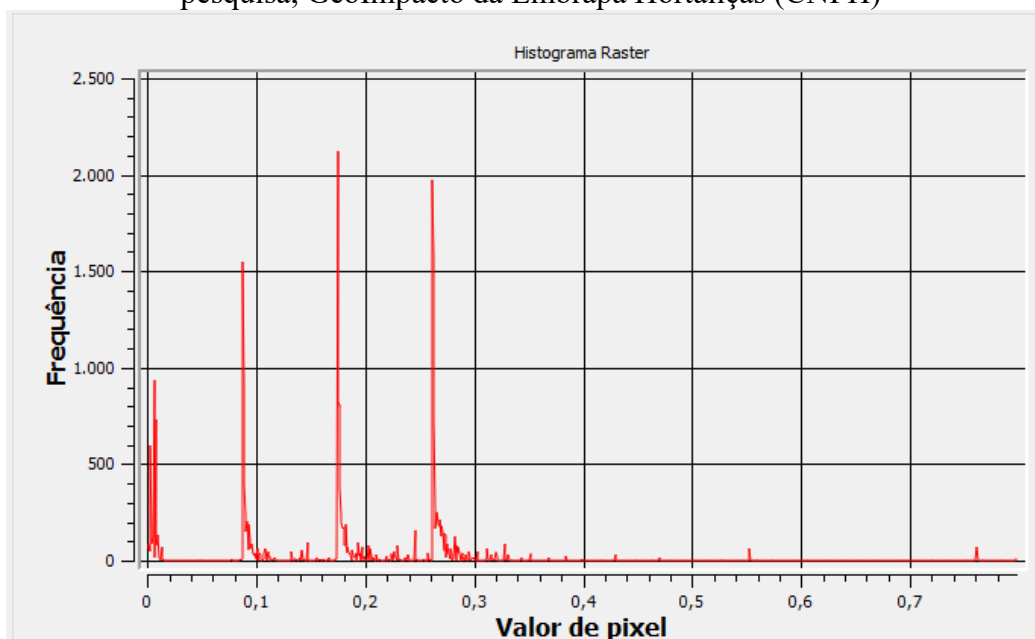
O Pará é o destaque estadual na região Norte, com quatro municípios no *ranking* dos dez maiores índices, porém tais cidades alcançaram índices muito baixos, realidade dos demais municípios da região, com exceção da cidade de Lagoa da Confusão (TO), que obteve um bom índice, no contexto geral.

Índice de Impacto Espacial da Embrapa Hortaliças (GeoImpacto CNPH)

O índice de impacto espacial é obtido a partir da união entre os índices de importância e concentração, gerando assim o GeoImpacto da Embrapa Hortaliças.

No histograma da Figura 25 é possível observar a frequência dos resultados dos índices gerados, bem como onde se deu sua concentração. Os índices alcançados se concentraram em picos, de acordo com a figura, entre de 0,1 e 0,3.

FIGURA 25 – Histograma dos dados do índice de impacto espacial de instituições de pesquisa, GeoImpacto da Embrapa Hortaliças (CNPH)



Fonte: Imagem retirada do *software* QGis 2.14.12 (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

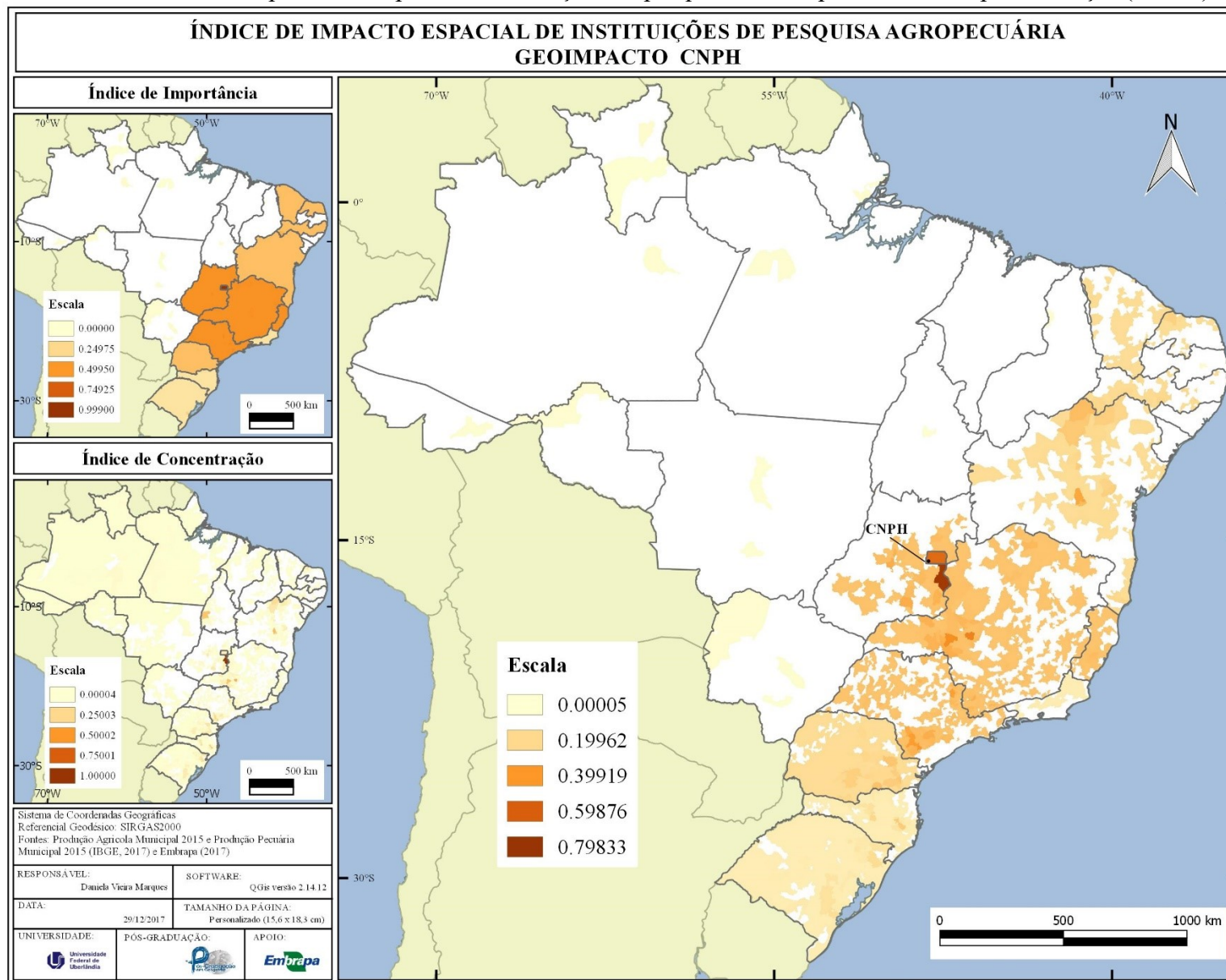
A espacialização desses resultados pode ser melhor visualizada no Mapa 27, comprovando a concentração desses números em índices baixos de impacto.

No mapa é possível observar que a Embrapa Hortaliças tem concentrado sua atuação nas regiões Sul, Sudeste, Nordeste e parte do Centro-Oeste.

Os maiores índices foram encontrados para a região no entorno do Distrito Federal, o que possivelmente pode ser explicado pela localização do centro de pesquisa em Brasília e, conseqüentemente, uma maior interação entre o centro, seus parceiros e essas zonas produtoras.

Portanto, o índice de impacto espacial da Embrapa Hortaliças não alcançou bons índices de impacto no Brasil como um todo. No entanto, a produção dos itens avaliados é bem dispersa pelo território nacional o que dificulta uma ampla e intensa atuação do centro de pesquisa.

MAPA 27 – Índice espacial de impacto de instituições de pesquisa, GeoImpacto da Embrapa Hortaliças (CNPH)



Além do mais, nos lugares com maior concentração de produtos os índices de impacto espacial final também foram mais elevados, como nas cidades de Goiás, Minas Gerais e Bahia.

Há também exceções, como ocorreu em cidades do Tocantins, que obteve um bom índice de concentração dos produtos, mas, como não houve atuação do centro nesse estado, os índices finais ficaram muito baixos ou inexistentes.

3.3.3. Centro de pesquisa em temas básicos: metodologia aplicada à Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Além dos centros de pesquisa voltados para o desenvolvimento de produtos e com vistas a atender a demanda de uma região específica, a Embrapa fomenta pesquisas relacionadas a temas básicos da ciência. Esses centros são chamados de temas básicos e englobam dez unidades, conforme o Mapa 9.

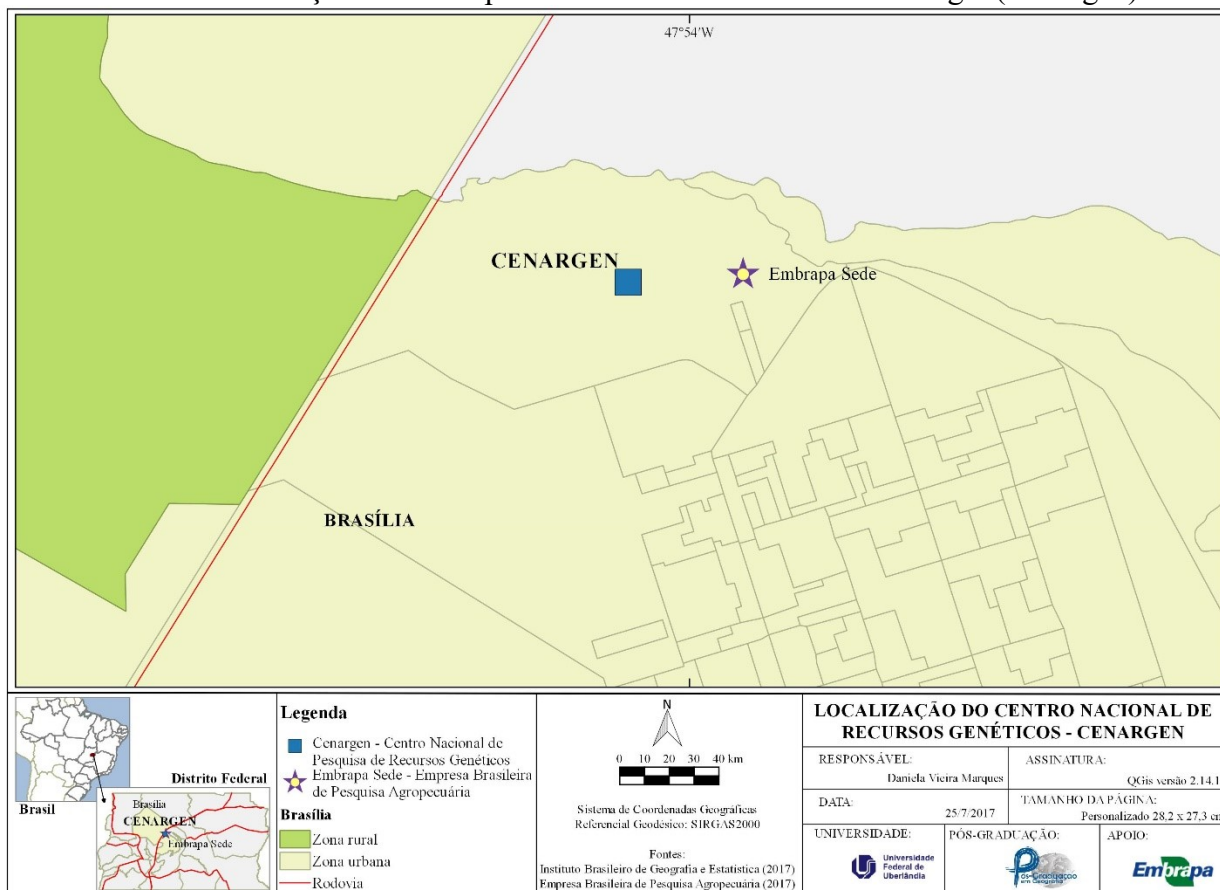
Dentre eles, foi escolhido para aplicação da metodologia de avaliação do impacto espacial o centro de pesquisa localizado em Brasília, chamado Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen).

A missão do Cenargen, desde sua criação em 1974, é “viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação em recursos genéticos para a sustentabilidade da agricultura brasileira.” (EMBRAPA, 2011, p. 6). É considerado um centro temático, como expressado em sua missão, localizado no Distrito Federal, no final da Asa Norte, em Brasília, como pode ser visto no Mapa 28.

As finalidades da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia no âmbito da pesquisa, estão listadas em seu Regimento Interno, quais sejam:

- promover, coordenar e executar ações de pesquisa e desenvolvimento de recursos genéticos e do sistema de curadoria de germoplasma;
- introduzir, coletar, caracterizar, conservar e promover o uso de recursos genéticos;
- desenvolver conhecimentos e tecnologias, baseadas em recursos genéticos e biotecnologia, que auxiliem na promoção da competitividade da agropecuária, na melhoria da qualidade dos produtos, na redução de impactos ambientais negativos e das desigualdades sociais;
- desenvolver conhecimentos e tecnologias voltadas para a segurança biológica da agropecuária. (EMBRAPA, 2011, p. 7)

MAPA 28 – Localização da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen)



As demais finalidades do centro de pesquisa estão relacionadas a prestação de serviços, transferência de tecnologias e afins, além da participação em políticas públicas, como se nota pelos seguintes objetivos:

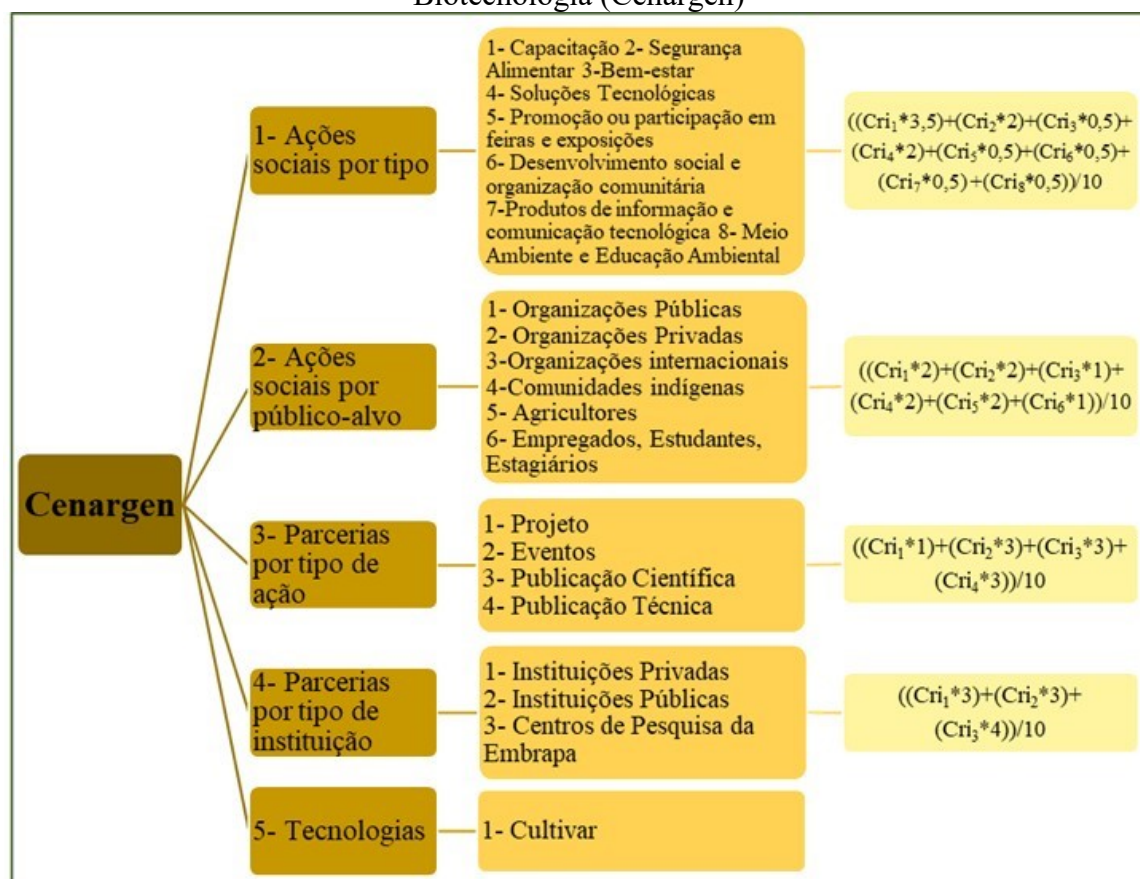
- prestar serviços no âmbito das competências técnico/científicas da Unidade, especialmente nas áreas de gerenciamento e conservação de coleções de germoplasma e de intercâmbio e quarentena de germoplasma vegetal;
- promover a transferência de conhecimentos, produtos e serviços desenvolvidos pela Unidade;
- contribuir para a formulação e implementação de políticas públicas no âmbito das competências técnico/científicas da Unidade. (EMBRAPA, 2011, p. 7).

Diante das atribuições do centro de pesquisa e levando em consideração sua área de atuação e os principais produtos desenvolvidos, parte-se para a geração dos índices de importância e concentração com vistas a construir o índice final de impacto espacial da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Índice de importância

O índice de importância foi elaborado utilizando os índices de concentração de cinco variáveis e seus respectivos critérios, de acordo com a Figura 26. Dentre as variáveis, a única que não teve critérios ponderados foi a tecnologia, pois apresentou apenas um tipo. As demais variáveis tiveram seus critérios ponderados atendendo as especificidades do centro de pesquisa.

FIGURA 26 – Ponderação dos critérios, por variável, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen)



Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Os dados utilizados se referem ao ano de 2015, quando o centro de pesquisa avaliou duas tecnologias relacionados a práticas e processos. Para a análise das ações sociais foram encontradas 62 atividades relativas a capacitação, segurança alimentar, bem-estar, soluções tecnológicas, promoção ou participação em feiras e exposições, desenvolvimento social e organização comunitária, produtos de informação e comunicação tecnológica, meio ambiente e educação ambiental, que foram analisadas por tipo de ação e por público-alvo. Essas ações que abrangeram organizações públicas, privadas e internacionais, além de

comunidades indígenas, agricultores e também o público interno do centro de pesquisa, num total de 183 menções. Por fim, as parcerias foram firmadas com 403 instituições públicas e privadas, resultando em 2.593 ações distribuídas em projetos, eventos e publicações técnicas e científicas.

Após esse procedimento de ponderação dos critérios, importante para definir a importância de cada critério em cada variável, passa-se à próxima etapa, que é a transformação dos dados para a escala de 0 a 1 por meio da normalização dos dados, mantendo assim uma escala padrão para todas as variáveis. Os resultados obtidos após essa etapa, organizados por variável, é o que segue.

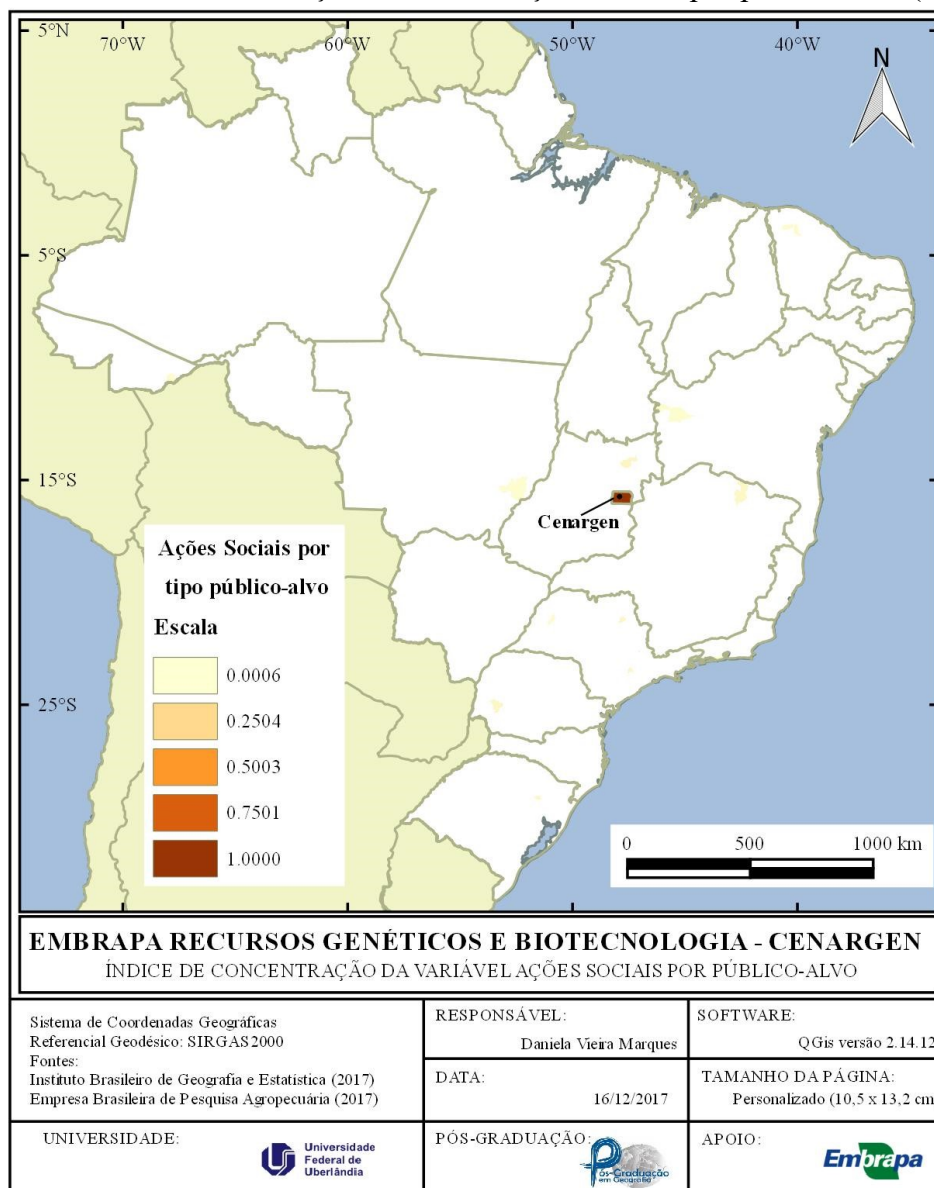
Ações sociais

Em 2015 foram realizados 62 tipos de ações sociais que atingiram 183 públicos diferentes, sendo que 64% desse público-alvo se concentrou em Brasília (DF). Essas ações sociais analisadas por público-alvo, promovidas pelo Cenargen, alcançaram todas as regiões brasileiras, como pode ser visto no Mapa 29.

O índice de concentração dessa variável foi de 0,0006 e 1,0, mostrando seu grau de concentração em Brasília (DF). Esse índice é resultante das seguintes características:

- as ações sociais tiveram como públicos-alvo principais as organizações privadas (21%), públicas (20%) e o público interno do Cenargen, empregados, estudantes e estagiários (19%);
- em seguida aparecem os agricultores (15%) e as comunidades indígenas (14%) como alvos das ações sociais em 2015;
- também foram realizadas ações para atender a demanda estrangeira, sendo que as organizações internacionais participaram de 10% das ações sociais realizadas;
- devido à localização do centro de pesquisa em Brasília, a maior parte do público atingido se concentrou na região Centro-Oeste (70%) e apenas 1% do público-alvo era da região Norte.

MAPA 29 – Índice de concentração da variável ações sociais por público-alvo (Cenargen)



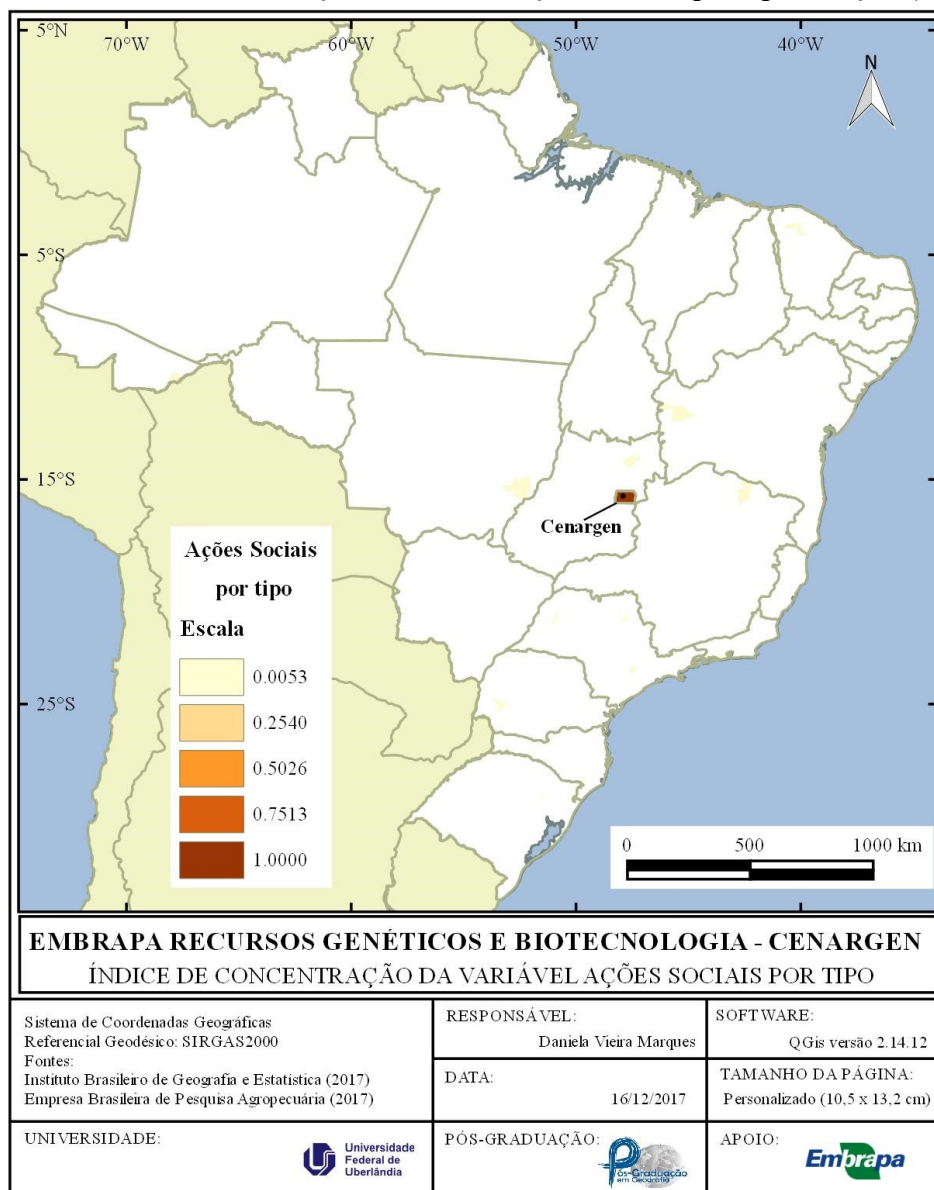
Quanto ao tipo de ação desenvolvida, o índice de concentração variou de 0,0053 a 1,0, confirmando seu grau de centralização, vide Mapa 30.

O índice de concentração da variável ações sociais por tipo de ação do Cenargen possui as seguintes características:

- das 62 ações sociais realizadas pelo centro em 2015, a maior parte se concentrou em capacitação (31%) e segurança alimentar (21%);
- as ações com intuito de gerar ou disseminar soluções tecnológicas foram realizadas em 16% das vezes, seguida por ações voltadas a saúde e bem-estar (10%);
- os demais tipos de ações sociais (promoção/participação em feiras e exposições, desenvolvimento social e organização comunitária, produtos de informação e

comunicação tecnológica e meio ambiente e educação ambiental) foram realizados em menos de 10% dos casos.

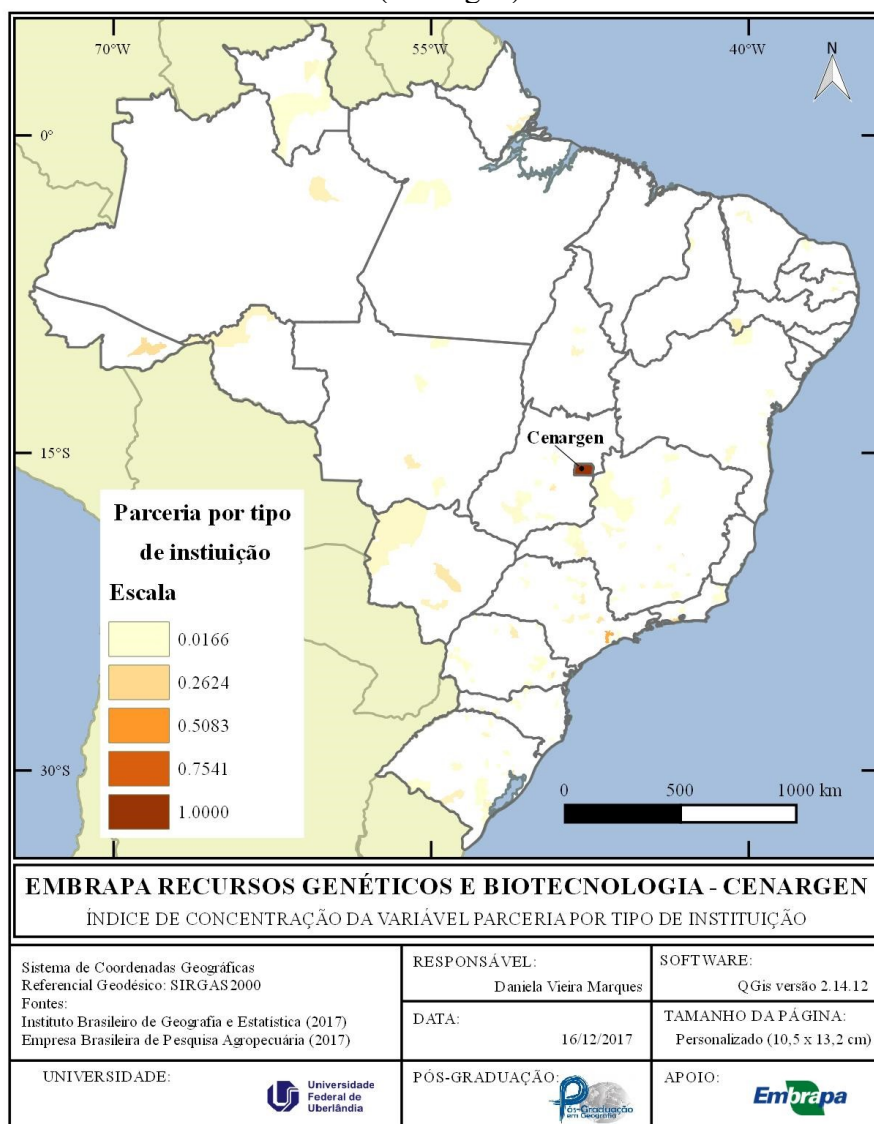
MAPA 30 – Índice de concentração da variável ações sociais por tipo de ação (Cenargen)



Parcerias

As parcerias firmadas pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia abrangeram os mais diversos tipos de instituições e se espalharam por todo o território brasileiro, como pode ser visto no Mapa 31.

MAPA 31 – Índice parcial de concentração da variável parceria por tipo de instituição (Cenargen)



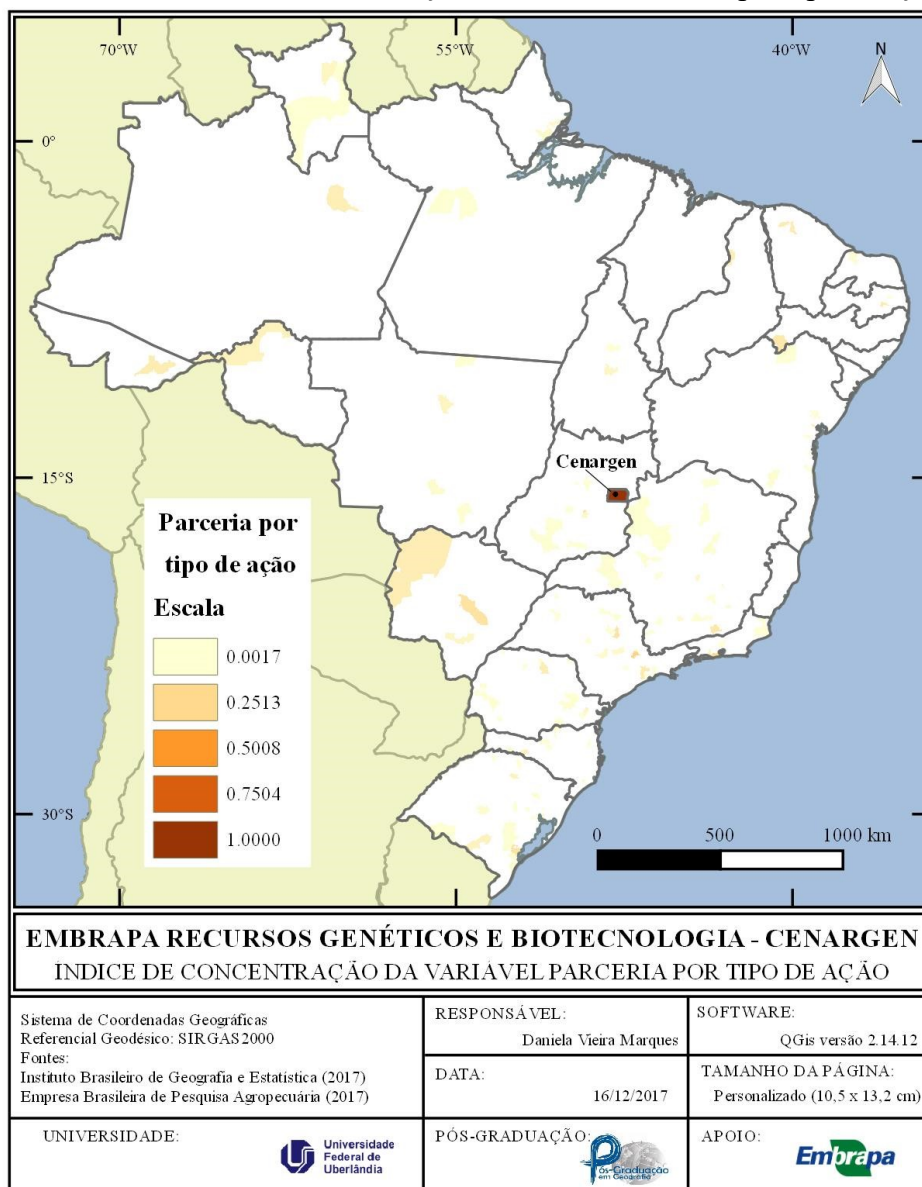
No Cenargen, o índice parcial de concentração, relativo às parcerias realizadas com outras instituições, variou de 0,0166 a 1,0, com as seguintes características:

- foram feitas, em 2015, 2.593 parcerias com instituições das quais 49,63% tinham caráter público;
- as instituições privadas foram responsáveis por 32,26% das parcerias com o centro;
- o Cenargen também realizou parcerias com outros centros da Embrapa, que representaram 18,11%;
- as instituições parceiras se localizaram principalmente nos municípios de Brasília (52%) e São Paulo (26%);

- dentre as regiões brasileiras, o Sudeste, com 32% é a que possui maior número de instituições parceiras, seguida das regiões Centro-Oeste (24%), Sul (21%), Nordeste (13%) e Norte (11%).

No Mapa 32 é possível visualizar o índice de concentração das parcerias avaliadas por tipo de ação selada com cada parceiro.

MAPA 32 – Índice de concentração da variável Parceria por tipo de ação



O índice de concentração relativo às ações de parceria realizadas variou de 0,0017 a 1,0, sendo que:

- das 2.593 ações promovidas em parceria, 85,04% se concentraram em projetos de pesquisa desenvolvidos no centro;

- as publicações com finalidade técnico-científica representaram 12,69% das parcerias realizadas pelo centro no ano avaliado;
- as publicações técnicas alcançaram apenas 1,97% do total de ações de parcerias;
- os eventos (0,31%) foram as ações menos realizadas com as instituições parceiras em 2015 pelo Cenargen;
- das cidades, as que mais realizaram ações de parceria foram Brasília (16,7%) e Campinas (4,2%);
- dentre as regiões brasileiras a que mais recebeu algum tipo de ação em parceria foi a Centro-Oeste (28%), seguida pelas regiões Sudeste (26%), Sul (18%), Nordeste (17%) e Norte (11%).

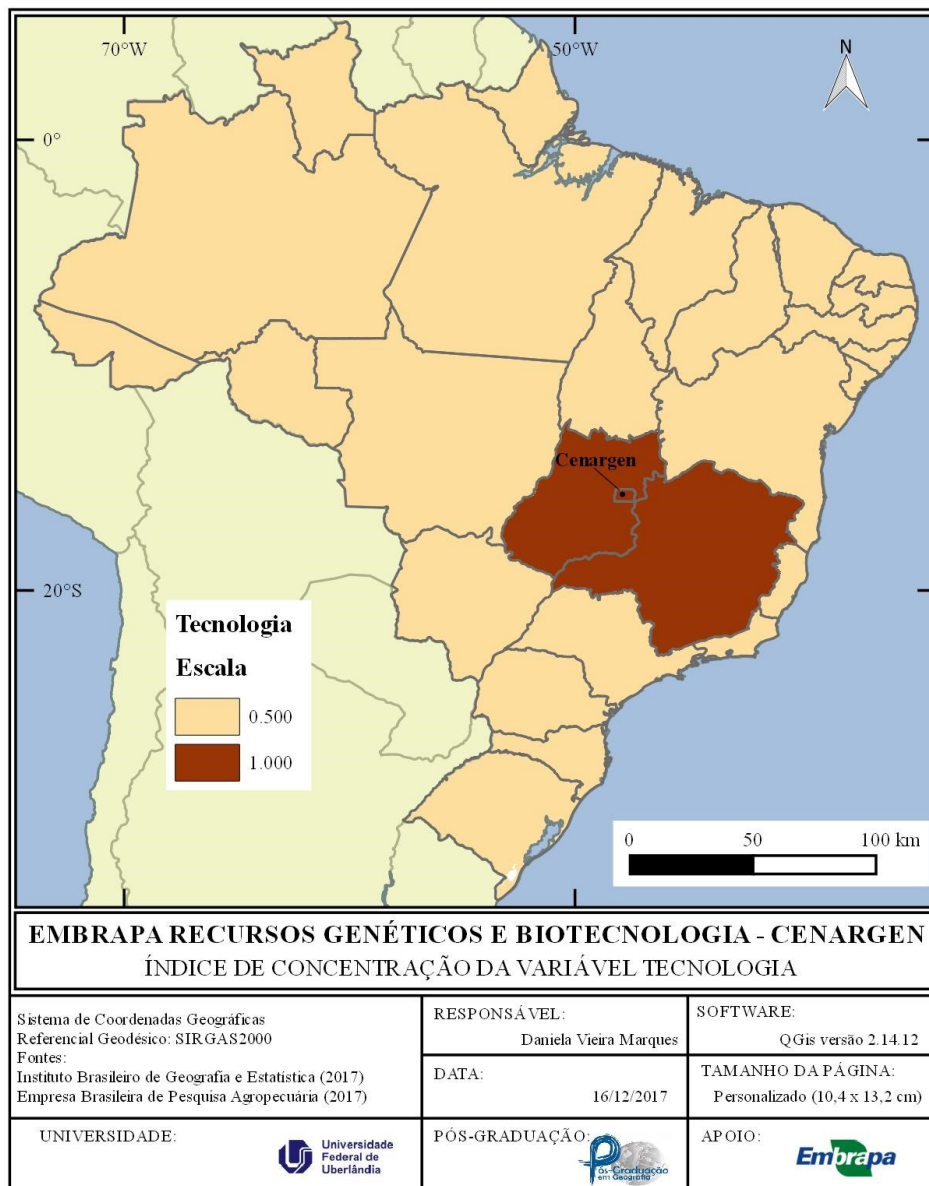
Tecnologia

A variável tecnologia possui uma área de abrangência que extrapola os limites municipais, até então tomados como referência de análise. As tecnologias são geralmente desenvolvidas para serem adotadas por uma região ou estado por essa razão, os dados foram espacializados levando em consideração a unidade da federação, como pode ser visto no Mapa 33.

O índice de concentração encontrado para a variável tecnologia, foi de 0,50 e 1,0 e caracteriza-se por apresentar os seguintes aspectos:

- das duas tecnologias avaliadas pelo centro em 2015, uma teve indicação para todos os estados brasileiros devido à abrangência de produtos que podem adotar a prática ou processo recomendado;
- os maiores índices de concentração da variável tecnologia estão situados nos estados de Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal, que receberam a indicação das duas tecnologias.

MAPA 33 – Índice de concentração da variável tecnologia (Cenargen)



Por fim, para gerar o índice final de importância, obtido a partir dos índices de concentração de cada variável avaliada, é necessário aplicar o método AHP. O primeiro procedimento é realizar o pareamento dessas variáveis, segundo o grau de importância delas para o centro de pesquisa, no ano avaliado. A hierarquia das variáveis e o julgamento par a par para a realidade da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia podem ser vistos na Tabela 13.

TABELA 13 – Avaliação pareada das variáveis (linha em relação a coluna) do Cenargen

	Ações sociais por tipo	Ações sociais por público-alvo	Parcerias por tipo de ação	Parcerias por tipo de instituição	Tecnologias
Ações sociais por tipo	1				
Ações sociais por público-alvo	3	1			
Parcerias por tipo de ação	3	3	1		
Parcerias por tipo de instituição	5	5	3	1	
Tecnologias	7	7	3	3	1

Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

A ordem das variáveis levou em consideração a finalidade da instituição, que se configura como um centro de pesquisa de temas básicos, e deve gerar tecnologias nessa linha, por meio de parcerias que ajudem no desenvolvimento desses recursos e a distribuição deles à sociedade. Dessa forma, a ordem de importância é a que foi apresentada na tabela.

Preenchida a matriz, é necessário averiguar os índices verificadores da validade do pareamento das variáveis. O conjunto de variáveis do Cenargen, resultou em um λ de 5,291, que deve ser um valor próximo ao número total de variáveis (neste caso, 5); já o índice de consistência (IC) alcançou o valor de 0,073 (quanto mais próximo de zero, melhor) e a razão de consistência (RC) ficou em 0,065, abaixo de 0,10, como esperado. O resultado final desse processamento da matriz par a par são os pesos para cada variável do índice de importância, conforme observado na Tabela 14.

TABELA 14 – Variáveis e respectivos pesos para a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen)

Variáveis	Pesos
Ações sociais por público alvo	0,046
Parcerias por tipo de instituição	0,075
Ações sociais por tipo	0,143
Parcerias por tipo de ação	0,268
Tecnologias	0,467

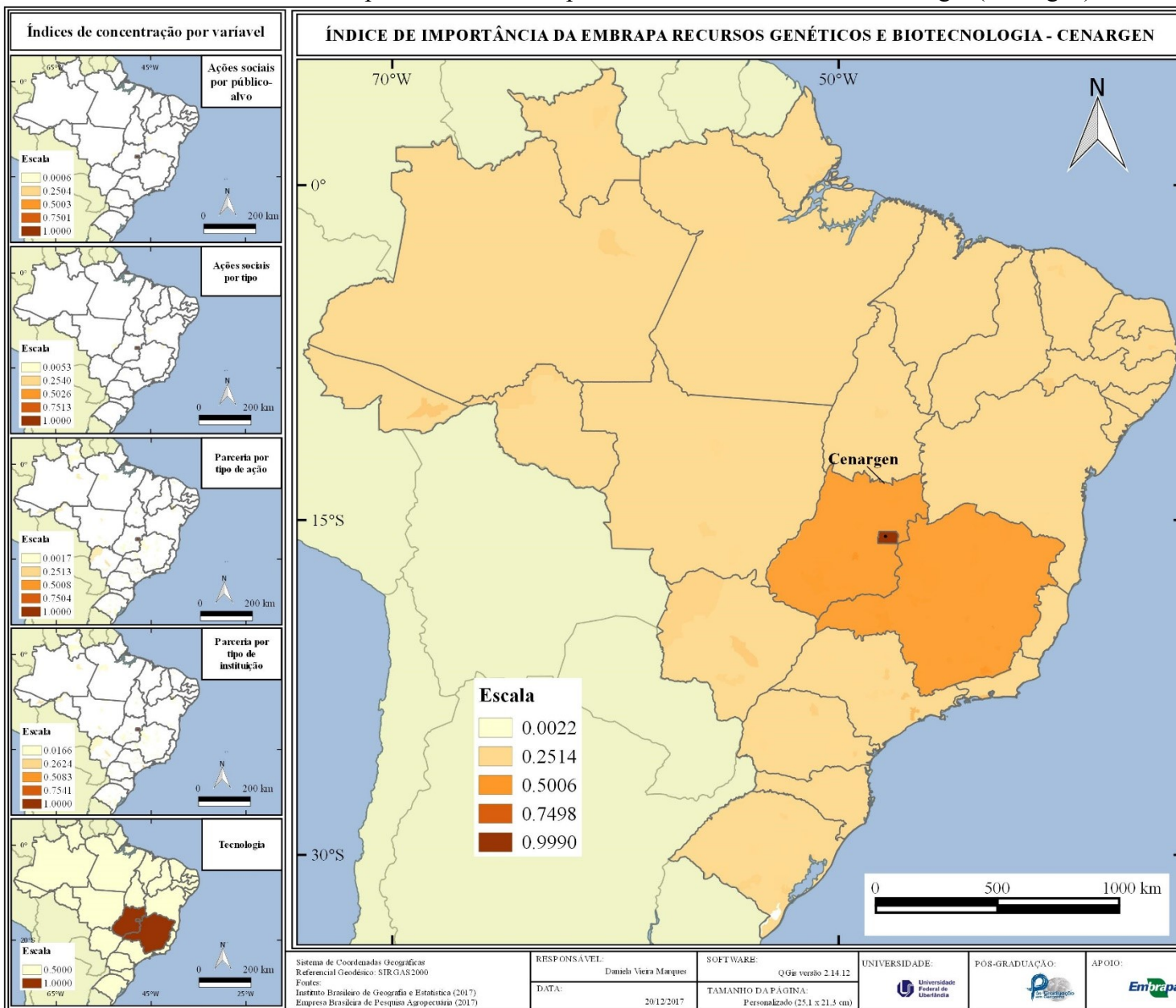
Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Dos pesos obtidos, a variável de maior valor foi a tecnologia (0,467), e a de menor, ações sociais por público-alvo (0,046). A definição desses pesos é fundamental para a construção do índice de importância das atividades desenvolvidas pelo Cenargen no ano de 2015, cujo resultado, mostrado Mapa 34, é obtido a partir do cruzamento das variáveis ponderadas com base nesses valores.

Devido ao seu peso mais elevado em relação às demais variáveis, respaldado pela importância dada na análise ponderada, a tecnologia teve grande influência no resultado final do índice de importância da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. O destaque entre os estados foi o Distrito Federal, que obteve o maior índice, confirmando a tendência verificada em todas as variáveis.

O centro de pesquisa tem abrangência nacional em suas pesquisas e isso se refletiu no alcance do índice de importância, que abarcou todo o território brasileiro. Além do destaque já mencionado, vale ressaltar também os estados de Minas Gerais e Goiás, que alcançaram índices medianos, aproximadamente 0,50 numa escala de 0 a 1.

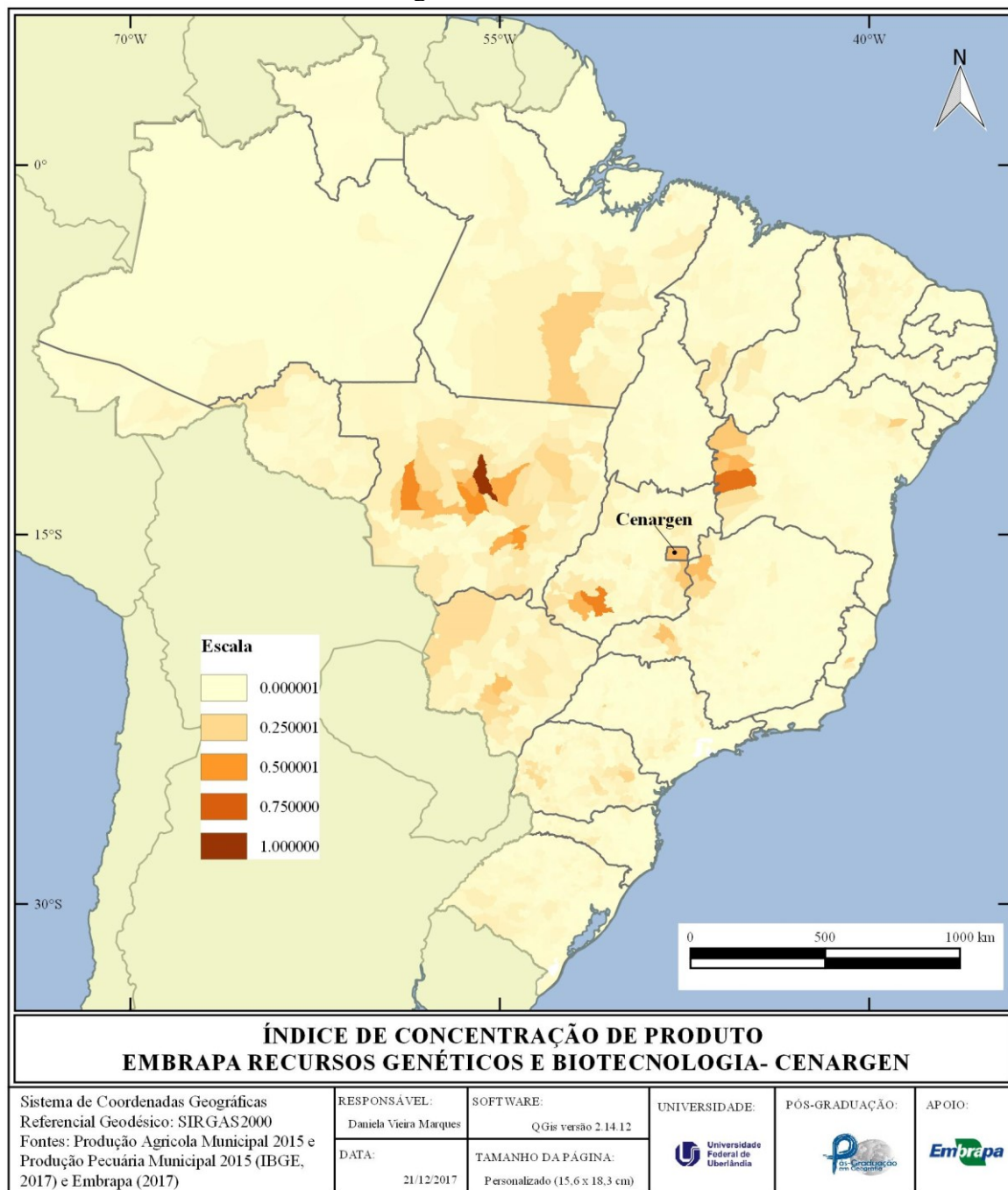
MAPA 34 – Índice de importância da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen)



Índice de concentração de produtos

O resultado do índice de concentração dos produtos que são foco de pesquisa da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia está no Mapa 35, cuja representação da escala utilizou o modo de intervalos iguais entre valores mínimos e máximos.

MAPA 35 – Índice de concentração do conjunto dos produtos soja, milho, feijão, algodão e bovinos



O índice de concentração de produtos foi obtido a partir da normalização dos dados para a escala de 0 a 1, levando em consideração a localização no território brasileiro, das áreas destinadas aos seguintes produtos: soja, milho, feijão, algodão e bovinos. Tais produtos

foram selecionados¹¹ para esta análise tendo em conta as tecnologias lançadas, as parcerias e as ações sociais desenvolvidas em 2015, bem como a disponibilidade de informações dos produtos na base de dados do IBGE.

O resultado verificado no mapa mostra que as áreas destinadas a esses produtos estão distribuídas por todo o território brasileiro. A Tabela 15 ajuda a entender melhor os resultados apresentados no mapa. Nessa tabela está o *ranking* com os dez maiores índices de concentração organizados por região brasileira.

TABELA 15 – Ranking dos municípios com os dez maiores índices de concentração dos produtos soja, milho, feijão, algodão e bovinos, organizados por região, dados de 2015

Centro-Oeste			Nordeste			Norte		
UF	Município	Índice	UF	Município	Índice	UF	Município	Índice
MT	Sorriso	1,000	BA	São Desidério	0,660	PA	Novo Repartimento	0,121
GO	Rio Verde	0,587	BA	Barreiras	0,391	PA	Cumaru do Norte	0,100
MT	Sapezal	0,560	BA	Luís Eduardo Magalhães	0,327	PA	Paragominas	0,097
MT	Nova Mutum	0,517	BA	Formosa do Rio Preto	0,312	PA	Santana do Araguaia	0,091
MT	Primavera do Leste	0,491	BA	Euclides da Cunha	0,279	PA	Altamira	0,082
MT	Nova Ubitatã	0,422	BA	Correntina	0,208	PA	Santa Maria das Barreiras	0,082
MT	Lucas do Rio Verde	0,416	BA	Riachão das Neves	0,185	RO	Alto Alegre dos Parecis	0,080
MT	Campo Verde	0,401	PE	São Bento do Una	0,177	AC	Rio Branco	0,078
GO	Jataí	0,390	MA	Balsas	0,175	PA	Pacajá	0,077
DF	Brasília	0,373	PI	Uruçuí	0,128	PA	Água Azul do Norte	0,074
Sudeste			Sul			Ranking Geral		
UF	Município	Índice	UF	Município	Índice	UF	Município	Índice
MG	Unaí	0,353	PR	Castro	0,254	MT	Sorriso	1,000
MG	Uberlândia	0,330	PR	Toledo	0,231	BA	São Desidério	0,660
ES	Santa Maria de Jetibá	0,264	PR	Cascavel	0,222	GO	Rio Verde	0,587
SP	Bastos	0,261	PR	Cianorte	0,199	MT	Sapezal	0,560
MG	Paracatu	0,231	PR	Palotina	0,193	MT	Nova Mutum	0,517
MG	Uberaba	0,200	PR	Prudentópolis	0,187	MT	Primavera do Leste	0,491
MG	São Sebastião do Oeste	0,185	PR	Assis Chateaubriand	0,180	MT	Nova Ubitatã	0,422
MG	Pará de Minas	0,176	PR	Piraí do Sul	0,156	MT	Lucas do Rio Verde	0,416
SP	Amparo	0,164	PR	Dois Vizinhos	0,155	MT	Verde	0,401
SP	Itapetininga	0,130	PR	Irati	0,145	BA	Campo Verde	0,401
							Barreiras	0,391

Fonte: IBGE (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

¹¹ Para maiores detalhes acerca dos dados que embasaram a escolha desses produtos, sugere-se consultar o site do Balanço Social da Embrapa que disponibiliza as tecnologias e atividades desenvolvidas pelo centro no ano de 2015: <<http://bs.sede.embrapa.br/2015/>>.

De acordo com os dados da tabela, as cidades com os índices mais elevados, próximos de 1, estão localizadas na região Centro-Oeste, como o município de Sorriso (MT).

Com sete municípios no *ranking* da região Centro-Oeste, incluindo a cidade que atingiu o índice máximo de concentração, o estado do Mato Grosso se destaca não só a nível regional como também no *ranking* nacional, cuja lista constam esses mesmos sete municípios.

A região Nordeste também se destaca no *ranking*, com o segundo município de maior índice no nível nacional, que foi São Desidério, na Bahia. Esse estado é o destaque no Nordeste por concentrar as sete primeiras posições no *ranking* regional.

Na região Sudeste há o *ranking* é ocupado por municípios de três estados, com destaque para Minas Gerais, que reúne seis municípios. Na região Sul há hegemonia de um estado, o Paraná, cujos municípios ocupam todas as posições do ranqueamento.

A região Norte não tem grande importância no cenário produtivo nacional, e seus municípios não atingiram índices significativos no âmbito geral. O destaque dessa região é o estado do Pará que ocupa 80% das posições na lista dos dez maiores índices de concentração.

Por fim, em relação ao *ranking* geral, apenas estados de duas regiões se sobressaem, Centro-Oeste e Nordeste, com supremacia do Mato Grosso.

Índice de impacto espacial da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (GeoImpacto Cenargen)

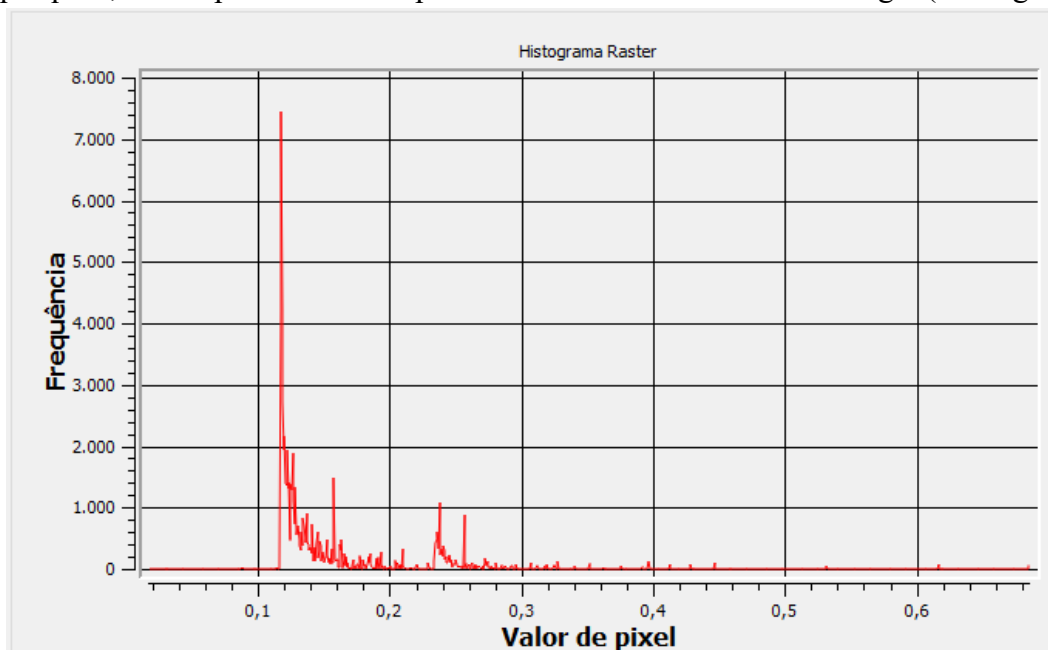
O índice final de impacto espacial da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (GeoImpacto Cenargen) é resultante da soma entre os índices de importância (decorrência das ações, tecnologias e parcerias feitas pelo centro de pesquisa) e de concentração (do conjunto de produtos alvo do centro), ambos os resultados avaliados para o ano de 2015.

A área de atuação do Cenargen abrange todo o território brasileiro. Dessa forma, os índices encontrados ficaram entre 0,0164 e 0,6858, como pode ser visto no histograma da Figura 27, que mostra as faixas de concentração dos *pixels*.

Na figura é possível observar que a maioria dos *pixels* se concentrou na faixa entre 0,1 a 0,2, ou seja, há prevalência do índice de concentração ou do índice de importância na maior parte do país, e não dos dois simultaneamente, o que geraria a concentração dos *pixels* nos valores mais altos.

Cabe ressaltar que o Cenargen é um centro de pesquisa nacional de temas básicos e, por isso, tem como missão atender as demandas de todo o Brasil nessa área de atuação.

FIGURA 27 – Histograma dos dados do Índice de impacto espacial de instituições de pesquisa, GeoImpacto da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen)



Fonte: Imagem retirada do *software* QGIS 2.14.12 (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

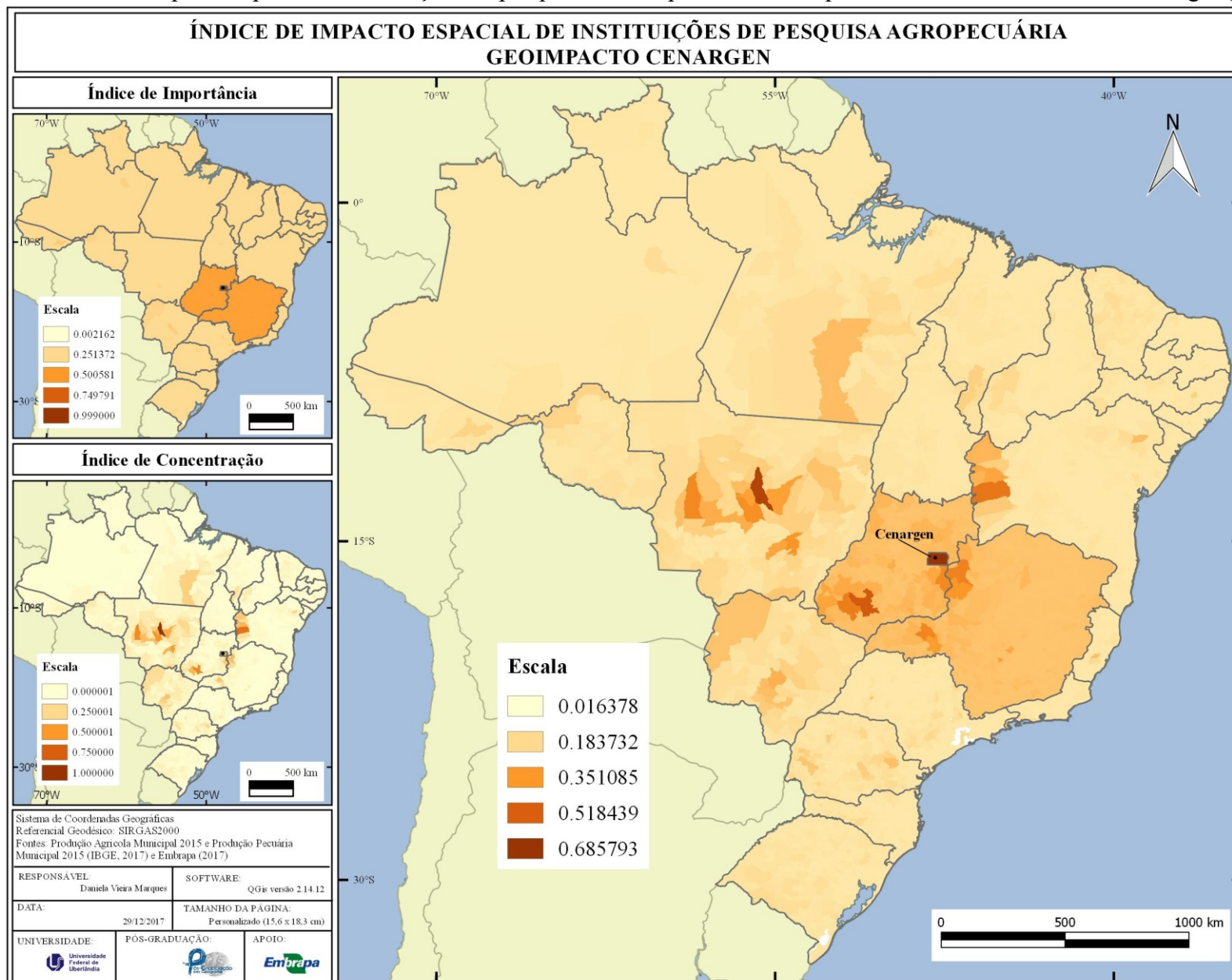
Como pode visto no Mapa 36, importantes áreas produtoras do Brasil alcançaram índices significativos de impacto, acima de 0,5, como localidades de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Bahia.

No mapa ainda é possível observar que o Distrito Federal, além das áreas já mencionadas, alcançou os maiores índices de impacto espacial da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. O valor mais alto nesses estados é explicado pela importância e concentração das atividades (ações sociais e tecnologias) realizadas nessas localidades, principalmente em Brasília, pelo centro e seus parceiros.

Portanto, o índice de GeoImpacto do Cenargen ficou, para a maioria do país, abaixo de 0,5. No entanto, as áreas identificadas com os maiores índices ajustam-se com áreas importantes no contexto produtivo, ou zonas como o Distrito Federal, que se destacam por ter alcançado bom índice de impacto devido a sua centralidade no país e por congregarem inúmeras ações do centro de pesquisa, que se localiza em Brasília.

Por fim vale considerar que a relevância dos resultados obtidos, pois apesar da extensão territorial do país, o Cenargen conseguiu atuar em todas as regiões, atendendo a necessidade de abranger o território do nacional e diferentes produtos.

MAPA 36 – Índice de impacto espacial de instituições de pesquisa, GeoImpacto da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen)



3.3.4. Uma abordagem geral sobre o GeoImpacto nos centros de pesquisa da Embrapa

Após a aplicação da metodologia desenvolvida neste estudo (detalhada na seção 2) há três realidades diferentes encontradas na Embrapa, tem-se na Tabela 16 uma síntese dos índices de importância, de concentração e o índice final de impacto espacial de cada centro de pesquisa, o GeoImpacto.

Cabe nesse momento esclarecer que a tabela é para uma apreciação, com vistas a resumir os resultados encontrados e apresentar como informação adicional as médias calculadas para cada índice, levando em consideração apenas os valores mínimos e máximos. Essa ressalva se justifica pelas realidades enfrentadas em cada um dos centros de pesquisa, que são enquadrados de acordo com as diretrizes da Embrapa, em ecorregionais, como a Embrapa Cerrados (CPAC), centro de pesquisa de produtos, como a Embrapa Hortaliças (CNPH) e centro de pesquisa em temas básicos, a exemplo da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), conforme já mencionado.

TABELA 16 – Síntese comparativa dos índices gerados para os centros de pesquisa investigados

Centro de pesquisa	Índice de importância		Índice de concentração		GeoImpacto			
	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	Média	Mediana
CPAC	0,00000	1,00000	0,00000	1,00000	0,00006	0,75218	0,26144	0,25722
CNPH	0,00000	0,99900	0,00004	1,00000	0,00005	0,79833	0,17244	0,17611
Cenargen	0,00216	0,99900	0,00000	1,00000	0,01638	0,68579	0,15260	0,12687

Fonte: Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Os dados referentes às médias do índice espacial de GeoImpacto de cada centro, constantes da tabela, mostram que as médias ficaram muito próximas, entre 0,1 e 0,3, e que a mediana teve o mesmo comportamento para as três situações.

O conjunto desses resultados indica a necessidade de incremento de ações que resultem em maior impacto espacial nos três centros de pesquisa avaliado, uma vez que todos alcançaram uma média inferior a 0,3 no índice final. Esse incremento de ações pode se dar tanto por meio do desenvolvimento de mais ações sociais, tecnologias transferidas à sociedade e parcerias realizadas, quanto pela melhor distribuição dessas ações ao longo da área de influência de cada centro, ou ainda, pela soma das duas estratégias. A definição de qual dessas táticas usar, deve ser avaliada para cada centro de pesquisa associada com sua missão e demandas futuras.

Considerações finais

A aplicação da metodologia para gerar o índice de impacto espacial de diferentes da Embrapa permitiu conhecer as realidades dos centros ecorregionais, de produtos e de temas básicos da

empresa, por meio dos respectivos centros Cerrados, Hortaliças e Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Houve necessidade de aplicar a metodologia em diferentes centros da empresa devido às realidades diferentes quanto ao tipo, ao nível de atuação (regional ou nacional), à área de atuação e aos produtos gerados. Mesmo não sendo a intenção comparar os centros, foi possível agregar às análises, dentro das condições metodológicas estabelecidas, as características de cada unidade de pesquisa, mostrando que a metodologia proposta é flexível e pode ser adequada às diferentes realidades.

O uso de ferramentas gratuitas e acessíveis ao público em geral, somado à facilidade e agilidade dos *plug-ins* disponíveis no *software* de SIG utilizado (QGis) permitiram uma boa implementação da metodologia. Além disso, o uso desse tipo de ferramenta possibilita uma melhor disseminação do processo avaliativo de impactos, não só em centros da Embrapa, como também em outras instituições de pesquisa públicas e privadas.

Os resultados obtidos mostraram que os três centros têm gerado impacto espacial, por meio de suas ações sociais, parcerias e tecnologias desenvolvidas. O alcance e a intensidade desses impactos variaram um pouco de um centro para outro, mas, de maneira geral, esses impactos foram distribuídos pelas respectivas áreas de atuação, cumprindo assim os objetivos dos centros de disseminar pesquisas para seus públicos-alvo.

Por outro lado, a intensidade desses impactos distribuídos pelo território brasileiro, ainda deixa a desejar, pois nos três casos, a maior parte das localidades abrangidas pelos centros, alcançou índices de impacto mais baixos.

O maior índice de GeoImpacto, foi alcançado no Distrito Federal, que se destacou nos três centros de pesquisa avaliados. Esse destaque em comum nos três casos está relacionado principalmente à localização dos centros em Brasília, que, devido a sua centralidade no país, congrega muitas das ações desenvolvidas, das parcerias firmadas e das tecnologias geradas.

Por fim, a utilização de metodologias alternativas para avaliar impactos é uma opção relevante no processo de melhor conhecer a instituição de pesquisa, seus produtos, sua forma de atuação para disseminar os resultados dos estudos e seu impacto sobre determinado público-alvo.

Referências

ALVES, E. R. A. **A Embrapa e a pesquisa agropecuária no Brasil**. Brasília: Embrapa, 1980.

AVILA, A. F. D., STACHETTI, G. R., VEDOVOTO, G. L. (org.) **Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa: metodologia de referência**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

BALANÇO Social Embrapa 2015. Brasília – DF: Embrapa, Secretaria de Comunicação – Secom, Secretaria de Gestão e Desenvolvimento Institucional – SGI, 2016. Disponível em: <<http://bs.sede.embrapa.br/2015/index.html>> Acesso em 7 out 2016.

EMBRAPA. Secretaria de Gestão e Desenvolvimento Institucional. **VI Plano Diretor da Embrapa: 2014-2034** / Brasília, DF: Embrapa, 2015.

_____. Deliberação nº 27, de 28 de fevereiro de 2011. Brasília, DF: Embrapa, 2011.

_____. **Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária - Oepas**. 2014. Disponível em <<https://www.embrapa.br/oepas>> Acesso em: 24 nov. 2014.

EASTMAN, J. R. Decision Support: decision strategy analysis. In: **Idrisi 32 Release 2: guide to Gis and Image Processing**. vol. 2. Worcester-MA-USA: Clark Labs, 2001, p. 1-22. Disponível em: <<http://www.clarklabs.org>> Acesso em 12 dez. 2016.

QGIS. **Documentação do QGIS**. Disponível em: <http://www.qgis.org/pt_BR/docs/index.html> Acesso em 02 de jun. 2015.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal Mathematical Psychology**, v.15, p.234-281, 1977. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)

SAATY, R. W. The Analytic Hierarchy Process: what it is and how it is used. **Mathl Modelling**, vol. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)

4. ANÁLISE ESPACIAL PARA A COMPREENSÃO DA INTERAÇÃO ENTRE SOJA E AS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

Considerações iniciais

A dinâmica tecnológica que se observa na atualidade, aliada à disseminação frenética de toda espécie de conhecimento pelos mais diversos meios de comunicação disponíveis, faz com que a sociedade em geral tenha acesso aos conteúdos antes restritos à comunidade acadêmica. É o caso da análise espacial, utilizada para os mais variados fins e propósitos.

Nesse sentido, nos últimos anos houve consolidação de vários *softwares* gratuitos de SIG que popularizaram a análise espacial, além de aplicativos de internet que tornaram mais fácil não só a navegação espacial como também o acesso às informações, visto os aplicativos de GPS, o Google Maps e o Earth. Além desses, populares entre a comunidade em geral, tem-se os *softwares* e sites gratuitos que tornaram os estudos de pesquisadores mais rápidos, eficazes, acessíveis e replicáveis. Um exemplo é o QGis, que tem se tornado, com as constantes evoluções proporcionadas pela contribuição dos próprios usuários, um *software* robusto para a análise espacial.

Dessa forma, todo o estudo proposto nesta seção é uma busca por apresentar as possibilidades de análise espacial, que se pode realizar, utilizando dados disponibilizados por órgãos oficiais, associados a ferramentas de SIG gratuitas.

Em primeiro lugar, é importante esclarecer que a apresentação de informações espacializadas se dá por meio de um mapa cartográfico que, de acordo com Ferreira (2014, p. 54) “é uma síntese geométrica do conhecer topológico do espaço, uma vez que é construído segundo posições, distâncias e direções dadas por um sistema de coordenadas espaciais”. Portanto, a representação de um dado geograficamente espacializado em um mapa se caracteriza como um importante instrumento para transmissão de conteúdo a diferentes tipos de públicos.

Desse modo, a proposta desta seção é associar dados e problemas à análise espacial. Para cada conjunto de dados, uma ou mais soluções podem se apresentar; por isso, cabe ao pesquisador ponderar qual alternativa se aplica melhor ao problema estudado naquele momento.

No caso desta tese, os dados a serem trabalhados se referem ao âmbito agropecuário, tanto em relação aos produtos do campo, como a soja, que é o item escolhido para as análises espaciais, quanto às instituições de pesquisa agropecuária, responsáveis pelo desenvolvimento desses produtos, de forma geral. Devido à relevância da soja no mercado internacional e ao fato de que o

Brasil é o segundo maior produtor mundial dessa *commodity* é que esse produto foi escolhido para as análises (USDA, 2016).

Como já mencionado, as possibilidades para trabalhar dados por meio da análise espacial são inúmeras e variam conforme o objetivo proposto em cada estudo. Assim sendo, o objetivo desta seção é apresentar técnicas de análise espacial de padrões pontuais aplicadas a dados agropecuários, buscando entender a interação soja – instituições de pesquisa.

Alguns exemplos de diferentes tipos de análise espacial e para quais dados e problemas ela pode ser usada estão na Tabela 17.

TABELA 17 – Tipos de análise espacial e seus respectivos dados, exemplos e problemas

Tipos de análise	Tipos de dados	Exemplo	Problemas típicos
Análise de padrões pontuais	Eventos localizados	Ocorrência de doenças	Determinação de padrões e agregação
Análise de superfícies	Amostras de campo e matrizes	Depósitos minerais	Interpolação e medidas de incerteza
Análise de áreas	Polígonos e atributos	Dados censitários	Regressão e distribuições conjuntas

Fonte: Câmara, et al. (2004, p. 43).

A abordagem que considera os eventos pontuais nas análises espaciais prevê a observação dos padrões dos pontos que representam a informação avaliada. “Esse padrão pode ser inteiramente aleatório, apresentar-se em aglomerados ou ter os pontos regularmente distribuídos.” (CÂMARA e CARVALHO, 2004, p. 55)

As análises de superfície, que demandam a interpolação de dados pontuais, são comumente usadas em estudos que necessitam estimar valores para pontos onde não foram coletados dados, ou seja, determinar sua variabilidade espacial. Essa técnica é usada, segundo Camargo et al. (2004, p. 79), “para gerar superfícies que aproximem o fenômeno estudado de forma realista”. Tais técnicas podem ser aplicadas em estudos de mineração, na agricultura de precisão, em análises socioeconômicas, dentre outras.

A delimitação por polígonos e atributos é a característica principal das análises espaciais que envolvem áreas. “Esse caso ocorre com muita frequência quando se lida com eventos agregados por municípios, bairros ou setores censitários dos quais não se dispõe da localização exata dos eventos, mas de um valor por área.” (CÂMARA et al., 2004, p. 157). Pode-se com esses dados estimar taxas de densidade, proporção, médias e medianas, aplicando-se a vários tipos de estudos.

As possibilidades de aplicação da análise espacial são inúmeras, e a escolha da melhor técnica dependerá da informação disponível e do objetivo proposto. No caso deste estudo, optou-se por aplicar análises que envolvam exclusivamente padrões pontuais devido às características

dos dados, que abrangem informações sobre a localização pontual das instituições de pesquisa agropecuária em relação ao local de cultivo de seus produtos alvo.

Os métodos escolhidos buscam investigar a determinação de padrões dos dados relativos à produção agropecuária em relação às instituições de pesquisa dessa área, bem como averiguar as características de agregação desses dados. Para isso, foram selecionados os seguintes métodos: padrões pontuais, centro médio, desvio padrão da elipse, cluster e proximidade.

4.1. Caracterização das áreas e objetos de estudo

A delimitação da área de estudo leva em consideração tanto dados agropecuários quanto relativos às instituições de pesquisa agropecuárias a serem trabalhados nesta seção. Diante dessa proposição, foram escolhidos os dados sobre a soja, dentre aqueles já trabalhados neste estudo, e por consequência foram selecionadas as instituições que desenvolvem algum tipo de ação envolvendo esse produto, seja em pesquisa ou em transferência de tecnologias.

A soja é uma *commodity* muito importante na pauta de exportações brasileiras, como já mencionado em itens anteriores. Por esse motivo foi escolhida para ilustrar a aplicação dos métodos de análise pontual que serão apresentados nesta seção.

O período de coleta dos dados de área colhida e quantidade produzida de soja compreende as décadas de 1975 a 2015. A escolha desse período está relacionada com a necessidade de analisar a evolução da área colhida e da quantidade produzida da *commodity*, avaliando em intervalos de dez anos, a partir de 1975 como se deu esse processo.

Nesse período, 2.483 municípios tiveram em algum momento áreas destinadas ao cultivo do produto. Portanto, esse será o universo de análise dessa cultivar, pois mostra um panorama da evolução do plantio e da produtividade de soja no país. Outro dado que será usado é relativo às instituições de pesquisa agropecuária, no intuito de verificar a proximidade entre as principais áreas produtoras e as pesquisas desenvolvidas para essa cultivar.

As atividades envolvendo a pesquisa agropecuária no Brasil se intensificaram a partir da década de 1970 com a criação de instituições importantes para o setor, como foi o caso da Embrapa em 1973, e o fortalecimento das pesquisas nas instituições já existentes. Para a soja não foi diferente, pois algumas instituições que trabalham com esse produto foram criadas nessa década, como a Embrapa Soja (1975) e a Epamig (1974), ou em anos anteriores, como a Emater em Goiás (1959) e o Instituto de Economia Agrícola (1942), dentre outras.

De todas as instituições de pesquisa agropecuária, foram selecionadas apenas aquelas que desenvolvem pesquisa, extensão e transferência de tecnologias referentes à soja, como é o caso

das citadas. Foi encontrado um total de 95 unidades, das quais 77 se configuram como descentralizadas, vinculadas a dezoito centros de pesquisa e, distribuídas pelo território brasileiro.

4.2. Materiais e métodos

Os procedimentos metodológicos adotados nesta seção compreendem o uso de um *software* livre para aplicação de metodologias de análise espacial de eventos pontuais. Esse item foi dividido em dois subitens: “Materiais utilizados”, que compreende, além de uma indicação do *software* empregado nas análises, uma breve apresentação dos instrumentais e fontes de dados usadas; e os “Métodos de análise espacial de eventos pontuais” detalhados separadamente, acompanhados dos procedimentos adotados em cada técnica do *software*.

4.2.1. Materiais utilizados

Os materiais utilizados para desenvolver este estudo e atingir o objetivo proposto incluem o *software* gratuito QGis, na versão 2.14.12, que permite acesso a *plug-ins* que facilitam o processamento dos dados, dando mais agilidade e autonomia, como é o caso dos complementos rasterize (caixa de ferramentas > Saga), Proximidade (menu Raster), Standard Deviational Ellipse (menu Vetor) e QGis Marker Cluster (menu Complementos). Além do QGis, utiliza-se, por meio de sua caixa de ferramentas, uma integração com o *software* estatístico R, também gratuito, que nesse modo integrado de uso, traz mais facilidades no manuseio da ferramenta devido à automatização de alguns *scripts* prontos já disponíveis, como é o caso da Função G (caixa de ferramentas – R).

Além disso, para composição dos dados utilizados nas análises, foram feitas consultas ao banco de dados do IBGE, acessando informações da tabela Produção Agrícola Municipal para coleta de dados de área colhida e quantidade produzida de soja entre os anos de 1975, 1985, 1995, 2005 e 2015.

As instituições de pesquisa agropecuária foram selecionadas do rol de instituições pertencentes ao SNPA, dentre aquelas que possuem algum tipo de ligação com a cultura da soja, seja na pesquisa, prestação de serviços ou transferência de tecnologia. Para seleção dessas instituições foi feito um levantamento de informações em seus respectivos sites, a fim de comprovar a ligação delas com a *commodity* estudada.

4.2.2. Métodos de análise espacial de eventos pontuais

Para realizar a análise espacial de eventos pontuais, deve-se selecionar dados que possam ser representados na forma de pontos. De acordo com Câmara e Carvalho (2004), esse tipo de dado possui as seguintes características:

- a) “a área dos eventos não é uma medida válida” (p. 56), portanto, o foco da análise será o evento pontual, não importando a área que ocupa; por exemplo, no caso de estudos na área rural, o que se leva em conta numa análise da soja são os pontos onde é produzida e não a extensão da área plantada com o grão;
- b) “os pontos, em geral, não estão associados a valores” (p. 56), logo, não há necessidade de coletar dados sobre produtividade da soja, ou valor da produção, apenas sua localização;
- c) “os pontos podem estar associados a atributos de identificação, [...]. Quando esse atributo é elemento do estudo [...], denomina-se processo pontual marcado” (p. 56-57). Assim, pode-se identificar no estudo se aquele ponto se refere, por exemplo, a uma área com grande, média ou baixa produção, dentre outros atributos que se fizerem relevantes para o estudo.

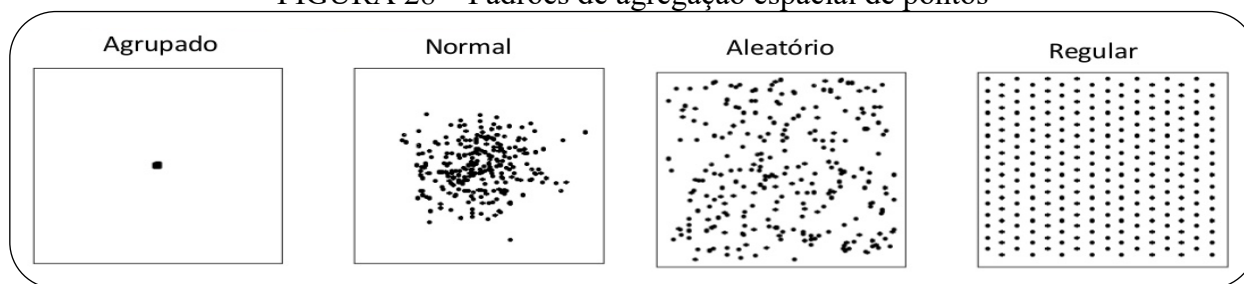
A configuração de

um arranjo espacial de pontos que representam objetos geográficos pode revelar o grau de *organização espacial* da paisagem. O arranjo de pontos nos fala sobre as dicotomias *dispersão-concentração* e *polarização-espalhamento*, propriedades fundamentais para o entendimento das estruturas espaciais. O arranjo de pontos em um mapa é a imagem mais clara do conceito de *distribuição espacial* (destaques do autor) (Ferreira, 2014, p. 120).

É importante ressaltar que nos estudos dos eventos pontuais entender todos os arranjos associados a um ponto ajuda a perceber o todo, ou seja, o conjunto a que ele está associado e as inter-relações entre esses conjuntos.

O ponto pode passar a ideia de algo pequeno, restrito quanto à informação e outras características simplistas. Contudo, é exatamente o contrário: a representação de uma informação pontual pode oferecer ao pesquisador inúmeras possibilidades de análise. Quando se observam os eventos pontuais é necessário investigar como esses pontos estão distribuídos no espaço e, a partir desse diagnóstico, proceder às análises mais adequadas. Essas características podem ser visualizadas na Figura 28 que traz os padrões de agregação de pontos.

FIGURA 28 – Padrões de agregação espacial de pontos



Fonte: Adaptado de Vitor V. Vasconcelos (ANÁLISE, 2016)

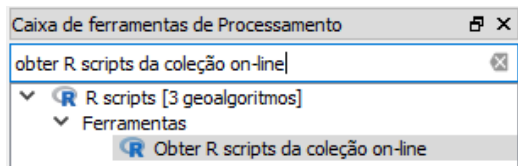
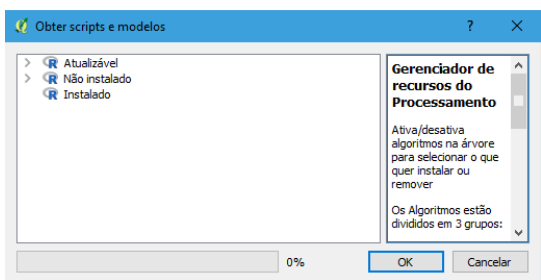
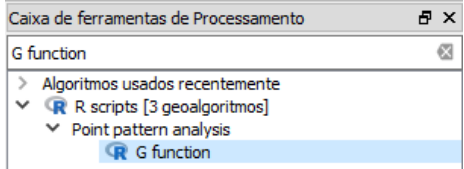
Os tipos de padrão de pontos encontrados numa análise espacial variam desde o mais agrupado, no qual os eventos avaliados estão com um grau de concentração muito alto, passando pelo normal, aleatório (em que os pontos estão dispersos pela área avaliada), chegando à distribuição regular, cujos pontos estão perfeitamente dispostos no espaço.

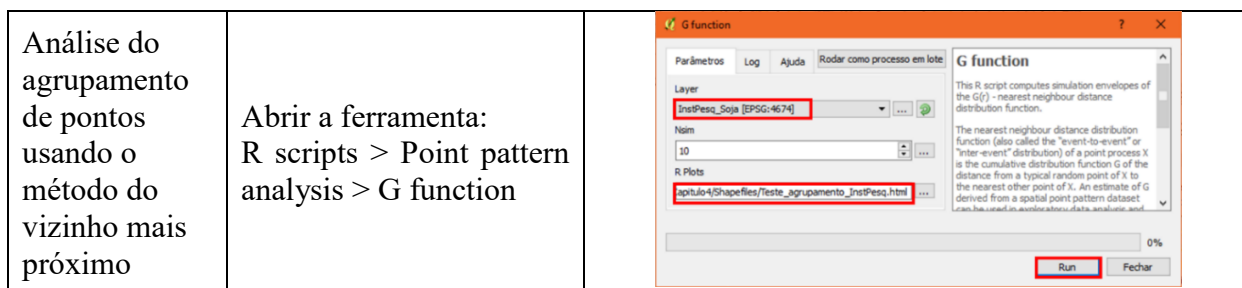
Padrões pontuais

Para verificar o tipo de padrão de distribuição espacial dos dados em análise, pode-se usar alguns procedimentos estatísticos como é o caso da técnica do vizinho mais próximo, descrita em Análise (2016), Ferreira (2014), Câmara e Carvalho (2004), dentre outros estudos.

O exame dos dados pode ser feito conforme Quadro 8.

QUADRO 8 – Procedimento para verificação do tipo de agrupamento de um conjunto de pontos

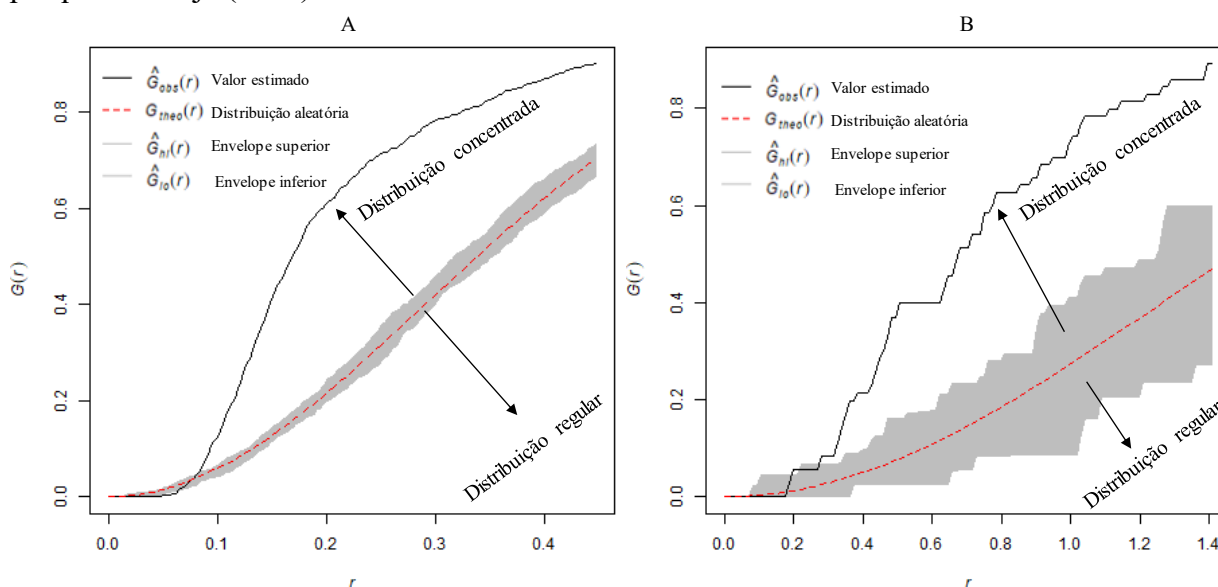
Procedimento	Ferramenta no QGIS	Descrição
Acessar a ferramenta <i>G function</i> para realizar a análise de agrupamento	Depois de ativar a extensão R scripts no menu Processar (Opções), acesse a Caixa de ferramentas e selecione a ferramenta: <i>Obter R scripts da coleção on-line</i>	
	Na ferramenta: <i>Obter R scripts da coleção on-line</i> , na aba: Não instalado, selecione a ferramenta <i>G function</i> , clique em Ok. Faça o mesmo procedimento na aba: Atualizável.	
	Por fim a ferramenta <i>G function</i> estará disponível na Caixa de ferramentas no menu Processar.	



Fonte: Imagens retiradas do *software* QGIS 2.14.12 (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Foi feita a análise de agrupamento de pontos para determinar o tipo de agrupamento encontrado nos dados referentes à soja no ano de 2015 e das instituições ligadas à pesquisa da *commodity* até esse mesmo ano, (Figura 29).

FIGURA 29 – Análise do agrupamento de pontos usando a estimativa de G, por meio do método do vizinho mais próximo, estimado para (A) área colhida de soja (2015) e para (B) instituições de pesquisa de soja (2015)



Fonte: Imagens retiradas do *software* QGIS 2.14.12 (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Essa análise exploratória da função de distribuição cumulativa G utiliza o método de distância entre os vizinhos mais próximos para traçar uma estimativa de G derivada de um conjunto de dados de padrões de pontos espaciais, avaliando a inferência formal sobre o padrão de agrupamento dos pontos. Por meio dos desvios entre as curvas G empíricas (chamadas no gráfico de valor estimado) e teóricas (distribuição aleatória) é possível verificar se há agrupamento ou regularidade espacial.

Em ambos os dados analisados, os valores estimados apresentam tendências para agrupamento, pois os resultados mostram que a linha do valor estimado está acima dos valores da distribuição aleatória, conforme demonstrado em Análise (2016) e Câmara e Carvalho (2004). Esse tipo de análise exploratória ajuda a confirmar a tendência de organização dos pontos e, a

partir daí, a dar continuidade às próximas etapas de análise dos eventos pontuais, aplicando os métodos mais adequados ao tipo de distribuição encontrada.

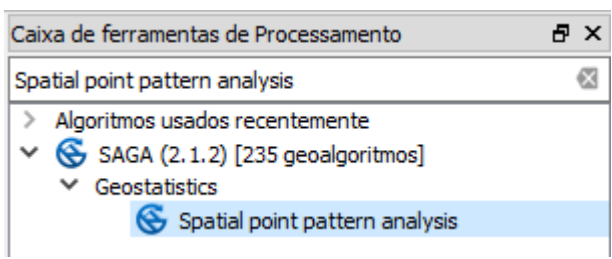
Centro médio do conjunto de pontos

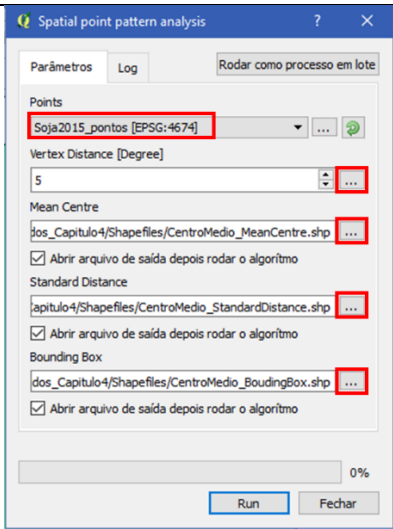
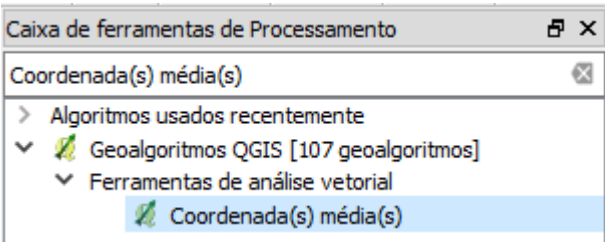
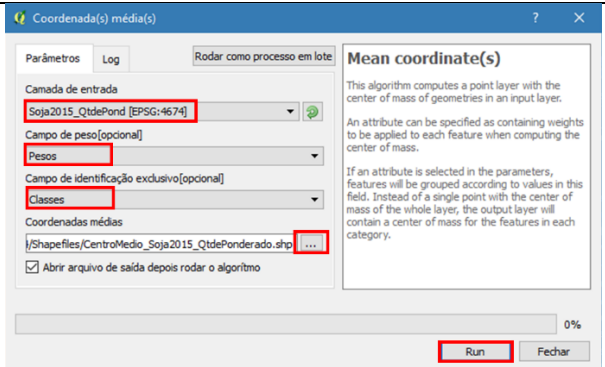
Na observação da distribuição espacial de um conjunto de pontos é interessante buscar identificar o centro desses pontos e isso é dado pela média dos valores das coordenadas de cada dado representado no mapa. Esse procedimento é feito, de acordo com Ferreira (2014), pelo cálculo de duas médias, uma abrangendo todos os pontos do conjunto das coordenadas X e outra para os mesmos pontos, só que agora para as coordenadas Y, resultando numa análise bidimensional dos dados. O par de coordenadas gerado será a localização do centro médio do conjunto de pontos analisados.

É possível ainda aprofundar a análise referente ao centro médio, categorizando os pontos e incluindo pesos nessa distribuição bidimensional, gerando assim um mapa com centro médio ponderado por categoria. Nesse caso, serão gerados mais de um centro médio, dependendo do número de categorias criadas. Essa é uma boa alternativa de análise quando se quer entender não apenas a localização do ponto, como também a quantidade ou os valores associados a esse ponto, como descreve Ferreira (2014).

O detalhamento para ambos os procedimentos (centro médio e centro médio ponderado), a ser realizado no QGis, pode ser observado no Quadro 9.

QUADRO 9 – Procedimentos para geração do centro médio de um conjunto de pontos

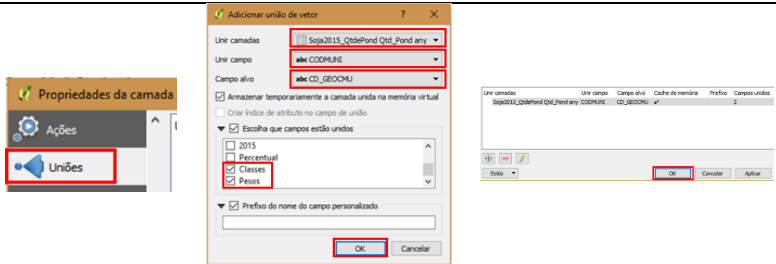
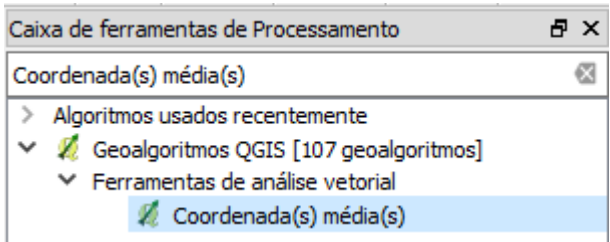
Procedimento	Ferramenta no QGis	Descrição
Acessar a ferramenta <i>Spatial point pattern analysis</i> para geração do centro médio	Abra a Caixa de ferramentas no menu Processar e digite o nome da ferramenta <i>Spatial point pattern analysis</i> para ter acesso a ela no programa Saga integrado ao QGis	

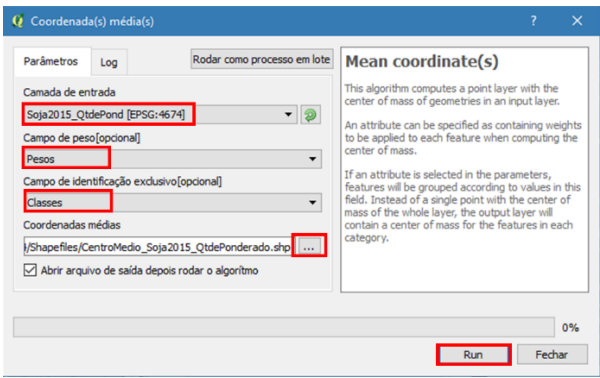
<p>Geração do ponto referente ao centro médio do conjunto de dados analisados</p>	<p>Cálculo do centro médio:</p> <p>Abrir a ferramenta: <i>Saga > Geostatistics > Spatial point pattern analysis</i></p>	
<p>Acessar a ferramenta <i>Coordenada(s) média(s)</i> para geração do centro médio ponderado</p>	<p>Abrir a Caixa de ferramentas no menu Processar e digitar o nome da ferramenta <i>Coordenada(s) média(s)</i> para ter acesso a ela nos Geoalgoritmos do QGis</p>	
<p>Geração do ponto referente ao centro médio ponderado do conjunto de dados analisados</p>	<p>Cálculo do centro médio ponderado:</p> <p>Abrir a ferramenta: <i>Geoalgoritmos QGIS > Ferramentas de análise vetorial > Coordenadas médias</i></p>	

Fonte: Imagens retiradas do *software* QGis 2.14.12 (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

As análises para centro médio foram calculadas para os dados referentes a soja e instituições de pesquisa ligadas a ela. Já o cálculo do centro médio ponderado foi feito apenas para a soja, pois levou em consideração os dados relativos à quantidade produzida da cultivar no ano de 2015. A ponderação foi realizada por meio do estabelecimento de classes, que levaram em consideração seis faixas produtivas, e do peso em relação ao percentual de participação de cada município na produção total de soja do país, processo descrito no Quadro 10.

QUADRO 10 – Procedimentos para geração do centro médio ponderado de um conjunto de pontos

Procedimento	Ferramenta	Descrição																																																																																																																																											
Criação das classes	Numa planilha, criar classes de acordo com faixas de produção. Depois criar uma coluna com as classes.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classes</th> <th>Faixas de produção</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>>1000000</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>>100000 a 1000000</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>>10000 a 100000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>>1000 a 10000</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>>100 a 1000</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td><100</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CODMUNI</th> <th>Muni</th> <th>UF</th> <th>QtdeProdu2015</th> <th>Classes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>5107925</td><td>Sorriso</td><td>MT</td><td>1.951.710</td><td>6</td></tr> <tr><td>2</td><td>5107875</td><td>Sapezal</td><td>MT</td><td>1.222.500</td><td>6</td></tr> <tr><td>1</td><td>5103502</td><td>Diamantino</td><td>MT</td><td>995.960</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>5211909</td><td>Jataí</td><td>GO</td><td>837.900</td><td>5</td></tr> <tr><td>214</td><td>4108601</td><td>Goioerê</td><td>PR</td><td>100.138</td><td>5</td></tr> <tr><td>1</td><td>5002704</td><td>Campo Grande</td><td>MS</td><td>99.864</td><td>4</td></tr> <tr><td>15</td><td>4317103</td><td>Sant'Ana do Livramento</td><td>RS</td><td>96.000</td><td>4</td></tr> <tr><td>16</td><td>5204508</td><td>Caldas Novas</td><td>GO</td><td>96.000</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>5205059</td><td>Castelândia</td><td>GO</td><td>10.000</td><td>3</td></tr> <tr><td>29</td><td>2208700</td><td>Redenção do Gurgueia</td><td>PI</td><td>9.058</td><td>3</td></tr> <tr><td>113</td><td>4301909</td><td>Barra do Ribeiro</td><td>RS</td><td>6.961</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>3536000</td><td>Parapuá</td><td>SP</td><td>1.000</td><td>2</td></tr> <tr><td>10</td><td>4311981</td><td>Mariana Pimentel</td><td>RS</td><td>960</td><td>2</td></tr> <tr><td>53</td><td>3516606</td><td>Gália</td><td>SP</td><td>825</td><td>2</td></tr> <tr><td>107</td><td>3515152</td><td>Engenheiro Coelho</td><td>SP</td><td>625</td><td>2</td></tr> <tr><td>1</td><td>2701407</td><td>Campo Alegre</td><td>AL</td><td>97</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>2703908</td><td>Jundiá</td><td>AL</td><td>96</td><td>1</td></tr> <tr><td>13</td><td>3554805</td><td>Tremembé</td><td>SP</td><td>80</td><td>1</td></tr> <tr><td>14</td><td>4313003</td><td>Nova Brésia</td><td>RS</td><td>72</td><td>1</td></tr> <tr><td>15</td><td>3506805</td><td>Bocaina</td><td>SP</td><td>65</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Classes	Faixas de produção	6	>1000000	5	>100000 a 1000000	4	>10000 a 100000	3	>1000 a 10000	2	>100 a 1000	1	<100	CODMUNI	Muni	UF	QtdeProdu2015	Classes	1	5107925	Sorriso	MT	1.951.710	6	2	5107875	Sapezal	MT	1.222.500	6	1	5103502	Diamantino	MT	995.960	5	2	5211909	Jataí	GO	837.900	5	214	4108601	Goioerê	PR	100.138	5	1	5002704	Campo Grande	MS	99.864	4	15	4317103	Sant'Ana do Livramento	RS	96.000	4	16	5204508	Caldas Novas	GO	96.000	4	1	5205059	Castelândia	GO	10.000	3	29	2208700	Redenção do Gurgueia	PI	9.058	3	113	4301909	Barra do Ribeiro	RS	6.961	3	1	3536000	Parapuá	SP	1.000	2	10	4311981	Mariana Pimentel	RS	960	2	53	3516606	Gália	SP	825	2	107	3515152	Engenheiro Coelho	SP	625	2	1	2701407	Campo Alegre	AL	97	1	2	2703908	Jundiá	AL	96	1	13	3554805	Tremembé	SP	80	1	14	4313003	Nova Brésia	RS	72	1	15	3506805	Bocaina	SP	65	1
Classes	Faixas de produção																																																																																																																																												
6	>1000000																																																																																																																																												
5	>100000 a 1000000																																																																																																																																												
4	>10000 a 100000																																																																																																																																												
3	>1000 a 10000																																																																																																																																												
2	>100 a 1000																																																																																																																																												
1	<100																																																																																																																																												
CODMUNI	Muni	UF	QtdeProdu2015	Classes																																																																																																																																									
1	5107925	Sorriso	MT	1.951.710	6																																																																																																																																								
2	5107875	Sapezal	MT	1.222.500	6																																																																																																																																								
1	5103502	Diamantino	MT	995.960	5																																																																																																																																								
2	5211909	Jataí	GO	837.900	5																																																																																																																																								
214	4108601	Goioerê	PR	100.138	5																																																																																																																																								
1	5002704	Campo Grande	MS	99.864	4																																																																																																																																								
15	4317103	Sant'Ana do Livramento	RS	96.000	4																																																																																																																																								
16	5204508	Caldas Novas	GO	96.000	4																																																																																																																																								
1	5205059	Castelândia	GO	10.000	3																																																																																																																																								
29	2208700	Redenção do Gurgueia	PI	9.058	3																																																																																																																																								
113	4301909	Barra do Ribeiro	RS	6.961	3																																																																																																																																								
1	3536000	Parapuá	SP	1.000	2																																																																																																																																								
10	4311981	Mariana Pimentel	RS	960	2																																																																																																																																								
53	3516606	Gália	SP	825	2																																																																																																																																								
107	3515152	Engenheiro Coelho	SP	625	2																																																																																																																																								
1	2701407	Campo Alegre	AL	97	1																																																																																																																																								
2	2703908	Jundiá	AL	96	1																																																																																																																																								
13	3554805	Tremembé	SP	80	1																																																																																																																																								
14	4313003	Nova Brésia	RS	72	1																																																																																																																																								
15	3506805	Bocaina	SP	65	1																																																																																																																																								
Definição do percentual de participação	Criar uma coluna para o percentual de participação do município na produção total de soja.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>CODMUNI</th> <th>Muni</th> <th>UF</th> <th>QtdeProdu2015</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>5107925</td><td>Sorriso</td><td>MT</td><td>1.951.710</td><td>2,0025</td></tr> <tr><td>2</td><td>5107875</td><td>Sapezal</td><td>MT</td><td>1.222.500</td><td>1,2543</td></tr> <tr><td>1</td><td>5103502</td><td>Diamantino</td><td>MT</td><td>995.960</td><td>1,0219</td></tr> <tr><td>2</td><td>5211909</td><td>Jataí</td><td>GO</td><td>837.900</td><td>0,8597</td></tr> <tr><td>214</td><td>4108601</td><td>Goioerê</td><td>PR</td><td>100.138</td><td>0,1027</td></tr> <tr><td>1</td><td>5002704</td><td>Campo Grande</td><td>MS</td><td>99.864</td><td>0,1025</td></tr> <tr><td>15</td><td>4317103</td><td>Sant'Ana do Livramento</td><td>RS</td><td>96.000</td><td>0,0985</td></tr> <tr><td>16</td><td>5204508</td><td>Caldas Novas</td><td>GO</td><td>96.000</td><td>0,0985</td></tr> <tr><td>1</td><td>5205059</td><td>Castelândia</td><td>GO</td><td>10.000</td><td>0,0103</td></tr> </tbody> </table>	CODMUNI	Muni	UF	QtdeProdu2015	%	1	5107925	Sorriso	MT	1.951.710	2,0025	2	5107875	Sapezal	MT	1.222.500	1,2543	1	5103502	Diamantino	MT	995.960	1,0219	2	5211909	Jataí	GO	837.900	0,8597	214	4108601	Goioerê	PR	100.138	0,1027	1	5002704	Campo Grande	MS	99.864	0,1025	15	4317103	Sant'Ana do Livramento	RS	96.000	0,0985	16	5204508	Caldas Novas	GO	96.000	0,0985	1	5205059	Castelândia	GO	10.000	0,0103																																																																																
CODMUNI	Muni	UF	QtdeProdu2015	%																																																																																																																																									
1	5107925	Sorriso	MT	1.951.710	2,0025																																																																																																																																								
2	5107875	Sapezal	MT	1.222.500	1,2543																																																																																																																																								
1	5103502	Diamantino	MT	995.960	1,0219																																																																																																																																								
2	5211909	Jataí	GO	837.900	0,8597																																																																																																																																								
214	4108601	Goioerê	PR	100.138	0,1027																																																																																																																																								
1	5002704	Campo Grande	MS	99.864	0,1025																																																																																																																																								
15	4317103	Sant'Ana do Livramento	RS	96.000	0,0985																																																																																																																																								
16	5204508	Caldas Novas	GO	96.000	0,0985																																																																																																																																								
1	5205059	Castelândia	GO	10.000	0,0103																																																																																																																																								
Atribuição de pesos	<p>Criar outra coluna com o peso calculado em relação a essa coluna do %, ou seja, relativizando os valores. Esse procedimento é feito classe por classe.</p> <p>OBS.: Para relativizar, em cada classe deve-se estabelecer que o percentual mais alto será 1 e, depois relativizar os demais municípios da classe utilizando a seguinte fórmula: $=H\\$2 * F3 / F\\2</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> </tr> <tr> <th></th> <th>CODMUNI</th> <th>Muni</th> <th>UF</th> <th>QtdeProdu2015</th> <th>%</th> <th>Classes</th> <th>Pesos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>5107925</td><td>Sorriso</td><td>MT</td><td>1.951.710</td><td>2,0025</td><td>6</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>5107875</td><td>Sapezal</td><td>MT</td><td>1.222.500</td><td>1,2543</td><td>6</td><td>0,63</td></tr> <tr><td>3</td><td>5102637</td><td>Campo Novo do Parecis</td><td>MT</td><td>1.197.900</td><td>1,2291</td><td>6</td><td>0,61</td></tr> <tr><td>4</td><td>5106224</td><td>Nova Mutum</td><td>MT</td><td>1.181.830</td><td>1,2126</td><td>6</td><td>0,61</td></tr> <tr><td>5</td><td>2928901</td><td>São Desidério</td><td>BA</td><td>1.134.000</td><td>1,1635</td><td>6</td><td>0,58</td></tr> <tr><td>6</td><td>2911105</td><td>Formosa do Rio Preto</td><td>BA</td><td>1.123.200</td><td>1,1524</td><td>6</td><td>0,58</td></tr> <tr><td>7</td><td>5106240</td><td>Nova Ubitatã</td><td>MT</td><td>1.118.400</td><td>1,1475</td><td>6</td><td>0,57</td></tr> <tr><td>8</td><td>5107065</td><td>Querência</td><td>MT</td><td>1.017.600</td><td>1,0441</td><td>6</td><td>0,52</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	D	E	F	G	H		CODMUNI	Muni	UF	QtdeProdu2015	%	Classes	Pesos	1	5107925	Sorriso	MT	1.951.710	2,0025	6	1	2	5107875	Sapezal	MT	1.222.500	1,2543	6	0,63	3	5102637	Campo Novo do Parecis	MT	1.197.900	1,2291	6	0,61	4	5106224	Nova Mutum	MT	1.181.830	1,2126	6	0,61	5	2928901	São Desidério	BA	1.134.000	1,1635	6	0,58	6	2911105	Formosa do Rio Preto	BA	1.123.200	1,1524	6	0,58	7	5106240	Nova Ubitatã	MT	1.118.400	1,1475	6	0,57	8	5107065	Querência	MT	1.017.600	1,0441	6	0,52																																																											
A	B	C	D	E	F	G	H																																																																																																																																						
	CODMUNI	Muni	UF	QtdeProdu2015	%	Classes	Pesos																																																																																																																																						
1	5107925	Sorriso	MT	1.951.710	2,0025	6	1																																																																																																																																						
2	5107875	Sapezal	MT	1.222.500	1,2543	6	0,63																																																																																																																																						
3	5102637	Campo Novo do Parecis	MT	1.197.900	1,2291	6	0,61																																																																																																																																						
4	5106224	Nova Mutum	MT	1.181.830	1,2126	6	0,61																																																																																																																																						
5	2928901	São Desidério	BA	1.134.000	1,1635	6	0,58																																																																																																																																						
6	2911105	Formosa do Rio Preto	BA	1.123.200	1,1524	6	0,58																																																																																																																																						
7	5106240	Nova Ubitatã	MT	1.118.400	1,1475	6	0,57																																																																																																																																						
8	5107065	Querência	MT	1.017.600	1,0441	6	0,52																																																																																																																																						
Transformação da planilha em um arquivo <i>shape</i>	No QGIS utilizar a aba Uniões das Propriedades da camada.	 <p>OBS.: Fazer a união da planilha com uma camada de pontos dos municípios, importando principalmente as colunas de classes e pesos para realizar os próximos procedimentos. Salvar como essa camada para criar um novo <i>shape</i>.</p>																																																																																																																																											
Acesso a ferramenta <i>Coordenada(s) média(s)</i> para geração do centro médio ponderado	Abrir a Caixa de ferramentas no menu Processar e digitar o nome da ferramenta <i>Coordenada(s) média(s)</i> para ter acesso a ela																																																																																																																																												

	nos Geoalgoritmos do QGIS	
Geração do ponto referente ao centro médio ponderado do conjunto de dados analisados	Cálculo do centro médio ponderado: Abrir a ferramenta: Geoalgoritmos QGIS > <i>Ferramentas de análise vetorial</i> > <i>Coordenadas médias</i>	

Fonte: Imagens retiradas do *software* QGIS 2.14.12 (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

A aplicação desse instrumental irá gerar um mapa contendo seis centros médios ponderados a partir das classes estabelecidas na planilha e dos pesos obtidos com base na participação do município na produção total de soja no país.

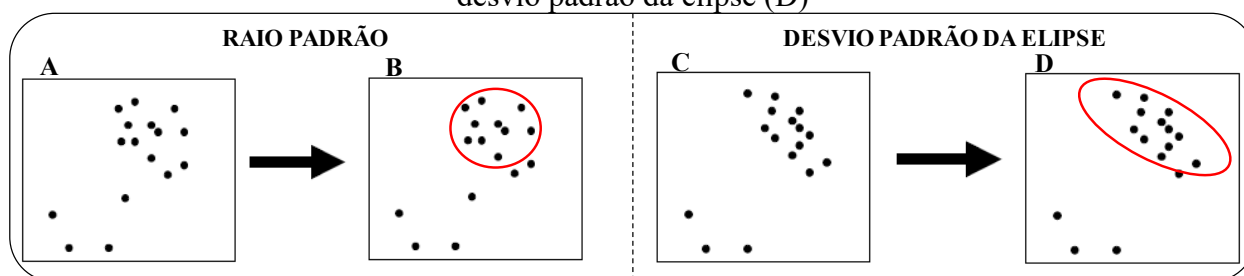
Desvio padrão da Elipse

Outra possibilidade envolvendo o uso do ponto referente ao centro médio do conjunto de pontos em análise é determinar um raio ou elipse com base no desvio padrão dos dados. Esse cálculo, de acordo com Ferreira (2014) e Tartaruga (2009) fornece o coeficiente de concentração ou de dispersão do espalhamento espacial dos pontos tomando como referência o centro médio.

O desvio padrão de uma variável, da estatística clássica, seria o equivalente à distância padrão (em duas dimensões). Por conseguinte, quanto maior a distância padrão (e o círculo respectivo) de uma distribuição de pontos, maior será a dispersão destes pontos em torno do respectivo centro espacial; e, contrariamente, quanto menor a distância padrão, maior será a concentração dos pontos em torno do centro (TARTARUGA, 2009, p. 400).

Para entender ainda melhor o direcionamento da distribuição desses pontos é mais conveniente usar o método de desvio padrão da elipse, pois diferentemente do raio padrão, a elipse informa a direção da distribuição, como pode ser visto na Figura 30.

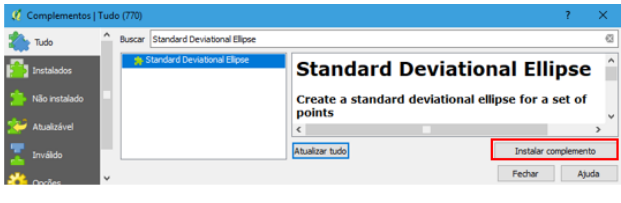
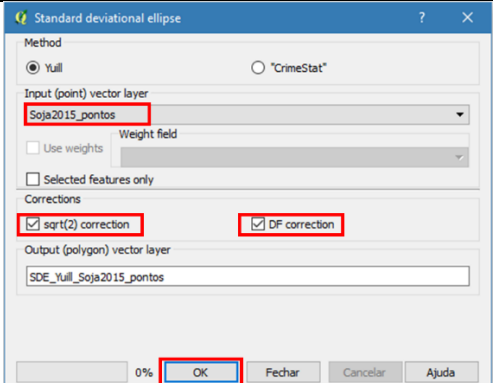
FIGURA 30 – Esquema de distribuição de pontos (A e C) e dos respectivos, raio padrão (B) e desvio padrão da elipse (D)



Fonte: Adaptado de Tartaruga (2009, p. 401 e 403).

O Quadro 11 apresenta os procedimentos necessários para a construção da elipse por meio do desvio padrão, escolhida devido a sua característica direcional da distribuição dos pontos.

QUADRO 11 – Procedimento para construção da elipse por meio do desvio padrão

Procedimento	Ferramenta no QGis	Descrição
Instalar o <i>plugin</i> Standard Deviatonal ellipse	Em Complementos instalar o plugin <i>Standard Deviatonal ellipse</i> que será disponibilizado depois de instalado no menu Vetor	
Construção da elipse por meio do desvio padrão em relação ao centro médio do conjunto de pontos analisados	Abrir a ferramenta: Vetor > <i>Standard Deviatonal ellipse</i> > <i>Standard Deviatonal ellipse</i>	 OBS.: É necessário depois de gerar o output Salvar como, pois é criado apenas um arquivo temporário.

Fonte: Imagens retiradas do *software* QGis 2.14.12 (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

O desvio padrão da elipse foi calculado para os dados referentes as áreas produtoras de soja e também para as instituições de pesquisa em soja para uma comparação da direção de ambas as informações.

Cluster

Para a caracterização e distribuição dos pontos há as seguintes opções, de acordo com Câmara e Carvalho (2004): verificar a intensidade do evento como um efeito de primeira ordem,

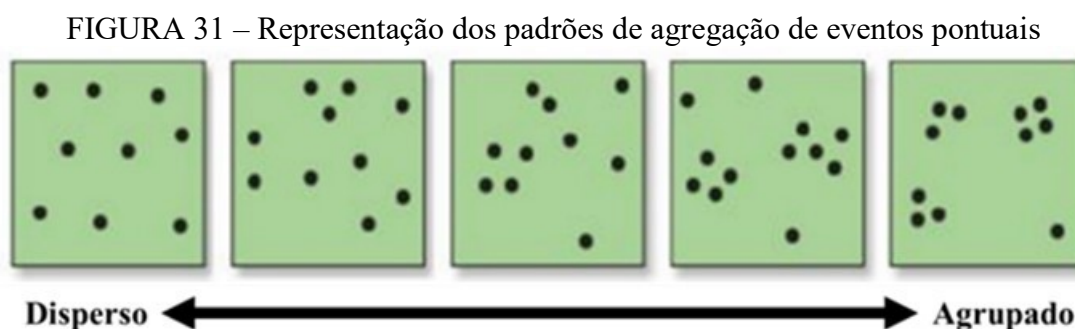
e a dependência espacial desse evento, como efeito de segunda ordem; ambos caracterizam um processo estocástico¹².

A intensidade do processo é obtida averiguando-se o número de eventos por unidade de área (CÂMARA e CARVALHO, 2004). A técnica utilizada é a do estimador de intensidade dado pela função Kernel – Kernel Density Estimation (KDE) –, já detalhada no item 1.2 desta tese. Portanto, como essa técnica já foi utilizada e demonstrada, nesta seção não será novamente alvo de aplicação.

Para a dependência espacial no processo verifica-se, após o diagnóstico de intensidade, se há dependência proveniente de correlação espacial estimada a partir do relacionamento entre pares de eventos num determinado espaço (CÂMARA e CARVALHO, 2004). As opções mais comumente usadas para realizar tal cálculo são as técnicas do vizinho mais próximo e da função K, que estão descritas nos trabalhos de Fritz et al. (2013), Câmara e Carvalho (2004) e que são usadas no processo de clusterização.

Esse processo de clusterização se dá, de acordo com Han et al. (2001), quando um conjunto de objetos é agrupado em classes ou *clusters*, de modo que estes agrupamentos tenham alta similaridade interna, mas que sejam diferentes dos objetos de outros clusters, formando assim um agrupamento espacial.

Na Figura 31 é possível observar a representação de padrões de agregação de eventos pontuais desde os mais dispersos até os mais agrupados, quando é possível desenvolver análises envolvendo a formação de clusters.



Fonte: Adaptado de Vitor V. Vasconcelos (ANÁLISE, 2016)

O estudo de aglomerados é útil para os mais diversos fins e abrange diferentes temas e áreas do conhecimento, como pode ser verificado nos trabalhos apresentados por Reis (2015), Smith et al. (2015), Ferreira (2014), Fritz et al. (2013), Câmara e Carvalho (2004) dentre outros.

¹² O processo estocástico é definido como “uma coleção de variáveis aleatórias que descreve a evolução de um sistema ao longo do tempo”. (<http://www.portalaction.com.br/processo-estocastico/base-estocastica>)

Para Jaquez (2008), um cluster espacial se configura como o estudo de um excesso de eventos ou de valores em um dado espaço geográfico. Os eventos e valores podem ser das mais diversas ordens, por exemplo, aqueles relacionados à população, quando se estuda a formação de clusters pela incidência de algum tipo de doença ou ocorrência de crime. Já os eventos relativos a valores incluem aqueles levantados em campo, quando busca-se encontrar os cluster das concentrações de um mineral, como o cádmio, ou tipo de solo.

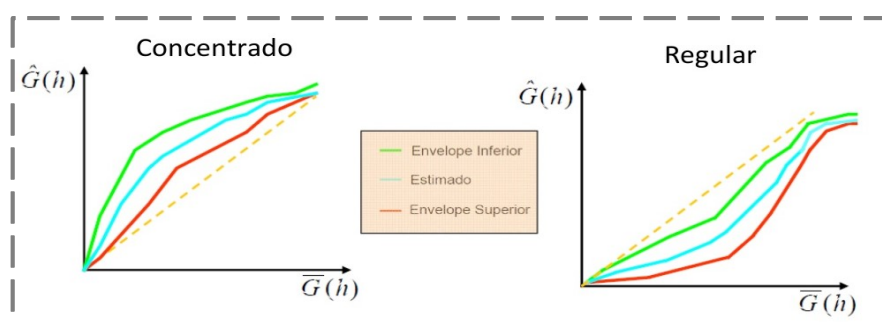
Ao deparar um mapa com representações de eventos pontuais em dado espaço geográfico, de acordo com Smith et al. (2015), não basta fazer uma simples verificação da aparência do evento, pois o resultado gerado pode ser enganoso e superficial, uma vez que existem clusters de diferentes tipos e tamanhos que precisam de uma investigação mais aprofundada. Por essa razão é importante na clusterização a escolha do método mais apropriado para os dados em análise, seja ele o método do vizinho mais próximo ou da função k, os mais usados nesse tipo de estudo.

De acordo com Smith et al. (2015), as análises de clusters fundamentadas no método do vizinho mais próximo abrangem um nível único ou vários níveis hierárquicos e são usadas quando a distância vizinha mais próxima for considerada relevante para o problema que está sendo analisado. Para que um evento pontual seja inserido como elemento de um cluster de nível 1, deve estar a uma distância média obedecendo a um modelo de aleatoriedade espacial completa, mais ou menos um valor de intervalo de confiança obtido a partir do erro padrão mais uma tolerância definível pelo usuário. Uma restrição que ainda pode ser feita é a especificação do número mínimo de eventos necessários para constituir um cluster.

Complementando a análise desse processo de agrupamento pelo vizinho mais próximo, Câmara e Carvalho (2004, p. 63) ressaltam ainda que o gráfico dessa função, demonstrado na Figura 32,

pode ser usado como um método exploratório para verificar se existe evidências de interação entre os eventos. Curva com crescimento rápido para pequenas distâncias sugere interação entre eventos caracterizando cluster nessa escala. Valores pequenos no início e crescimento rápido para distâncias maiores sugerem distribuição mais regular.

FIGURA 32 – Demonstração da função vizinho mais próximo concentrado e regular

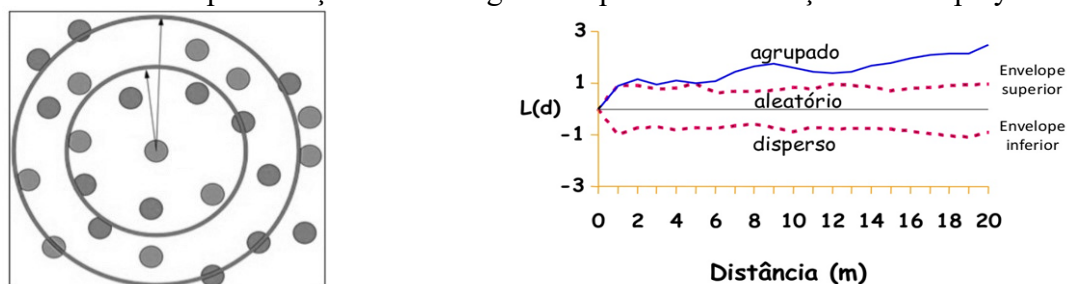


Fonte: Adaptado de Vitor V. Vasconcelos (ANÁLISE, 2016).

$\hat{G}(h)$ é a função de distribuição cumulativa baseado nas distâncias h , e $\overline{G}(h)$ é a distribuição simulada.

Outra possibilidade de método usado na análise de cluster é a função K de Ripley, apresentada por Matos et al. (2015), Anjos et al. (2004), Câmara e Carvalho (2004) dentre outros autores, que calcula a quantidade de indivíduos existentes em círculos que são traçados em torno de um elemento principal. Tais círculos são criados a partir de um raio pequeno que vai se ampliando sucessivamente até incluir toda a área de estudo. Após traçados todos os raios que compreendem essa área, é feita a média do total de elementos em cada classe de distância traçada em torno de todos os elementos principais do dado em análise, conforme pode ser visto na Figura 33.

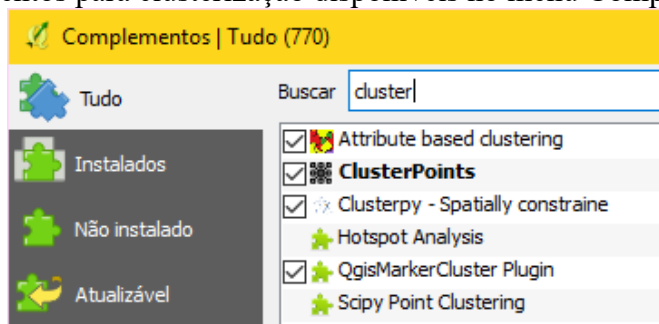
FIGURA 33 – Representação do raio e gráfico aplicados na Função K de Ripley



Fonte: Adaptado de Vitor V. Vasconcelos (ANÁLISE, 2016).

Devido às inúmeras possibilidades para aplicação da clusterização em várias áreas do conhecimento, além de diversos métodos relacionados à identificação de um cluster, os *softwares* e técnicas disponíveis em SIG que podem ser usados para realizar a análise de agrupamento são inúmeros. No próprio QGIS, o usuário encontra alguns instrumentos disponíveis criados por vários desenvolvedores diferentes e que apresentam algumas variações entre si, mas que oferecem bons resultados quanto à geração de cluster (Figura 34).

FIGURA 34 – Instrumentos para clusterização disponíveis no menu Complementos (QGIS)

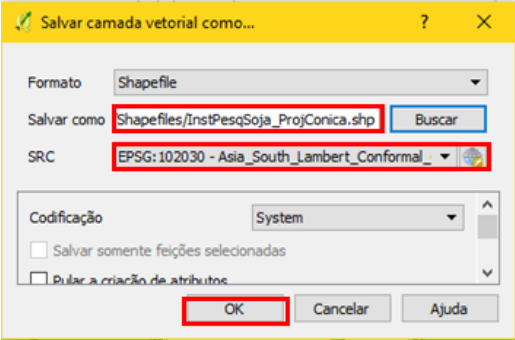
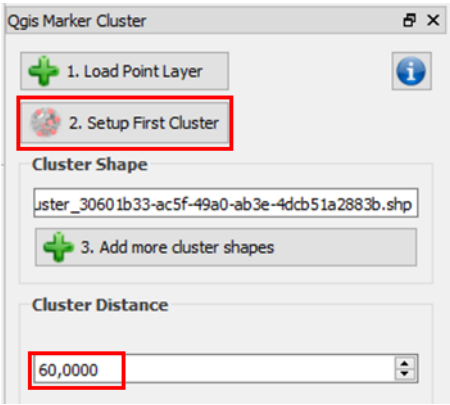
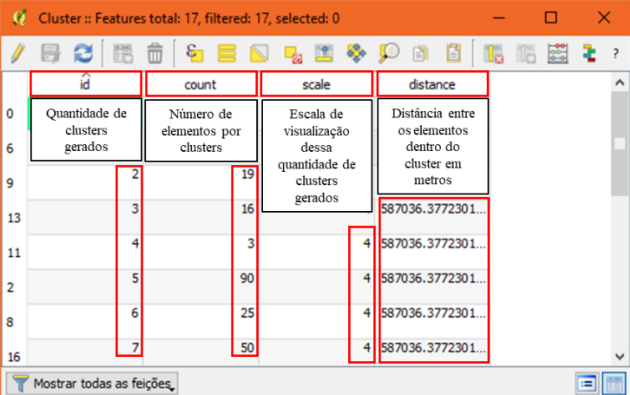


Fonte: Imagem feita no QGIS 2.14.12 (2017).

O Quadro 12 apresenta os procedimentos necessários para a elaboração do cluster dos dados referentes à área colhida de soja em 2015 e às instituições de pesquisa em soja. Dentre as

opções disponíveis no QGIS para a realização desse tipo de análise, o *plug-in* escolhido foi o QGIS Marker Cluster devido a sua simplicidade e agilidade para gerar as soluções, além de apresentar resultados similares a outros *plug-ins* testados.

QUADRO 12 – Procedimento para identificação de um cluster usando algumas ferramentas disponíveis no QGIS

Procedimento	Ferramenta	Descrição
Adequação do sistema de projeção caso os dados estejam projetados para o Sistema de Coordenadas Geográficas	Clicar na camada e: Salve como, modificando o SRC para a projeção correspondente ao código EPSG: 102030, projeção Cônica	
Geração do Custer por meio do <i>plug-in</i> QGIS Marker Cluster	Clicar em ‘Setup First Cluster’ e o cluster será gerado	<p>OBS.: A) Deixar a camada da qual será gerado o cluster selecionada. B) É possível ajustar a distância mínima entre os pontos em Cluster Distance. C) Depois de gerado o cluster ele varia conforme a escala de visualização, por isso é importante Salvar como a camada para manter a visualização desejada.</p>  

Fonte: Imagens retiradas do *software* QGIS 2.14.12 (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

A primeira observação a se fazer quanto aos dados utilizados na geração dos cluster se refere à sua distribuição espacial. Como as informações estão distribuídas por uma vasta extensão territorial no Brasil, é importante fazer sua reprojeção para um sistema de coordenadas com projeção cônica (de latitude/longitude para coordenadas projetadas referente a South America

Albers Equal Area Conic). Essa necessidade se deve ao fato de os procedimentos geoestatísticos serem feitos com base na distância métrica entre os pontos, o que não é possível usando as coordenadas geográficas (lat/long).

A indicação da distância entre os agrupamentos de clusters (Cluster Distance) é dada automaticamente pela ferramenta, contudo, pode ser alterada dependendo do objetivo da representação.

O resultado obtido após a geração dos cluster pode ser analisado com mais detalhes na sua tabela de atributos, que fornece a quantidade de cluster gerados (id), o número de pontos agrupados neles (count), a escala na qual estão sendo visualizados (que pode variar conforme é aplicado o zoom na tela) e a distância entre os pontos.

Proximidade espacial

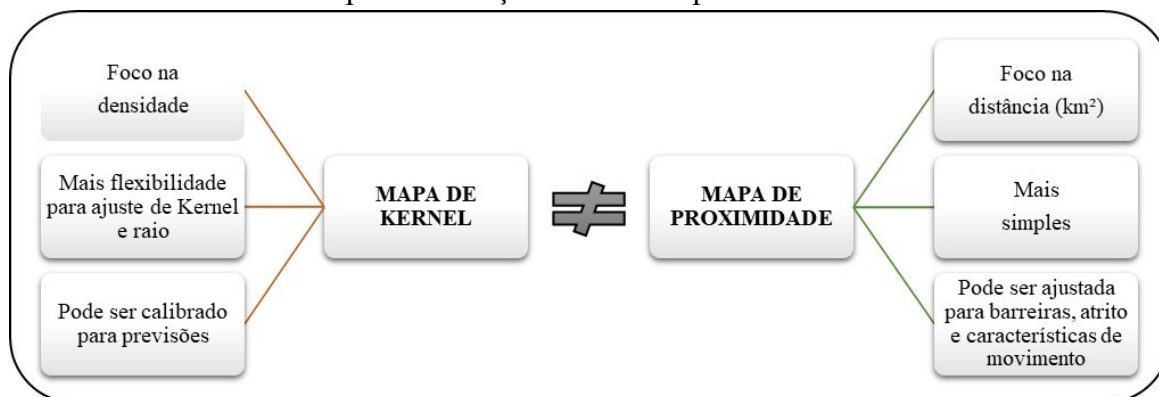
Trabalhar com a proximidade espacial permite verificar a circunvizinhança entre pontos e consiste em estabelecer a distância para todos os locais em torno de um ponto, por meio de retas que sejam o mais curtas possível, ligando grupos de pontos e formando zonas de distâncias como é apresentado por Berry (2013). Ainda de acordo com esse autor, uma análise de proximidade pode ser gerada a partir tanto de um conjunto de pontos quanto de apenas um só, além de outras possibilidades, como será exposto mais adiante.

Berry (2013) compara esse procedimento ao de jogar uma pedra em um lago de água tranquila. Essa pedra irá quicar na superfície da lâmina d'água, formando um conjunto crescente de círculos concêntricos até afundar. Dessa forma, é possível gerar um mapa a partir da série de anéis de propagação que emanam de um algoritmo de localização inicial, indicando a distância mais curta em linha reta entre um local em análise e outro.

Há uma semelhança estética entre os mapas gerados por meio da Função Kernel e o de proximidade espacial. Contudo, essa relação se restringe ao caráter visual de saída dos rasters, pois o tipo de informação produzida não está de forma alguma correlacionadas. As principais diferenças estão na Figura 35.

Nos dois tipos de análises são usados dados pontuais, contudo, o enfoque da apreciação é diverso, como mostrado na figura. Apesar de densidade e distância serem inversamente relacionadas, ambas são perfeitamente adequadas para uma análise exploratória, como salienta o professor Vitor Vasconcelos (ANÁLISE, 2016).

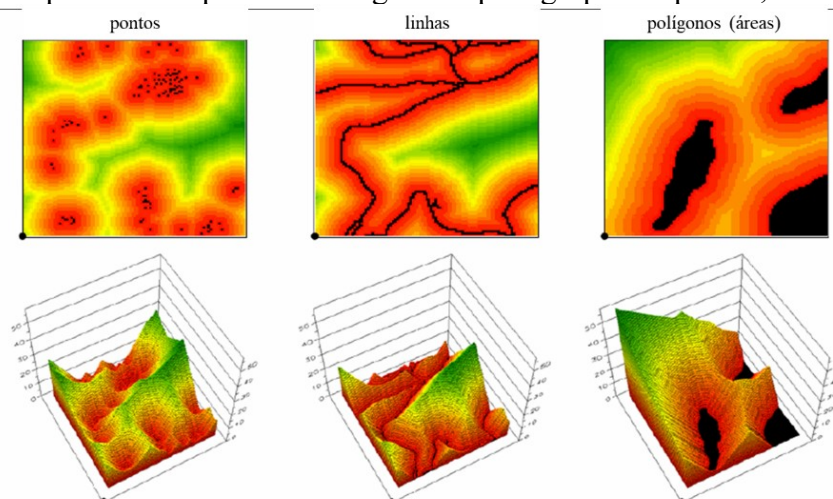
FIGURA 35 – Principais diferenças entre os mapas de Kernel e de Proximidade



Fonte: Adaptado de Vitor V. Vasconcelos (ANÁLISE, 2016) por Daniela Vieira Marques, 2018.

De acordo com Berry (2013) há inúmeras possibilidades de análise usando a proximidade, pois além de trabalhar com dados pontuais, ainda é possível o uso de dados no formato linha e polígono, como aparece na Figura 36.

FIGURA 36 – Superfícies de proximidade geradas para grupos de pontos, linhas ou polígonos



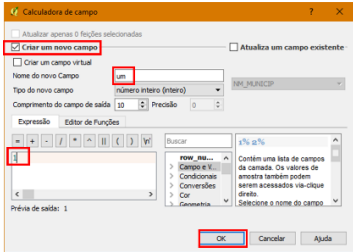
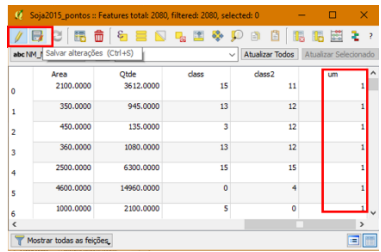
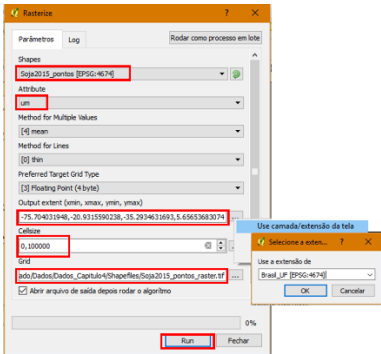
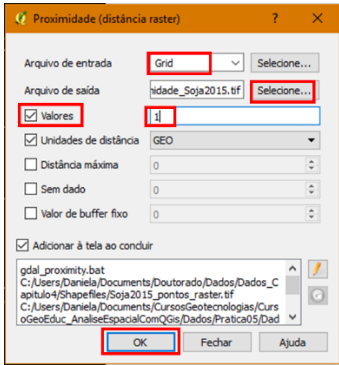

Fonte: Berry (2013, p. 4).

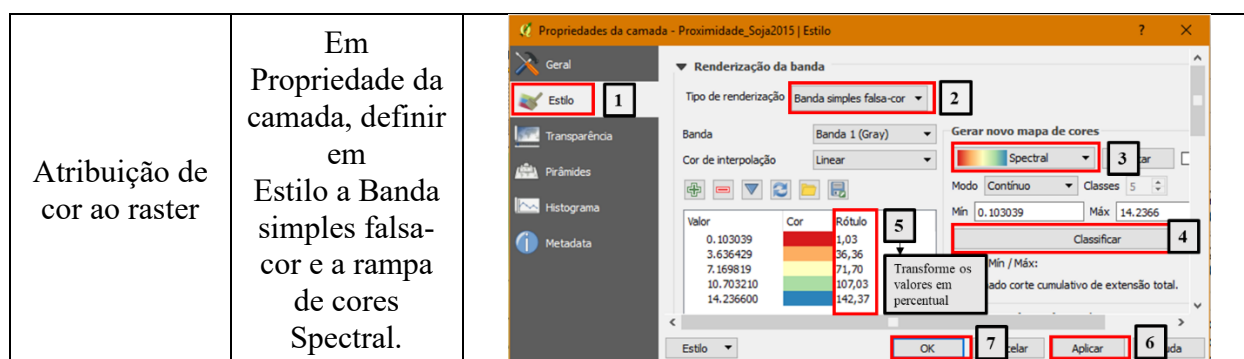
Além disso, ainda de acordo com o mesmo autor, há possibilidade de atribuir pesos aos tipos de trajeto, tempo e custo de deslocamento etc. (que Berry chama de “movimentos”) e também agregar à análise as barreiras, que podem ser relativas (diminuem a velocidade do movimento, por exemplo, um acidente numa rodovia) ou absolutas (interrompem definitivamente o movimento, como é o caso de um rio, ou muro). Tais barreiras podem forçar uma mudança na trajetória entre os objetos analisados, deixando esse caminho, que seria apenas uma ligação reta, muito mais tortuoso. Portanto, a depender do que se quer investigar, as possibilidades oferecidas pelo mapa de proximidade são inúmeras.

No caso da proposta de análise de dados agrícolas em questão, serão considerados todos os locais que produzem soja para a geração de mapas de proximidade simples. O mesmo

procedimento será adotado para definir a proximidade dos centros de pesquisa agropecuária em soja, conforme explicado no Quadro 13:

QUADRO 13 – Procedimento para geração do mapa de proximidade usando algumas ferramentas disponíveis no QGis

Procedimento	Ferramenta no QGis	Descrição	
<p>Preparação da camada vetor para transformar em camada raster</p>	<p>Acessar: Tabela de Atributos > Calculadora de campo. Criar uma nova coluna (chamada 'um') de números inteiros com o valor = 1</p>		
<p>Conversão de vetor para raster</p>	<p>Acessar a Caixa de Ferramentas no menu Processar e selecionar: Saga > Rasterize</p>	<p>OBS.: Preencher a janela do Rasterize com a camada de pontos, selecionar no Atributo a coluna 'um'. Em Output, clicar nas reticências e selecionar 'Use camada/extensão da tela'. Em Celsize, definir o tamanho da célula (0,1) de acordo com o dado. Em Grid, definir a pasta e o nome do arquivo de saída.</p>	
<p>Geração do mapa de proximidade</p>	<p>Acessar: Raster>Análise >Proximidade Indicar 'Grid' como arquivo de entrada, definir o arquivo de saída, selecionar 'Valores' e digite 1, deixe selecionado GEO como a unidade de distância.</p>	 	



Fonte: Imagens retiradas do *software* QGIS 2.14.12 (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Para uma melhor compreensão dos valores gerados ao gerar o mapa final é importante adequar a legenda, transformando os dados em porcentagem que irá representar o percentual de afastamento em relação ao ponto mais próximo. Essa transformação é feita levando em consideração o valor definido como tamanho da célula.

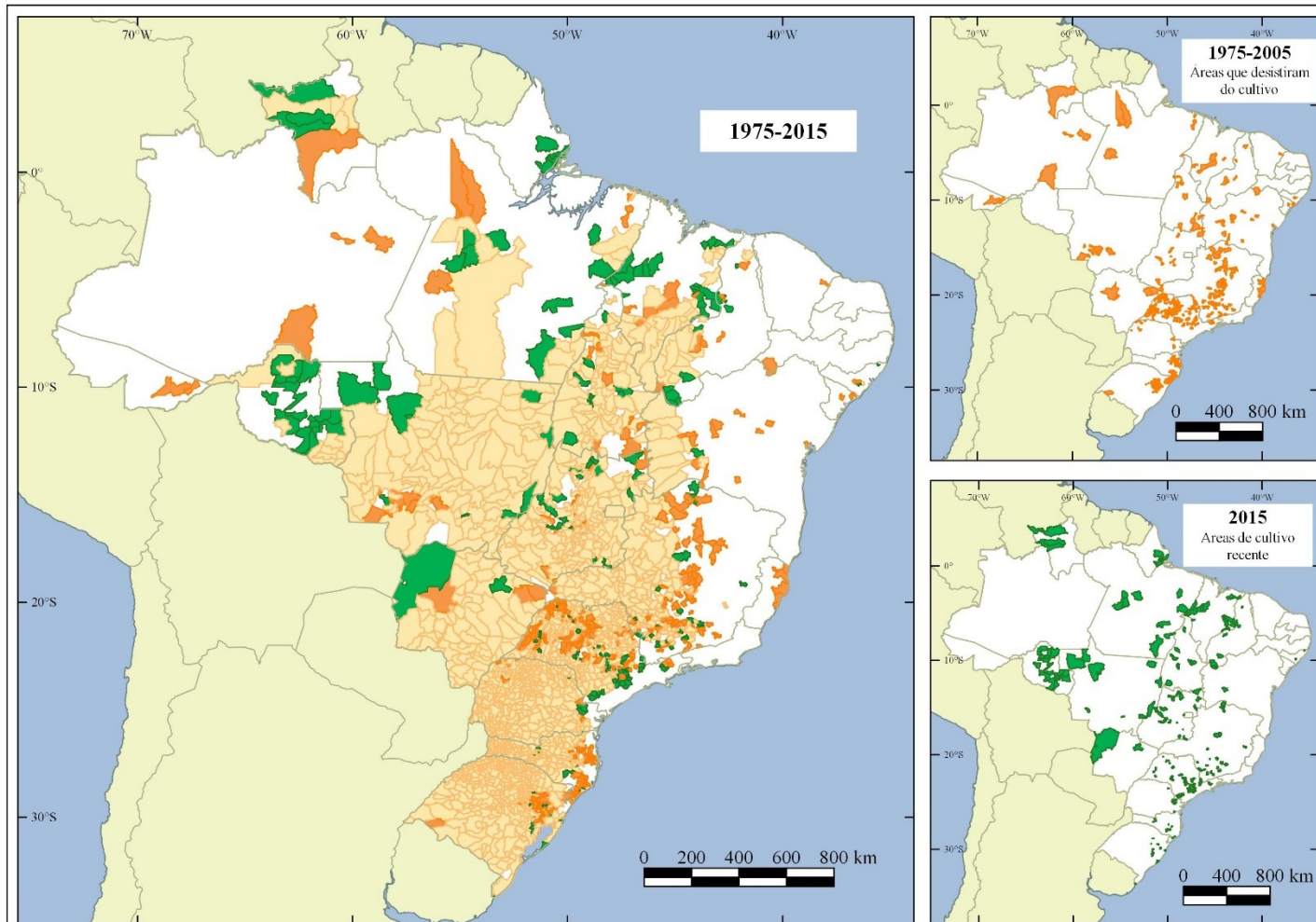
Após a implementação de todos os métodos apresentados, seguem os resultados alcançados e as respectivas discussões.

4.3. Resultados e discussão

Um panorama das áreas produtoras de soja entre as décadas de 1975 e 2015 pode ser observado no Mapa 37. Esses dados refletem a importância da produção de soja no Brasil, uma vez que ela está presente em todos os estados brasileiros, além de figurar no topo da pauta de exportações do país, como retratado em itens anteriores.

Uma apreciação dos dados disponíveis para a soja nesse período, revela que a maior parte das áreas produtoras dessa cultivar se estabeleceram no período em análise. Portanto, dos 2.483 municípios em cujos limites possuíram em algum momento plantação de soja, cerca de 84% (ou 2.080) realizaram essa atividade no período de 1975 até o ano de 2015 e, apenas 403 municípios desistiram do cultivo da *commodity*, entre 1975 e 2005.

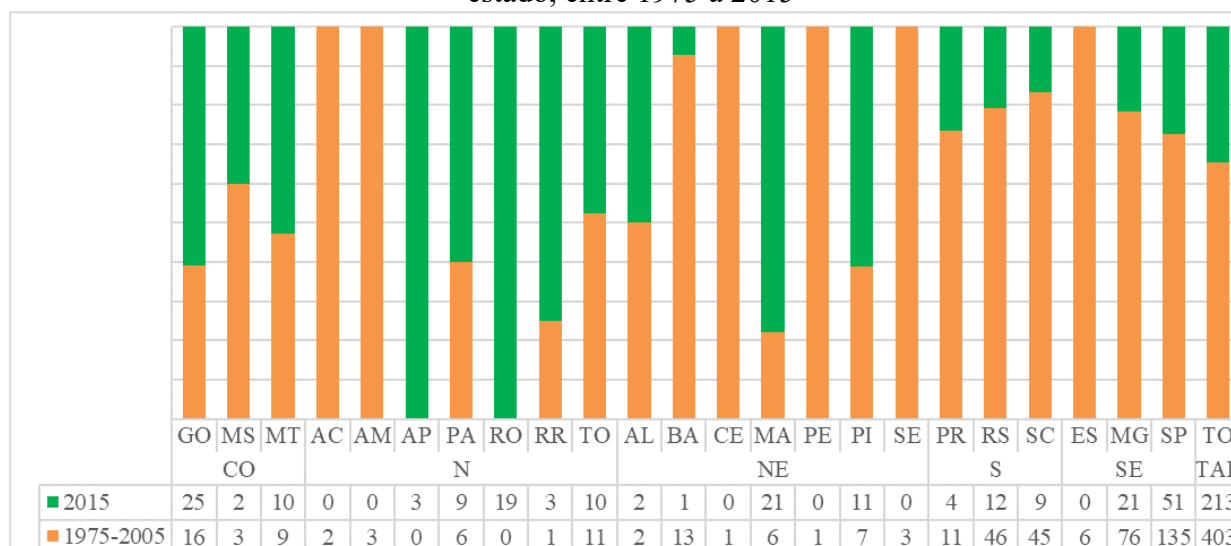
MAPA 37 – Localização das áreas produtoras de soja no Brasil entre 1975 a 2015



<p>LEGENDA</p> <p>Áreas produtoras de Soja</p> <ul style="list-style-type: none"> 1975 a 2005 1975 a 2015 2015 Limites estaduais 	<p>N</p> <p>Sistema de Coordenadas Geográficas Referencial Geodésico: SIRGAS2000</p> <p>Fontes: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017) Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2017)</p>	ÁREAS PRODUTORAS DE SOJA NO BRASIL ENTRE 1975 - 2015			
		<p>RESPONSÁVEL: Daniela Vieira Marques</p>	<p>SOFTWARE: QGIS versão 2.14.12</p>	<p>DATA: 17/11/2017</p>	<p>TAMANHO DA PÁGINA: Personalizado 29,5 x 25,9 cm</p>
<p>UNIVERSIDADE:</p>		<p>PÓS-GRADUAÇÃO:</p>		<p>APOIO:</p>	

Complementando as informações apresentadas no mapa, é possível verificar na Figura 37 um comparativo das áreas que deixaram de produzir com aquelas que passaram a produzir soja em 2015.

FIGURA 37 – Comparativo entre as áreas produtoras de soja em número de município, por estado, entre 1975 a 2015



Fonte: IBGE (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Em relação à perda de áreas produtoras de soja, as regiões Sudeste e Sul se destacam, com números que chegam a 54% e 25 %, respectivamente. Nessas regiões, o estado de São Paulo se sobressai, tendo diminuído em cerca de 33% o número de municípios que finalizaram o cultivo de soja até 2005, seguido de Minas Gerais com 19% a menos no total de municípios com soja. A região Sul, por sua vez, sofreu uma baixa de 25% nos municípios produtores, com destaque para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (ambos com 11% de perdas).

Outra informação importante que se apreende do mapa e do gráfico são os municípios que passaram a produzir soja somente a partir de 2015, um total de 213 (8,6%). As novas áreas estão distribuídas por todas as regiões brasileiras, destacando-se os municípios dos estados de São Paulo, que mesmo perdendo áreas em 135 municípios, foi o que mais incorporou novos espaços produtivos a partir de 2015, um incremento de 24%; Goiás (11%); Maranhão e Minas Gerais (ambos com 10%); e, por fim, na região Norte, Rondônia se destacou no surgimento de novas áreas, com 9%.

Esses dados mostram que a soja ainda continua com uma dinâmica importante no território brasileiro, procurando se instalar em novas localidades, mas principalmente, preservando áreas produtoras por várias décadas. Os dados dessas novas áreas abertas a partir de 2015 ainda sinalizam uma tendência de ampliar a produção de soja, agregando terras da região Norte ao setor produtivo, uma vez que esse grão foi o que apresentou o maior percentual agregado de municípios

novos em 2015 (21%), depois da região Sudeste (34%), um centro já consolidado na produção da *commodity* há várias décadas.

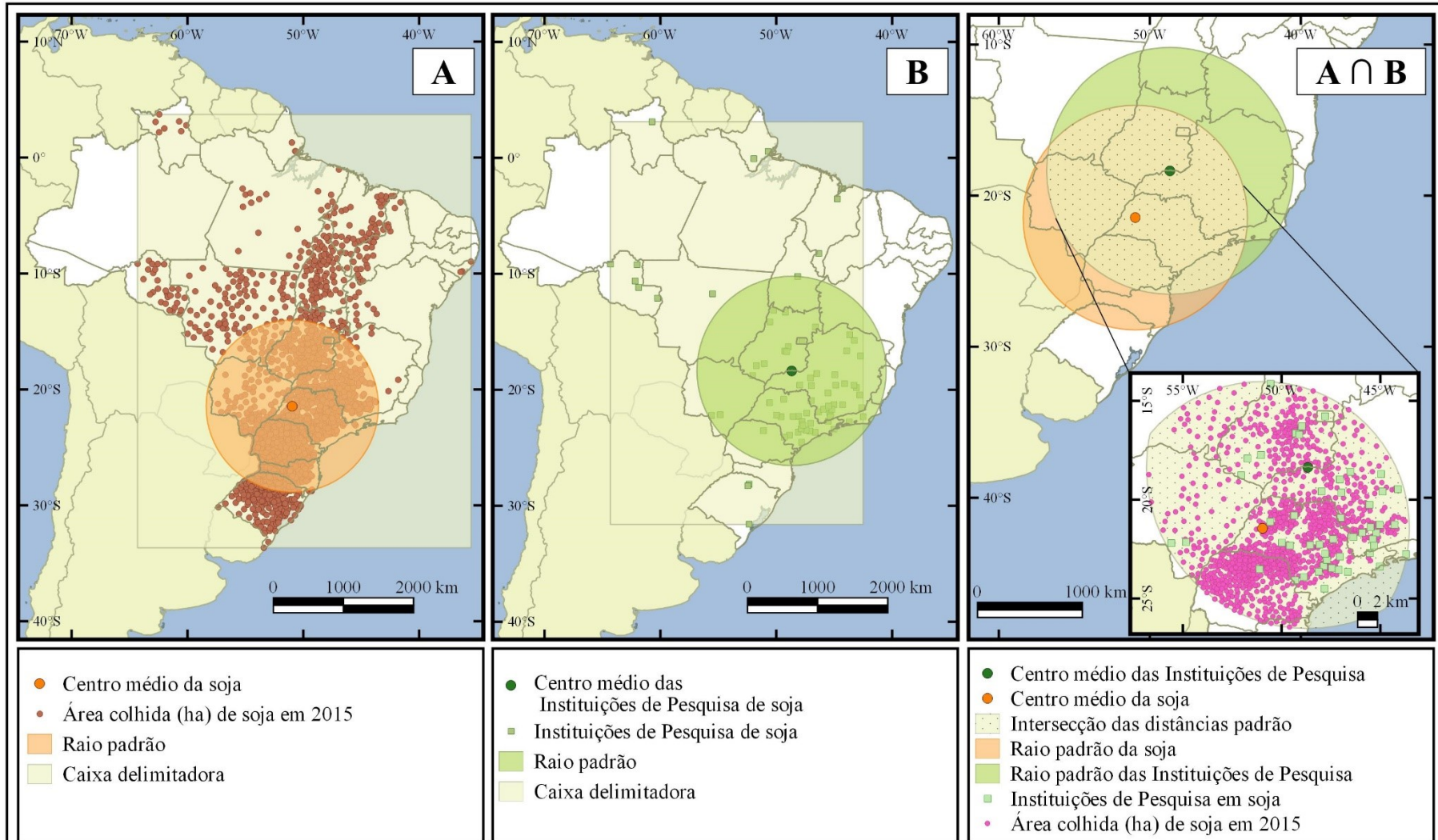
A partir do arranjo espacial da soja pelo território brasileiro, pode-se analisar sua distribuição bidimensional (eixos X e Y) por meio da identificação de um centro médio. Além desse arranjo é interessante identificar também o centro médio das instituições de pesquisa em soja analisando a distribuição espacial dos dois elementos no território brasileiro. O Mapa 38 apresenta a distribuição espacial desses dois arranjos.





A área formada por todos os municípios onde se colheu soja em 2015 envolve praticamente todo o território brasileiro, com exceção do estado do Acre, e corresponde à caixa delimitadora que é demarcada pelos municípios localizados ao extremo em cada um de seus lados. Em contrapartida, a caixa delimitadora das instituições de pesquisa em soja compreende uma área menor, excluindo vários estados da região Nordeste do país, além do Acre.

O centro médio da soja colhida em 2015 (Mapa 38A) localiza-se na região Oeste do estado de São Paulo, tradicional produtor dessa leguminosa. Em relação às instituições de pesquisa (Mapa 38B), têm seu centro médio na divisa entre estados de Minas Gerais e Goiás, ressaltando a centralidade dessas instituições no país, com vistas a atender todas as regiões produtoras de soja.

Já o raio padrão gerado a partir do centro médio, e em relação a soja (Mapa 38A) atingiu uma extensão de cerca de 199 milhões de hectares, chegando a 72% dos municípios com soja, que representam 54% das áreas colhidas dessa cultivar e também 54% da quantidade produzida.

MAPA 38 – Centro médio das áreas produtoras de soja em 2015 e das instituições de pesquisa em soja



Sistema de Coordenadas Geográficas Referencial Geodésico: SIRGAS2000 	RESPONSÁVEL: Daniela Vieira Marques	SOFTWARE: QGis versão 2.14.12	CENTRO MÉDIO ÁREAS PRODUTORAS DE SOJA EM 2015 E INSTITUIÇÕES DE PESQUISA EM SOJA		
Fontes: Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2017) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2017)	DATA: 11/12/2017	TAMANHO DA PÁGINA: A4 (21,0 x 29,7 cm)	UNIVERSIDADE:  Universidade Federal de Uberlândia	PÓS-GRADUAÇÃO:  Pós-Graduação em Geoprocessamento	APOIO:  Embrapa

Assim, a extensão desse raio é representativa em relação ao total da área de soja no país, permitindo afirmar que a maior parte de sua produção se encontra no Centro-Sul do Brasil. No caso das instituições de pesquisa (Mapa 38B), esse raio possui uma área de aproximadamente 244 milhões de hectares e abrange 79% das instituições (61).

Cerca de 428 km separam os centros médios das áreas colhidas de soja das instituições de pesquisa. A intersecção dos dois raios padrão (Mapa 38A e B) mostra uma grande proximidade entre eles e também uma grande representatividade desse cruzamento, uma vez que na área se concentraram 50% dos municípios que colheram soja em 2015 e 60% das instituições que desenvolveram pesquisas nesse tema.

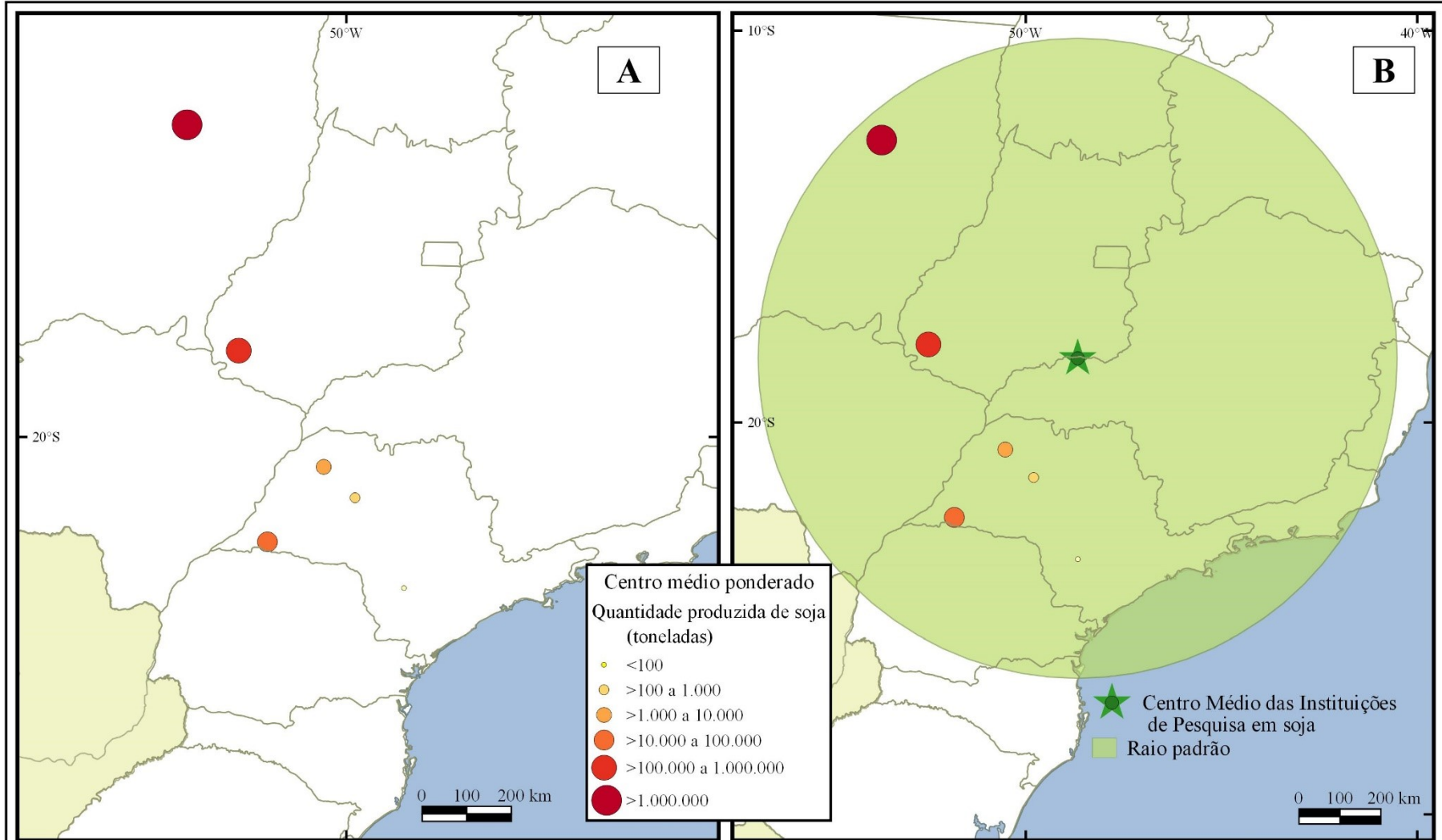
Em relação à área notou-se uma boa integração com as instituições de pesquisa. No entanto, é importante analisar com maior profundidade a questão das quantidades produzidas de soja, uma vez que o Brasil, além de vastas áreas produtoras, também possui grande produção e boa produtividade. De acordo com dados do IBGE, nos levantamentos da Produção Agrícola Municipal, entre os anos de 1975 e 2015 houve um aumento significativo dos números relacionados à soja; um bom exemplo é o da produtividade, que saltou de 1.500 kg/ha para 2.629 kg/ha em média, perfazendo um aumento de 75% no rendimento da produção de soja num período de quarenta anos. Se comparado às maiores produtividades, o acréscimo foi ainda maior, cerca de 84 % (sendo em 1975 produtividade de 2700 kg/ha e 2015, de 4958 kg/ha).




Tendo em vista que a produtividade é uma relação entre a área e a quantidade gerada de um produto, é importante também investigar a variável quantidade produzida no intuito de averiguar sua localização em relação às instituições de pesquisa. Para isso foi gerado o centro médio ponderado, levando em consideração uma escala com as quantidades produzidas, como pode ser visto no Mapa 39.

As seis faixas de produção consideradas na análise espacial foram distribuídas em grupos a partir 100 toneladas até atingir 1 milhão de toneladas. Essa divisão buscou agrupar os municípios de acordo com as quantidades produzidas a partir das quais foram gerados centros médios ponderados de acordo com as referidas faixas.

Portanto, os seis centros médios ponderados contemplam as realidades encontradas na produção de soja no Brasil, pois apesar de ser uma *commodity* importante para exportações brasileiras, é produzida em baixa escala.

MAPA 39 – Centro médio ponderado da quantidade produzida de soja em 2015 (ton.) em relação ao centro médio das instituições de pesquisa



Sistema de Coordenadas Geográficas Referencial Geodésico: SIRGAS2000 	RESPONSÁVEL: Daniela Vieira Marques	SOFTWARE: QGIS versão 2.14.12	CENTRO MÉDIO PONDERADO QUANTIDADE PRODUZIDA DE SOJA EM 2015 EM RELAÇÃO AO CENTRO MÉDIO DAS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA EM SOJA		
	Fontes: Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2017) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2017)	DATA: 12/12/2017	TAMANHO DA PÁGINA: A4 (21,0 x 29,7 cm)	UNIVERSIDADE:  Universidade Federal de Uberlândia	PÓS-GRADUAÇÃO: 

É interessante observar que dos seis centros médios gerados (Mapa 39A), quatro deles se encontram no estado de São Paulo, correspondendo às faixas produtivas de 100 a 100 mil toneladas. As duas outras faixas que agregam as maiores quantidades produzidas (>100 mil a <1 milhão e >1 milhão de toneladas) tiveram seus centros médios posicionados na região Centro-Oeste, nos estados de Goiás e Mato Grosso, respectivamente.

Esse diagnóstico, somado à posição dos demais centros médios ponderados, mostra uma tendência a reafirmar a região do bioma Cerrado como uma das grandes produtoras de soja, um verdadeiro celeiro da *commodity*.

Analisando os centros médios ponderados em relação as instituições de pesquisa (Mapa 39B), observa-se que todos se localizam dentro do raio de abrangência dos centros médios das instituições de pesquisa em soja, demonstrando uma perfeita integração entre a pesquisa e a produção desse grão em todas as escalas.

Corroborando esses dados tem-se a aplicação do desvio padrão da elipse, que, além de mostrar onde se dá a concentração dos elementos pontuais estudados, indica a direção dessa concentração, como pode ser visualizado no Mapa 40.

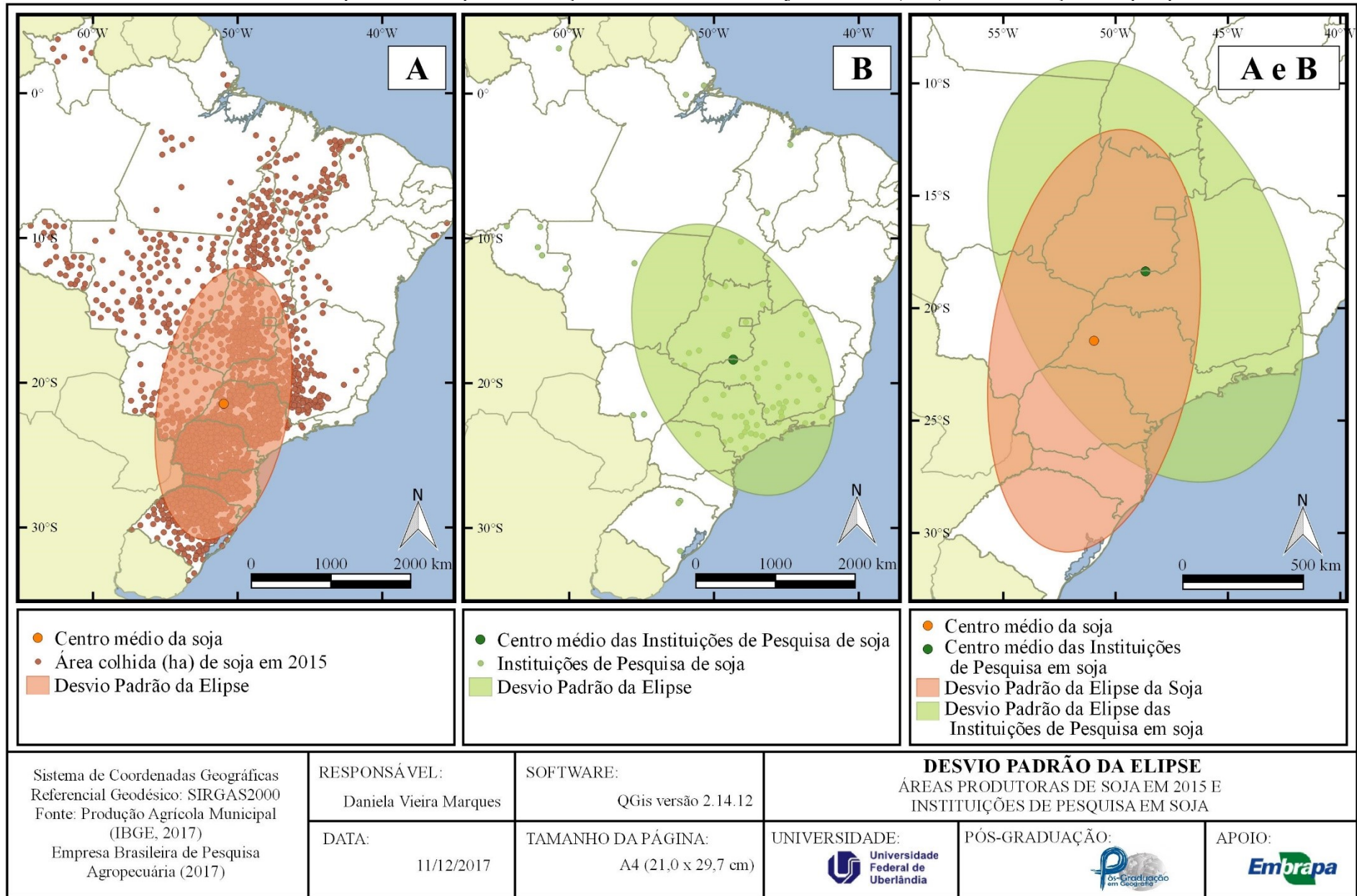
O desvio padrão da elipse dos dados de soja (Mapa 40A) mostra uma concentração dos municípios onde houve área colhida de soja no eixo Centro-Sul do país. Observando a questão do eixo direcional da distribuição espacial da área colhida de soja em 2015, tem-se a direção sul-norte, uma vez que as áreas da região Sul do Brasil, eram historicamente mais importantes na produção desse grão e foram perdendo espaço para os estados da região Centro-Oeste. A Tabela 18 mostra uma comparação entre os dez maiores produtores de soja em 1975 e 2015 para ilustrar essa tendência no direcionamento da cultivar pelo território brasileiro.

TABELA 18 – *Ranking* dos dez primeiros municípios produtores de soja em 1975 e 2015

1975			2015		
Município	Estado	Quantidade produzida (ton.)	Município	Estado	Quantidade produzida (ton.)
1 Assis Chateaubriand	PR	251.164	1 Sorriso	MT	1.951.710
2 Toledo	PR	216.000	2 Sapezal	MT	1.222.500
3 Santo Ângelo	RS	194.962	3 Campo Novo do Parecis	MT	1.197.900
4 Palotina	PR	189.000	4 Nova Mutum	MT	1.181.830
5 Cascavel	PR	187.200	5 São Desidério	BA	1.134.000
6 Palmeira das Missões	RS	176.000	6 Formosa do Rio Preto	BA	1.123.200
7 Marechal Cândido Rondon	PR	175.500	7 Nova Ubiratã	MT	1.118.400
8 Carazinho	RS	144.000	8 Querência	MT	1.017.600
9 Passo Fundo	RS	141.057	9 Diamantino	MT	995.960
10 Cruz Alta	RS	130.000	10 Jataí	GO	837.900

Fonte: IBGE (2017). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

MAPA 40 – Desvio padrão da elipse em relação à área colhida de soja em 2015 (ton.) e às instituições de pesquisa



Como pode ser visto na tabela, em 1975 todos os dez primeiros colocados se localizavam na região sul do Brasil, situação totalmente oposta a encontrada em 2015, quando não há nenhum município da região Sul e nem da Sudeste no *ranking* dos dez maiores produtores de soja.

Na listagem de 2015, 70% dos municípios estão no estado de Mato Grosso, juntos com o município de Jataí, em Goiás, dominam da região Centro-Oeste entre os maiores produtores do país. Há ainda dois municípios da Bahia que se destacam nesse ranqueamento, São Desidério e Formosa do Rio Preto, que ajudam a demonstrar a tendência ao norte dessa elipse formada pelos dados de quantidade produzida de soja.

Diferentemente do cenário da leguminosa, o desvio padrão da elipse das instituições de pesquisa em soja (Mapa 40B) mostra a concentração dessas instituições entre o Sudeste e o Centro-Oeste, reflexo da existência de polos importantes na área de ciência e tecnologia em cidades como São Paulo e Brasília.

Quanto à direção da distribuição espacial, configura-se em sudeste-noroeste e pode ser constatada pelas datas de criação dos centros de pesquisa em soja, conforme Tabela 19, na qual essa informação está organizada por períodos que compreendem décadas a partir dos anos 1970.

TABELA 19 – Total das instituições de pesquisa em soja criadas, por período, nas regiões brasileiras

Período	Regiões brasileiras					Total de Instituições criadas
	Sul	Sudeste	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	
<1970	0	2	11	0	0	13
1971-1980	6	27	5	0	6	44
1981-1990	0	0	0	0	1	01
1991-2000	3	24	0	0	4	31
>2001	0	0	3	3	0	06

Fonte: Organizado a partir de dados das Oepas (EMBRAPA, 2014). Elaborado por Daniela Vieira Marques (2018).

Os dois períodos de maior criação de instituições de pesquisa que desenvolvem ou têm em sua missão a temática envolvendo a soja foram as décadas de 1970 e 1990. Especialmente os anos 1970, pois foi nesse período que coincidiram alguns acontecimentos importantes (já discutidos em seções anteriores), como a intensificação da modernização agrícola, avanço da fronteira agrícola para o Cerrado, o maior investimento na pesquisa e criação de centros voltadas à ciência e tecnologia, disponibilização de crédito agrícola, dentre outros.

Portanto, o direcionamento da elipse para o Centro-Oeste e partes do Nordeste e Norte, mostra a importância que essas áreas vêm ganhando no cenário produtivo nacional como locais de intensificação do processo produtivo e até mesmo de abertura de novas áreas para o mercado, por meio dessa *commodity* que é tão relevante para a balança comercial brasileira.

Retomando a questão das áreas produtoras de soja no país, cabe ressaltar a importância da análise de cluster para verificar a existência de aglomerados dessas áreas no território brasileiro e como eles se comportam perante os aglomerados das instituições de pesquisa. O Mapa 41 apresenta os clusters da soja em relação a área colhida, o das instituições de pesquisa em soja, e a sobreposição de ambos às regiões brasileiras.

Na análise de cluster busca-se detectar a existência de padrão de aglomerados espaciais, por meio da verificação da quantidade de eventos pontuais excessivamente próximos, maior do que o esperado.

A formação de cluster nas áreas produtoras de soja (Mapa 41A) é visível devido ao fato de a quantidade de municípios que plantam soja hoje no Brasil ser um evento que já persiste há várias décadas e à constante inclusão de novas áreas ao processo produtivo, como já mostrado no Mapa 3. Foram identificados ao todo dezessete cluster, sendo dois (Amapá e Alagoas) com apenas três municípios cada, e dois (São Paulo e Rio Grande do Sul) com mais de setecentos municípios cada.

No caso das instituições de pesquisa em soja (Mapa 41B), foram gerados dez clusters, sendo o com maior número de municípios localizado no estado de São Paulo (27), e os menores aglomerados nos Mato Grosso (1), Mato Grosso do Sul (1) e em Roraima (1).

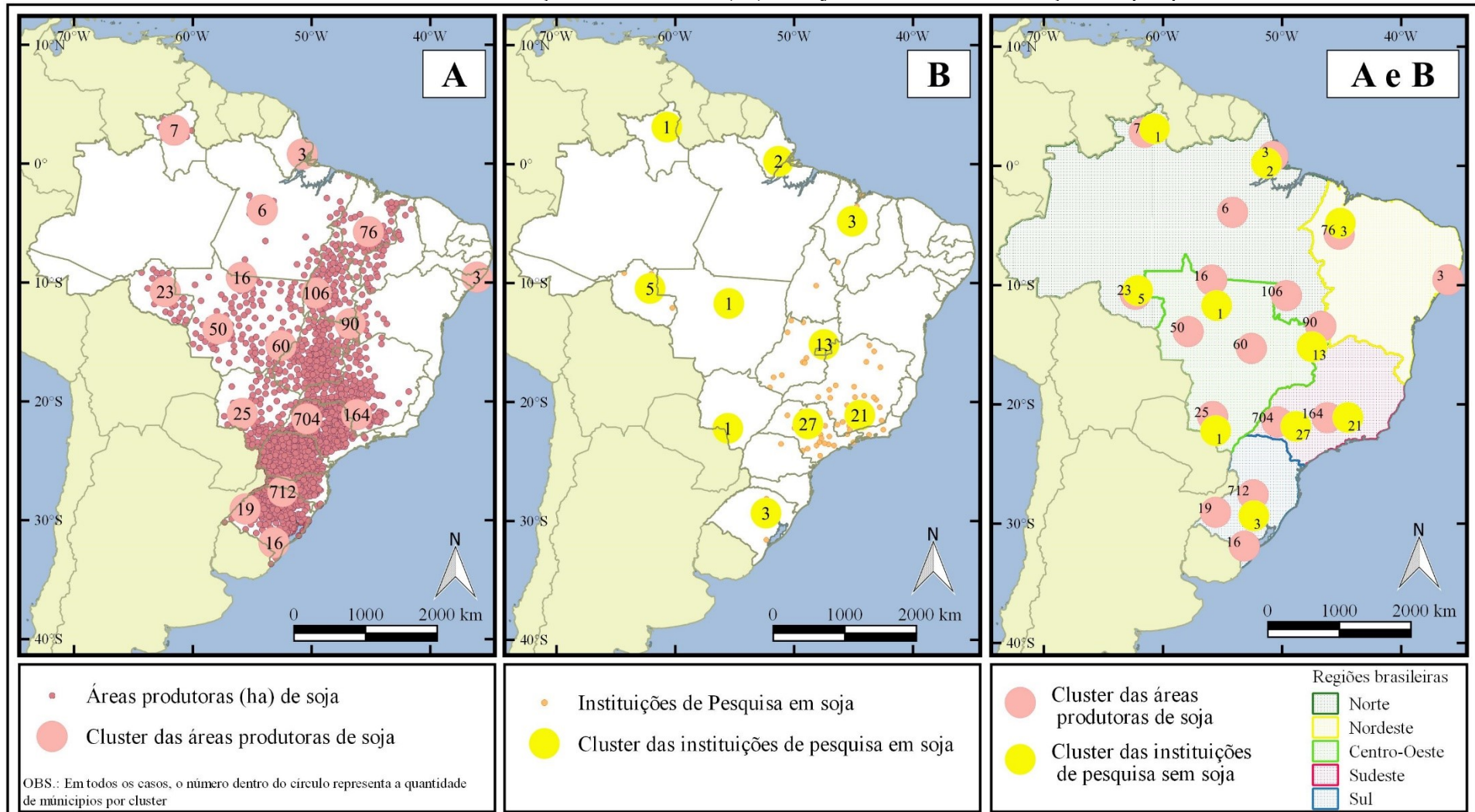
Quanto à distribuição dos clusters pelas regiões brasileiras (Mapa 41AeB), as regiões Centro-Oeste e Norte se destacam nos clusters de soja (ambas com cinco) e nos de instituições de pesquisa (ambas com três). O que as diferencia é a importância desses clusters, ou seja, o número de municípios em cada um deles.




Por outro lado, se observado o número de municípios por cluster, o destaque – sem dúvidas nenhuma – é a região Sudeste em ambos os casos, pois seus dois aglomerados em soja reúnem quase 870 municípios e os dois clusters de instituições de pesquisa reúnem pouco menos cinquenta instituições.

Esses são valores relevantes para entender como se dá a aglomeração desses eventos pontuais estudados, pois mostra que há excesso de eventos numa região, mas distribuídos espacialmente; é o caso do Centro-Oeste em oposição à região que concentra poucos clusters, mas numerosos, como a Sudeste.

Outro fator importante nessa análise dos aglomerados de ambos os eventos é que em todas as regiões o cluster da soja está próximo a um cluster de instituição de pesquisa, com poucas exceções, por exemplo, um cluster no Nordeste (Alagoas) e um na região Norte (Pará).

MAPA 41 – Cluster em relação a área colhida (ha) de soja em 2015 e as instituições de pesquisa



Sistema de Coordenadas Geográficas Referencial Geodésico: SIRGAS2000 Fonte: Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2017) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2017)	RESPONSÁVEL: Daniela Vieira Marques	SOFTWARE: QGis versão 2.14.12	CLUSTER ÁREAS PRODUTORAS DE SOJA EM 2015 E INSTITUIÇÕES DE PESQUISA EM SOJA		
	DATA: 16/12/2017	TAMANHO DA PÁGINA: A4 (21,0 x 29,7 cm)	UNIVERSIDADE:  Universidade Federal de Uberlândia	PÓS-GRADUAÇÃO:  Pós-Graduação em Geografia	APOIO:  Embrapa

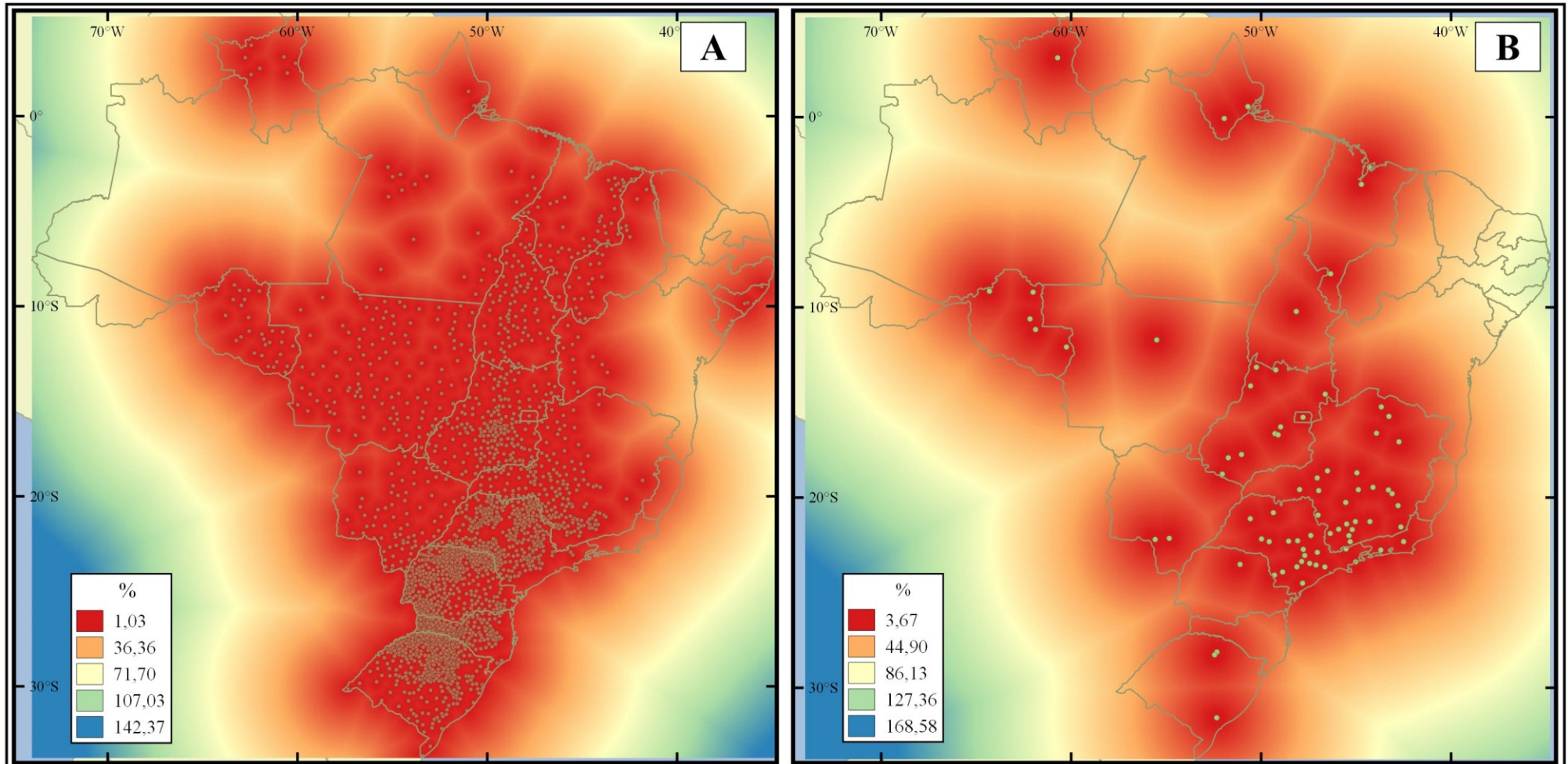
Na questão da distância entre um evento pontual e outro, pode-se recorrer à análise de proximidade para melhor entender esse processo, como ilustra o Mapa 42, que traz uma representação, no estilo *hot-spot* (áreas quentes e frias), da proximidade das áreas colhidas de soja e outra das instituições de pesquisa em soja.




Chegando ao fim das análises espaciais de eventos pontuais, tem-se a proximidade avaliada tanto para a soja quanto para as instituições de pesquisa. É interessante apresentar a análise de ambos os eventos devido, principalmente, à diferença na quantidade de pontos representados e também na distribuição desses elementos pelo território brasileiro.

Os mapas de proximidade mostram um gradiente de distâncias, expresso neste caso por um percentual de afastamento em relação ao ponto inicial.

No que diz respeito à proximidade das áreas colhidas de soja e das instituições de pesquisa em soja, observa-se que o percentual das distâncias no primeiro mapa (Mapa 42A) são menores, indicando uma massiva e concentrada distribuição da *commodity* pelo país, uma vez que há predominância do gradiente relativo a 1% (vermelho). No segundo caso (Mapa 42B), apesar de o percentual das distâncias ser maior e da percepção de células relativas ao menor gradiente de distância, esse ainda predomina no espaço.

MAPA 42 – Proximidade das áreas colhidas de soja (A) em 2015 e das instituições de pesquisa (B)



<p>0 1000 2000 km</p> <p>Sistema de Coordenadas Geográficas Referencial Geodésico: SIRGAS2000</p> <p>Fonte: Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2017) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2017)</p>	<p>RESPONSÁVEL:</p> <p>Daniela Vieira Marques</p>	<p>SOFTWARE:</p> <p>Qgis versão 2.14.12</p>	<p>PROXIMIDADE</p> <p>ÁREA COLHIDA (HA) DE SOJA EM 2015 (A)</p> <p>INSTITUIÇÕES DE PESQUISA EM SOJA (B)</p>		
	<p>DATA:</p> <p>19/12/2017</p>	<p>TAMANHO DA PÁGINA:</p> <p>A4 (21,0 x 29,7 cm)</p>	<p>UNIVERSIDADE:</p> 	<p>PÓS-GRADUAÇÃO:</p> 	<p>APOIO:</p> 

Considerações finais

O uso de métodos e técnicas de geoprocessamento para a análise espacial de dados agropecuários, apresentados como objetivo dessa seção, se mostrou pertinente e adequado para a finalidade de ilustrar as diversas possibilidades de interação entre áreas colhidas e quantidades produzidas de soja e as instituições de pesquisa que possuem como meta desenvolver estudos sobre esse grão.

Os dados foram apresentados na forma de pontos, por isso, todo o estudo se voltou para a análise espacial de eventos pontuais. Dessa forma, escolheram-se cinco métodos para aplicação nos dados: padrões pontuais, centro médio, desvio padrão da elipse, cluster e proximidade. Cada uma dessas técnicas se mostrou importante e complementar na construção do conhecimento acerca da interação soja – instituições de pesquisa.

Os resultados obtidos pela análise dos padrões pontuais mostraram que ambos os dados têm características de agrupados e, dessa forma, é possível aplicar métodos como a análise de cluster.

Quanto aos centros médios, eles permitem análises não só do ponto gerado como centro dos dados, mas também do raio padrão em relação ao centro médio e da caixa delimitadora dos dados como um todo. Além disso, ainda se optou por gerar um centro médio ponderado a partir das quantidades produzidas de soja. Desse modo, os resultados comparativos gerados mostraram que a caixa delimitadora dos dados é maior para área colhida de soja do que para as instituições de pesquisa. Ocorreu uma intersecção entre os raios padrão de ambos dos dados, demonstrando a proximidade entre os centros médios, que ficou em torno de 428 km. Já em relação ao centro médio ponderado, foram gerados seis centros de acordo com faixas produtivas pré-definidas, das quais quatro, correspondentes a quantidades produzidas mais baixas, localizam-se no estado de São Paulo. As duas faixas produtivas mais altas se encontram nos estados de Goiás e Mato Grosso respectivamente. No entanto, todas as seis faixas estão dentro do raio de abrangência do centro médio das instituições de pesquisa.

Dando continuidade à análise da distribuição dos pontos, foi usado o desvio padrão da elipse para determinar a direção dos agrupamentos. No caso da soja segue o direcionamento sul-norte, enquanto as instituições de pesquisa seguem a direção sudeste-noroeste. Esse resultado mostra que as áreas a partir do centro em direção ao norte tendem a ganhar importância no que diz respeito à soja e às instituições de pesquisa nessa temática.

As análises dos clusters formados pelos agrupamentos da soja e das instituições de pesquisa mostraram uma distribuição por todas as regiões brasileiras, com destaque para o Centro-Oeste e o Norte em número de clusters e para a região Sudeste em número de municípios por cluster.

Os mapas de proximidade, por sua vez, apontaram um gradiente de distâncias entre as áreas colhidas de soja e também entre as instituições de pesquisa. O maior gradiente de distância foi encontrado entre as instituições de pesquisa. Apesar disso, em ambos os casos se observou uma concentração dos eventos pontuais em praticamente todo o território nacional.

Portanto, a aplicação dos métodos abordados ajudou a confirmar uma intensa concentração dos eventos pontuais, mas também uma distribuição desses eventos por grande parte das regiões brasileiras, bem como uma importante interação entre a soja e as instituições de pesquisa sobre ela.

Por fim, a aplicação desses métodos utilizando instrumentais disponibilizados em *software* livre permite que mais estudos envolvendo essas temáticas, análise espacial e dados agropecuários, sejam realizados por outros pesquisadores.

Referências

ANÁLISE de eventos pontuais: informática aplicada ao planejamento territorial. Professor Vitor Vieira Vasconcelos. Universidade Federal do ABC, 2016. 1 vídeo-aula (206 min). On-line. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/vitor_vasconcelos/anlise-espacial-de-eventos-pontuais>. Acesso em: 30 set 2017.

ANJOS, A., MAZZA, M. C. M., SANTOS, A. C. M. C. e DELFINI, L. T. Análise do padrão de distribuição espacial da araucária (*Araucaria angustifolia*) em algumas áreas no Estado do Paraná, utilizando a função K de Ripley. **Scientia Forestalis**, n. 66, dez. 2004, p. 38-45.

BERRY, J. Topic 25: Calculating Effective Distance and Connectivity. In: **Mapping Analysis: understanding spatial patterns and relationships**. University of Denver / GeoWorld, 2013, p. 1-35. Disponível em <<http://www.innovativegis.com/basis/MapAnalysis/Topic25/Topic25.htm>>. Acesso em: 8 nov. 2017.

CÂMARA, G., MONTEIRO, A. M., DRUCK, S. e CARVALHO, M. S. Análise espacial e geoprocessamento. In: DRUCK, S., CARVALHO, M. S., CÂMARA, G. e MONTEIRO, A. M. V. **Análise espacial de dados geográficos**. Ed. Tec. Brasília - DF: Embrapa, 2004, p. 19-52.

CÂMARA, G. e CARVALHO, M. S. Análise espacial de eventos. In: DRUCK, S., CARVALHO, M. S., CÂMARA, G. e MONTEIRO, A. M. V. **Análise espacial de dados geográficos**. Ed. Tec. Brasília - DF: Embrapa, 2004. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/10.07.14.53/doc/cap2-eventos.pdf>> Acesso em: 10 de março de 2016.

EMBRAPA. **Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária - Oepas**. 2014. Disponível em <<https://www.embrapa.br/oepas>> Acesso em: 24 nov. 2014.

FERREIRA, M. C. **Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnica e exemplos para geoprocessamento.** São Paulo: Unesp, 2014.

FRITZ, C. E., SCHUURMAN, N., ROBERTSON, C., LEAR, S. A scoping review of spatial cluster analysis techniques for point-event data. **Geospatial Health** 7, n. 2, 2013, p. 183-198. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23733283>>. Acesso em 14 nov. 2017.

HAN, J. & KAMBER, M and TUNG, A. K. H. Spatial clustering methods in data mining: a survey. **Data Mining and Knowledge Discovery – DATAMINE**, 2001, p. 1-29. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/238687113_Spatial_clustering_methods_in_data_mining_a_survey> Acesso em 21 out 2017. IBGE. Produção Agrícola Municipal 1975-2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/PA/A/Q>> Acesso em out. 2017.

JACQUEZ, G. M. Spatial Cluster Analysis. Chapter 22. In: FOTHERINGHAM, S. and WILSON, J. (eds.). **The Handbook of Geographic Information Science**, Blackwell Publishing, 2008, p. 395-416.

MATOS, N. M., LEAL, F. A. e MATRICARDI, E. A. T. Análise do padrão de distribuição espacial de queimadas no Bioma Pantanal. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 17, 2015, João Pessoa-PB. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015, p. 5959-5966.

REIS, D. L. R. Análise espacial da formação de agrupamentos hoteleiros em Belo Horizonte. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 17, 2015, João Pessoa-PB. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015, p. 1991-1998.

SMITH, M. J., GOODCHILD, M. F. and LONGLEY, P. A. **Geospatial Analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools.** 5 ed. 2015. Disponível em <http://www.spatialanalysisonline.com/HTML/index.html?hot_spot_and_cluster_analysis.ht> Acesso 2 out 2017.

TARTARUGA, I. G. P. Análise espacial da centralidade e da dispersão da riqueza gaúcha de 1970 a 2000: notas preliminares. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 30, Número Especial, p. 391-426, out. 2009. Disponível em <<https://revistas.fee.tche.br/index.php/ensaios/article/view/2303/2672>> Acesso em 01 dez 2017.

USDA. United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production.** United States: Foreign Agricultural Service. 2016. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>> Acesso em: 21 fev. 2016.

O processo de avaliar, por meio da análise espacial, o impacto institucional de centros de pesquisa agropecuária se configura como uma opção importante ao agregar às metodologias de avaliação de impactos comumente existentes (econômica, social e ambiental) um novo olhar sobre a realidade das instituições de pesquisa.

No caso das instituições de pesquisa agropecuária, foco de análise deste estudo, adicionar o viés espacial ajuda a entender ainda mais como está se dando a relação entre os centros que fazem a pesquisa e as áreas onde teoricamente os resultados dessas pesquisas estão sendo aplicados. Em se tratando de centros públicos, essa proximidade é de suma importância para a sociedade, pode estar mais em contato com os resultados das pesquisas que ela está ajudando a financiar.

Os centros de pesquisa agropecuária ganharam importância no cenário agrário nacional devido à necessidade de intensificar a modernização agrícola no Brasil. Por essa razão, houve grande influência da criação das instituições de pesquisa no processo de desenvolvimento do meio rural, o que resultou na modernização da agricultura e na inserção do país no cenário internacional como um dos grandes produtores de *commodities*. Contudo, o Brasil não prioriza apenas as culturas de exportação, por isso foi criada uma diversidade de centros de pesquisa em todo o território nacional, que atendem a diversos produtos.

Apesar dessa diversidade, não se sabia ao certo quão próximas essas instituições estavam de suas áreas produtivas. Por isso, verificar, com uma metodologia específica, como está a proximidade entre as áreas produtivas e as instituições de pesquisa agropecuária é uma estratégia importante para melhorar não só a disseminação do conhecimento gerado, como também o planejamento dessas pesquisas, ajudando as instituições a traçar a estratégia mais eficaz para levar seus produtos ao público-alvo, fazendo uso de parcerias e desenvolvendo tecnologias que atendam melhor a sociedade.

Por essa razão, o desenvolvimento de uma metodologia para avaliação espacial de impactos institucionais que abrange diferentes tipos de centros de pesquisa agropecuária foi um passo relevante no sentido de oferecer mecanismos que ajudem a verificar como está se dando essa aproximação do binômio centro de pesquisa – sociedade.

A aplicação da metodologia desenvolvida em três tipos de centros de pesquisa da Embrapa permitiu entender o desempenho desse método em centros que têm missões totalmente distintas, bem como a performance dessas instituições nas suas áreas de atuação. O intuito desse procedimento não foi gerar resultados comparativos das três realidades avaliadas, mas sim

investigar a atuação de tipos diferentes de centros e verificar a maleabilidade da metodologia a distintas realidades, que é o caso das instituições de pesquisa agropecuária, não só no Brasil. Nesse ponto, a metodologia se mostrou acessível e apta a alterações e adequações a diferentes contextos.

Além disso, dependendo da disponibilidade da equipe da instituição, ainda é possível acrescentar outras análises à avaliação do impacto espacial por meio de técnicas de análise espacial de padrões pontuais, que podem ser aplicadas a dados agropecuários fazendo relação com centros de pesquisa. A análise dessa interação permitiu entender que a soja e as instituições de pesquisa sobre o tema possuem uma influência mútua, e é importante ter ciência disso para que em trabalhos futuros essas instituições consigam manter tal proximidade.

Investigar o impacto espacial de instituições de pesquisa agropecuária é uma temática nova na avaliação de impactos, uma vez que as análises mais comumente realizadas priorizam o levantamento de informações econômicas, sociais e ambientais, principalmente devido às dificuldades orçamentárias e à falta de pessoal apto a realizar essa tarefa. No entanto, apesar das dificuldades enfrentadas, vale a pena investir nesse tipo de análise pela riqueza dos resultados gerados e pelas possibilidades de uso desses resultados no planejamento e redirecionamento dos rumos de pesquisas dentro das instituições.

A avaliação de impactos, em qualquer temática, é um processo importante para instituições que precisam demonstrar à sociedade os resultados de suas pesquisas. Portanto, o aprimoramento desse tipo de análise com a inclusão de outros vieses, como é o caso da análise espacial, melhora os resultados da avaliação e abre novas perspectivas para enxergar o papel dessas instituições na sociedade. A metodologia proposta foi o primeiro passo para esse novo olhar sobre os centros de pesquisa agropecuária. Além disso, abre oportunidades para aperfeiçoar essa metodologia e até mesmo, a partir da sugestão de incluir a nova temática espacial no processo de avaliação de impactos, gerar novas metodologias.

Ainda em relação a análise espacial, as possibilidades de investigação envolvendo essa temática e o contexto rural, são inúmeras e o caso da soja mostrou que o exame desses eventos pontuais distribuídos no espaço fornece uma gama de informações importantes para entender a dinâmica desse cultivo no território brasileiro. Além disso, fazer a associação de dois tipos de eventos no espaço, como foi o exemplo apresentado nesse trabalho (produto e instituições de pesquisa), traz novas possibilidades de análise, pois busca entender as relações e a interferência entre eventos pontuais, agregando informação relevante e respaldada em dados concretos, aos estudos sobre o espaço agrário. Portanto, abriu-se um leque de possíveis estudos na geografia envolvendo a análise espacial e o meio rural na tentativa de entender como se dá as relações nesse espaço, como ele se configura e os impactos gerados.