

Censo Agropecuário 2017

Nota técnica 02/2019 Trajetos dos Recenseadores

Considerações Iniciais

As pesquisas censitárias realizadas pelo IBGE mobilizam, periodicamente, milhares de recenseadores em todo o Brasil. A natureza desse tipo de operação requer que todas as unidades recenseáveis sejam visitadas, ao menos uma vez, durante o período previamente estipulado para a coleta de informações em campo, exigindo para isso que sejam percorridos todos os caminhos necessários ao acesso e ao registro dessas unidades, bem como à realização das entrevistas necessárias. Conforme o objetivo da pesquisa, as unidades a serem visitadas podem ser domicílios, estabelecimentos ou ambos.

As dimensões territoriais quase continentais do País, cuja área corresponde a mais de 8,5 milhões de quilômetros quadrados, requerem uma complexa logística para a operacionalização de qualquer pesquisa, o que inclui um grande volume de deslocamentos dos recenseadores às suas áreas de trabalho e dentro delas. Para garantir a qualidade das operações, principalmente em relação ao seu grau de cobertura, o IBGE tem lançado mão de sistemas e aplicações de gerenciamento, supervisão e suporte à operação censitária que utilizam largamente dados obtidos e registrados nos próprios dispositivos móveis de coleta (DMCs) dos recenseadores, de forma explícita ou implícita, durante a coleta no campo.

Os inúmeros avanços dos equipamentos móveis e das aplicações desenvolvidas e utilizadas no Censo Agropecuário 2017 propiciaram a intensificação e a diversificação do uso de funções oferecidas por receptores GNSS (Global Navigation Satellite Systems) integrados ao DMC. A obtenção das coordenadas da localização dos estabelecimentos agropecuários, bem como do registro posicional dos recenseadores, tanto apoiaram o trabalho desenvolvido em campo, quanto permitiram uma supervisão mais eficiente. Sendo assim, diante do desafio de acompanhamento e garantia da qualidade da operação em todo o território, optou-se, pela primeira vez em uma operação censitária, por armazenar coordenadas de forma sistemática a cada pequeno intervalo de tempo durante a coleta, visando apresentar cartograficamente, no Sistema Integrado de Gerenciamento e Controle - SIGC, os trajetos percorridos pelos recenseadores durante o trabalho em cada setor censitário.

Por identificar todos os estabelecimentos agropecuários do País, o Censo Agropecuário 2017 constitui a mais completa investigação estatística e territorial sobre as atividades agropecuária, florestal e aquícola realizadas na última década. Durante o processo de cadastramento de tais estabelecimentos, suporte da realização das respectivas entrevistas, foram coletadas 873.123.188 coordenadas geográficas que representavam vértices dos caminhos seguidos pelos recenseadores. Foram percorridos, durante a coleta de dados, um total de aproximadamente 17,8 milhões de quilômetros (Tabela 1), o que – apenas para se ter a dimensão da magnitude desse valor – corresponde a, aproximadamente, 46 vezes a distância à Lua.

Os trajetos registrados durante a operação tinham como finalidade primordial oferecer um novo instrumento de supervisão da coleta aos agentes censitários supervisores e aos coordenadores da pesquisa, visando contribuir na garantia da cobertura universal dos setores trabalhados pelos recenseadores. Contudo, em face do volume e do grau de dispersão territorial atingido, os trajetos assumiram relevância por si só, apresentando-se como insumo potencialmente útil em trabalhos com variados fins, principalmente em áreas rurais e remotas, nas quais há carência de mapeamentos vetoriais recentes e em grande escala. Nessas regiões, cabe ressaltar, os trajetos podem auxiliar: novas incursões de agentes do IBGE ao campo, tanto no planejamento prévio, como durante a execução da coleta; atualizações de produtos da cartografia sistemática; ou ainda, entre outros procedimentos, trabalhos realizados por órgãos governamentais, empresas ou entidades da sociedade civil que precisam analisar ou orientar possíveis deslocamentos no território.

Obtenção das coordenadas dos trajetos

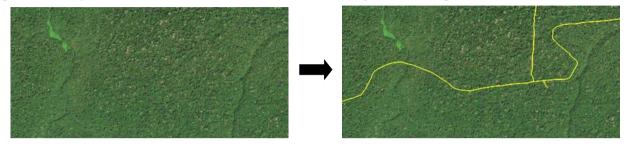
A obtenção das coordenadas dos trajetos foi realizada por meio dos dispositivos móveis que foram utilizados em campo pelos recenseadores. Essa função foi implementada na aplicação da coleta de forma a não dificultar ou requerer tempo adicional do agente, dado que o registro dos estabelecimentos e as entrevistas eram suas tarefas prioritárias. Uma vez iniciada a aplicação, procedia-se à captura de uma coordenada geográfica a cada cinco segundos, por uma funcionalidade implícita e automática. Este procedimento era suspenso somente quando o recenseador estava na seção de preenchimento do formulário da entrevista, pois pressupunha-se não haver deslocamento naquele momento.

Deve-se ressaltar que novas coordenadas eram adicionadas aos trajetos apenas se a nova coordenada do segmento estivesse a uma distância maior que 16 metros da coordenada anterior. Em face da variação da qualidade do sinal captada pelo receptor GNSS e de sua precisão posicional, tal parâmetro foi definido por ser um valor grande o bastante para evitar coordenadas geográficas redundantes, ao se manter uma mesma posição, e, ao mesmo tempo, pequeno o

bastante para não se conectar vértices muito distantes entre si, o que implicaria em uma generalização excessiva da feição linear que representaria o trajeto.

O método de obtenção em campo propiciou, inclusive, que elementos de difícil identificação por imagens ou por outros sensores remotos, mesmo que cobertos por copas de densa vegetação florestal, pudessem ser registrados (Figura 1).

Figura 1 - Trajetos obtidos em áreas de difícil identificação por imageamento remoto



Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017.

Tratamento dos trajetos

Os segmentos de linhas que foram a base para a construção dos trajetos refletiam todos os deslocamentos realizados pelos recenseadores durante o trabalho em cada setor, incluindo os segmentos que representavam, de forma sobreposta, as idas e vindas ao setor ou a qualquer estabelecimento por um mesmo caminho já percorrido. Sendo assim, a fim de que não fossem apresentadas tais redundâncias em suas feições geométricas, um procedimento de simplificação dos dados originais foi planejado e executado sobre as linhas originais. Idealmente, buscava-se manter apenas um segmento de linha para cada grupo de segmentos sobrepostos em um mesmo percurso, o que o converteria em um arranjo topológico mais útil e permitiria sua utilização de forma mais direta em diversas outras aplicações.

O algoritmo de tratamento dos trajetos foi implementado com o intuito de realizar os seguintes procedimentos sobre as coordenadas obtidas em campo:

- Composição dos trajetos originais a partir das coordenadas de seus vértices (Figura 2 [1]), realizando quebras de segmentos em eventuais erros na captura dos dados para evitar a ligação de vértices que apresentassem distâncias maiores que 200 metros (Figura 2 [3]).
- Criação de buffer¹ de 30 metros de distância a qualquer trajeto original (Figura 3 [4]).

Buffer é entendido, no campo da análise espacial, como uma área ou zona criada ao redor de alguma feição geométrica utilizando um parâmetro fixo de distância máxima para definição de seu limite.

- Geração de *triângulos de Delaunay*² internos ao *buffer* a partir da reamostragem dos vértices do contorno do *buffer* a cada 9 metros (processo de densificação) (Figura 3 [5]).
- Identificação de pontos de interseção entre os segmentos dos trajetos originais e as arestas dos *triângulos de Delaunay* (Figura 3 [6]).
- Filtragem dos pontos medianos em cada aresta dentre aqueles identificados como de interseção entre a aresta e os trajetos originais (Figura 4 [7]).
- Geração de segmentos de linha entre os pontos medianos filtrados, cujos triângulos de Delaunay que originaram suas arestas são imediatamente adjacentes, não realizando, contudo, a ligação entre os vértices dos cruzamentos, os quais, conectados, conformariam geometrias triangulares nos cruzamentos (Figura 4 [8-9]).
- Geração de segmentos lineares entre os vértices de chegada nos cruzamentos e um ponto que os conecte. A escolha do ponto de conexão é feita entre os próprios vértices dos virtuais triângulos dos cruzamentos, os pontos médios das arestas desses triângulos e os seus centroides. O ponto de conexão escolhido deve apresentar a menor soma de variação entre os ângulos de chegada dos segmentos de linha adjacentes ao triângulo do cruzamento e o ângulo dos segmentos a serem criados na direção do ponto de conexão (Figura 5 [10-11]);
- Simplificação de vértices por distância, com tolerância de 3,5 metros (Figura 5 [12]).

Levando em conta os requisitos de *hardware* exigidos para o processamento dos dados originais, aliados à decisão sobre a escala desejável à divulgação, optou-se pela execução do algoritmo de forma individualizada para cada recorte municipal. Nesse sentido, consideraram-se válidas para o processamento de um município quaisquer coordenadas obtidas durante a coleta dos seus setores censitários rurais (situações diferentes de 1 e 3) ou dos setores rurais de municípios que fossem adjacentes ao município em processamento.

A consideração de coordenadas obtidas em setores de municípios vizinhos se deve ao fato comum de que, nas regiões de fronteiras municipais, recenseadores se deslocam por caminhos e acessos que estão fora de seu município de trabalho. Considerar tais coordenadas contribui para minimizar problemas de aderência topológica entre trajetos de municípios vizinhos.

Embora os recenseadores possam ter transitado por áreas urbanas, como no Censo Agropecuário essas áreas não foram alvo de varreduras sistemáticas, optou-se por excluir os segmentos dos

Triangulação de Delaunay é um método matemático, comumente aplicado em modelagens geométricas, incluindo modelagem digital de terreno (MDT), que se baseia na geração de triângulos a partir de pontos, e tem como critério principal o de maximização dos ângulos mínimos de cada triângulo, buscando construir triângulos mais próximos possíveis da equilateralidade. Para detalhes sobre sua aplicação em MDTs consultar: FELGUEIRAS, C.A. Modelagem numérica do terreno. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C. & MONTEIRO, A.M.V., eds. Introdução a ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2005. Diponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap7-mnt.pdf. Acesso em: 10 jul. 2019.

trajetos obtidos dentro de setores urbanos a mais de 50 metros de distância do limite da área urbana formada por esses setores.

Ao final, com o intuito de evitar sobreposições entre os dados divulgados, mantendo em cada município apenas segmentos contidos no seu território, as linhas tratadas foram segmentadas com base na malha municipal do Brasil consolidada no final de 2016 e divulgada pelo IBGE em 2017.

Figura 2 - Estágios 1, 2 e 3 do tratamento dos dados originais dos trajetos



Figura 3 - Estágios 4, 5 e 6 do tratamento dos dados originais dos trajetos

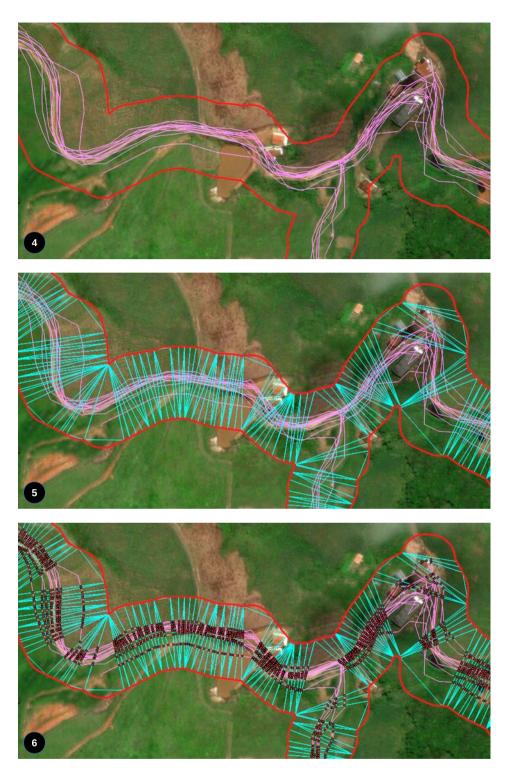


Figura 4 - Estágios 7, 8 e 9 do tratamento dos dados originais dos trajetos

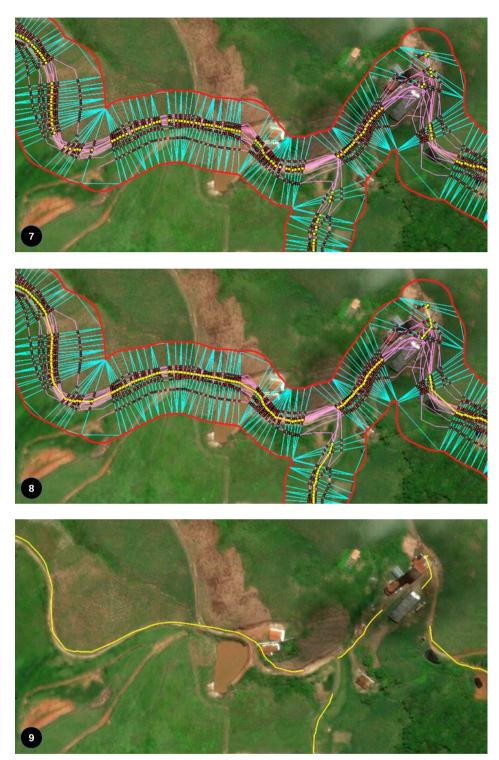


Figura 5 - Estágios 10, 11 e 12 do tratamento dos dados originais dos trajetos



A extensão total de trajetos resultantes do tratamento aplicado, considerando a soma do tamanho dos segmentos na escala municipal, é de aproximadamente 3,6 milhões de quilômetros, o qual reflete uma grande diminuição no total registrado inicialmente e que mantinham as sobreposições. Os estados com maiores comprimentos ao final do processo foram Minas Gerais e Bahia, apresentando aproximadamente 531 e 394 mil quilômetros, respectivamente (Tabela 1).

Áreas com restricões para divulgação

Os trajetos dos recenseadores no interior de Terras Indígenas, Territórios Quilombolas e Unidades

de Conservação de conhecida habitação por povos e comunidades tradicionais (Florestas

Nacionais, Estaduais ou Municipais, Reservas Extrativistas e Reservas de Desenvolvimento

Sustentável), majoritariamente localizados na região da Amazônia Legal, embora registradas

inicialmente, apresentam restrição para sua divulgação, e, por isso, precisaram ser suprimidos dos

segmentos resultantes do procedimento aplicado aos trajetos originais (Tabela 1).

Tal restrição está baseada nos dispositivos legais que orientam o direito de consulta prévia, livre e

esclarecida aos povos e comunidades tradicionais "mediante procedimentos apropriados e,

particularmente, através de suas instituições representativas" sobre processos administrativos que

possam afetá-los, nos termos do Art. 7o da Convenção n. 169 da Organização Internacional do

Trabalho - OIT (International Labour Organization - ILO), promulgada pelo Decreto n. 5.051, de

19.04.2004.

Os procedimentos de acesso, abordagem, coleta e divulgação de dados sobre essas áreas são

mediados por Acordos de Cooperação Técnica entre a Fundação Nacional do Índio - Funai, a

Fundação Cultural Palmares - FCP, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - Incra, e

o IBGE, que vêm trabalhando na observação do direito de consulta às populações envolvidas e no

planejamento das informações a serem divulgadas. Busca-se, com isso, atender à Declaração de

Princípios Compartilhados que Orientam a Gestão da Informação Geoespacial, elaborada pelo

Comitê de Especialistas das Nações Unidas sobre a Gestão Global da Informação Geoespacial

(United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management - UN-GGIM)

relativamente aos princípios relacionados ao respeito às partes interessadas e à confidencialidade

da informação geoespacial³.

Para a definição das áreas restritas para a divulgação dos trajetos, foram utilizados os seguintes

arquivos oficiais, formados por dados vetoriais e multiescalares, e os respectivos procedimentos:

Terras Indígenas

Forma de apresentação: shapefile;

Órgão responsável: Fundação Nacional do Índio - FUNAI;

Descrição: polígonos e pontos das terras indígenas brasileiras, dados produzidos pela

FUNAI com a melhor base oficial disponível;

Sistema de referência: SIRGAS 2000;

Versão: março de 2019;

Para informações mais detalhadas sobre o tema, consultar o documento no endereço:

< https://ww2.ibge.gov.br/home/disseminacao/eventos/missao/principios_orientadores_informacoes_geoespaciais.pdf > .

9

Disponibilização: disponibilizado pela FUNAI ao IBGE por meio de Acordo de Cooperação

Técnica vigente entre as instituições.

Aldeias Indígenas

Forma de apresentação: shapefile;

Órgão responsável: Fundação Nacional do Índio - FUNAI;

Descrição: localização das Aldeias Indígenas presentes no território brasileiro;

Sistema de referência: SIRGAS 2000;

Versão: março de 2019;

Obtenção: disponibilizado pela FUNAI ao IBGE por meio de Acordo de Cooperação Técnica

vigente entre as instituições;

Critério para definição das áreas restritas: foi definido como critério, em parceria com a

FUNAI, o estabelecimento de circunferência de raio equivalente a 1 km a partir dos pontos

das aldeias.

Áreas de Quilombolas

Forma de apresentação: shapefile;

Órgão responsável: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária;

Descrição: Territórios Quilombolas;

Sistema de referência: SIRGAS 2000;

Versão: março de 2019;

Obtenção: disponibilizado pelo INCRA ao IBGE por meio de Acordo de Cooperação Técnica

vigente entre as instituições.

Limites das Unidades de Conservação Federais

Forma de apresentação: shapefile;

Órgão responsável: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Divisão de

Consolidação de Limites;

Descrição: poligonais das Unidades de Conservação Federais, construídas desde a escala

de 1:10.000 até a escala de 1:250.000, de origem diversa, com fonte nos decretos de

criação;

Versão: marco de 2019;

10

Obtenção: obtido pelo IBGE nos termos do Acordo de Cooperação Técnica vigente entre as duas instituições. Desse arquivo, foram utilizados somente os limites das Florestas Nacionais, Reservas Extrativistas e Reservas de Desenvolvimento Sustentável.

• Unidades de Conservação do Brasil

Forma de apresentação: shapefile;

Órgão responsável: Ministério do Meio Ambiente - Departamento de Áreas Protegidas - DAP/SBF/MMA;

Descrição: Unidades de Conservação (UC) do Brasil, que finalizaram o processo de cadastramento no CNUC (Cadastro Nacional de Unidades de Conservação), estando assim de acordo com a legislação do SNUC (lei nº 9.985/2000) em escalas que variam entre 1:5.000 e 1:100.000;

Versão: março de 2019;

Obtenção: obtido pelo IBGE junto ao Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Desse arquivo, foram utilizados os limites das Florestas Estaduais e Municipais e das Reservas Extrativistas e Reservas de Desenvolvimento Sustentável estaduais e municipais.

Tabela 1 - Extensão original, pós-tratamento de sobreposições, percentual suprimido por restrição para divulgação e extensão total de trajetos do Censo Agropecuário 2017 tratados e sem restrições, segundo Unidade da Federação, Região e Brasil.

Unidade da Federação, Região e Brasil	Extensão dos trajetos originais (km)	Extensão dos trajetos pós- tratamento (km)	Proporção dos trajetos pós- tratamento suprimido por restrições legais	Extensão dos trajetos tratados e sem restrições para divulgação (km)
Brasil	17 791 677	3 622 942	1,57%	3 566 161
Norte	2 095 466	584 030	6,37%	546 832
Rondônia	317 616	62 768	2,01%	61 504
Acre	134 863	30 118	13,62%	26 017
Amazonas	262 172	112 154	13,64%	96 858
Roraima	95 247	23 094	28,35%	16 547
Pará	835 273	227 840	3,11%	220 745
Amapá	37 709	12 518	10,78%	1 117
Tocantins	412 586	115 537	1,34%	113 992
Nordeste	5 814 000	1 060 801	0,83%	1 052 018
Maranhão	617 263	144 421	1,89%	141 685
Piauí	599 336	117 332	0,58%	116 651
Ceará	646 602	121 135	0,25%	120 829
Rio Grande do Norte	231 223	45 946	0,16%	45 872
Paraíba	416 847	67 415	0,56%	67 037
Pernambuco	536 706	107 347	1,30%	105 955
Alagoas	206 045	34 541	0,73%	34 290
Sergipe	237 194	28 668	0,82%	28 433
Bahia	2 322 784	393 996	0,69%	391 265
Sudeste	4 480 461	883 131	0,20%	881 338
Minas Gerais	2 606 309	531 014	0,21%	529 916
Espírito Santo	363 409	63 024	0,61%	62 641
Rio de Janeiro	247 432	41 799	0,18%	41 724
São Paulo	1 263 311	247 294	0,10%	247 058
Sul	3 281 221	536 739	0,29%	535 207
Paraná	1 179 123	204 703	0,19%	204 306
Santa Catarina	657 833	105 872	0,47%	105 379
Rio Grande do Sul	1 444 265	226 165	0,28%	225 523
Centro-Oeste	2 120 527	558 241	1,34%	550 765
Mato Grosso do Sul	416 067	112 519	1,63%	110 687
Mato Grosso	777 070	214 472	2,11%	209 951
Goiás	890 009	224 294	0,47%	223 243
Distrito Federal	37 381	6 955	1,03%	6 884

Formato de divulgação

O produto final contendo os Trajetos do Censo Agropecuário 2017 está organizado e disponível em arquivos no formato KML, organizados em 27 pastas, uma para cada Unidade da Federação (UF), e, dentro de cada uma das pastas, um arquivo para cada um dos municípios da respectiva UF. Os nomes de cada arquivo fazem referência tanto ao código quanto ao nome do município, sem acentuação. Como exemplo, tome-se o arquivo dos trajetos do Município de Santo Antônio do Içá, no Estado do Amazonas:

...\13\trajetos 1303700 SANTO ANTONIO DO ICA.kml

A opção pelo formato KML deve-se à maior facilidade do usuário, em geral, para visualizar esse tipo de dado por meio de softwares/navegadores de mapas de ampla difusão, como o Google Earth ou Maps, bem como ao fato de este ser, desde 2008, um padrão internacional reconhecido pelo Open Geospatial Consortium - OGC. O suporte para esse padrão, cabe destacar, é facilmente obtido nos mais importantes Sistemas de Informações Geográficas utilizados por usuários especializados.

Dentre todos os municípios brasileiros, apenas Nilópolis, no Estado do Rio de Janeiro (3303203), e São Caetano do Sul (3548807) e Carapicuíba (3510609), no Estado de São Paulo, não tiveram arquivos KML gerados. Esses municípios, durante toda a coleta do Censo Agropecuário 2017, não registraram nenhum trajeto, e são a razão pela qual são divulgados apenas 5 567 arquivos KML.

Ressalvas e Limitações de Uso

É extremamente importante ressaltar que os vetores dos trajetos divulgados não constituem elementos processados com o rigor exigido em documentos cartográficos como cartas, mapas ou plantas cadastrais. Os trajetos são subprodutos operacionais obtidos com a finalidade de auxiliar a coleta e a supervisão da operação censitária. Dada a natureza do produto, o mesmo pode ser definido, em termos cartográficos, como um conjunto de informações geográficas componentes de croqui operacional, cujo levantamento não obedece rotina técnica requerida em mapeamentos sistemáticos.

Os procedimentos de correção aplicados aos dados originais obtidos em campo, embora tenham alguma convergência com os procedimentos de generalização cartográfica, não tencionam diminuir a escala dos dados originais – tratam-se, apenas, de filtragem e limpeza de dados, haja vista o volume imenso de deslocamentos que, embora se refiram a um mesmo caminho, podem registrar variações posicionais relevantes. O único procedimento de generalização cartográfica *stricto sensu* se refere à simplificação executada como última etapa do tratamento aplicado com o intuito de tornar mais manejável o arquivo final, reduzindo-se o número de vértices das linhas.

Pelo fato das linhas que representam os trajetos estarem disponibilizadas por município, e em virtude da precisão posicional dos vetores dos trajetos e dos próprios limites, o recorte rígido dos trajetos a partir dos contornos municipais cria, comumente, uma segmentação excessiva das feições que representam esses limites. Recomenda-se, por isso, em análises municipais, trabalhar os trajetos do município conjuntamente com parte dos trajetos de municípios vizinhos.

Também em virtude da imprecisão cartográfica dos equipamentos e do sinal GNSS, alguns segmentos dos trajetos, mesmo sem nenhuma incoerência expressa em seus dados registrados, apresentam um deslocamento de sua real localização bastante significativo. Infelizmente, não foi possível filtrar essas distorções, pois, apenas com as informações associadas aos dados originais, não se conseguiu diferenciar, em volume necessário, os caminhos percorridos apenas uma vez pelo recenseador, daqueles dados que apresentavam grande distorção e distanciamento de sua posição real no campo. Assim, dependendo da intenção de uso desse dado, recomenda-se, enfaticamente, proceder a identificação e a eliminação dos segmentos deslocados por meio de imagens ou outras fontes de dados secundárias que confirmem a existência da feição.

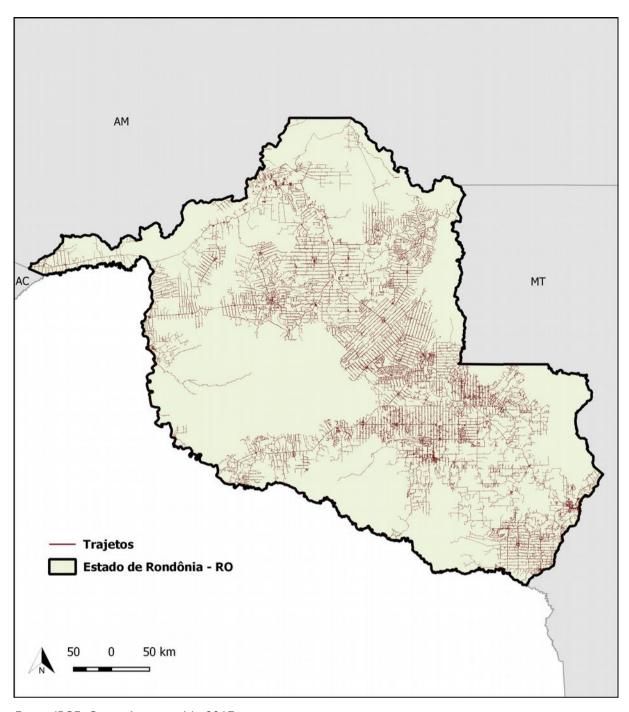
Deve-se deixar claro que as feições divulgadas não apresentam nenhum atributo que as qualifique, quer em relação à qualidade, pavimentação, jurisdição ou a qualquer outro aspecto. Os segmentos, inclusive, podem indistintamente representar caminhos e acessos internos aos estabelecimentos que foram percorridos apenas após contato com seus proprietários.

Visão Geral

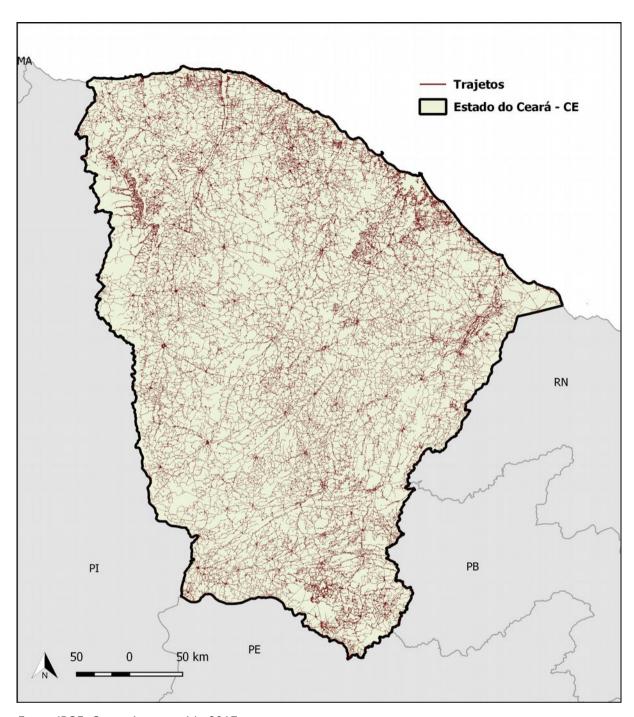
A espacialização dos trajetos apresentada para algumas unidades da federação nos mapas a seguir (Mapas 1, 2, 3, 4 e 5), com efeito ilustrativo dos usos possíveis para os dados publicados, tem o intuito tanto de atestar a grande cobertura territorial associada aos trabalhos de campo, durante a coleta do Censo Agropecuário 2017, quanto, ao mesmo tempo, ressaltar diferenças territoriais importantes que podem ser apreendidas e que decorrem do processo de ocupação e impactam a circulação das pessoas no território.

Consegue-se observar, já nessa escala, áreas com grande densidade territorial de caminhos que facilitam a mobilidade dos agentes de pesquisa em busca dos estabelecimentos agropecuários, em contraste com áreas remotas de ocupação dispersa e escassos eixos para a circulação dos recenseadores durante o trabalho.

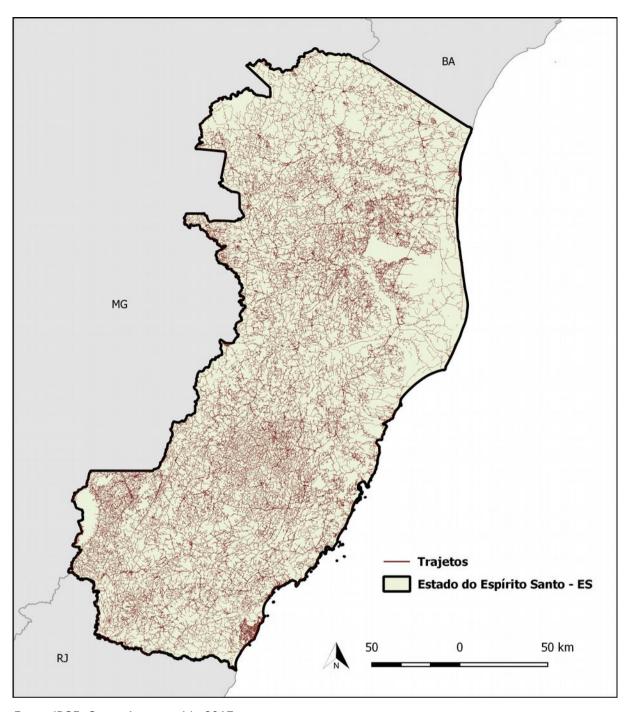
Mapa 1 - Trajetos dos recenseadores durante o período de coleta do Censo Agropecuário 2017 no Estado de Rondônia - RO



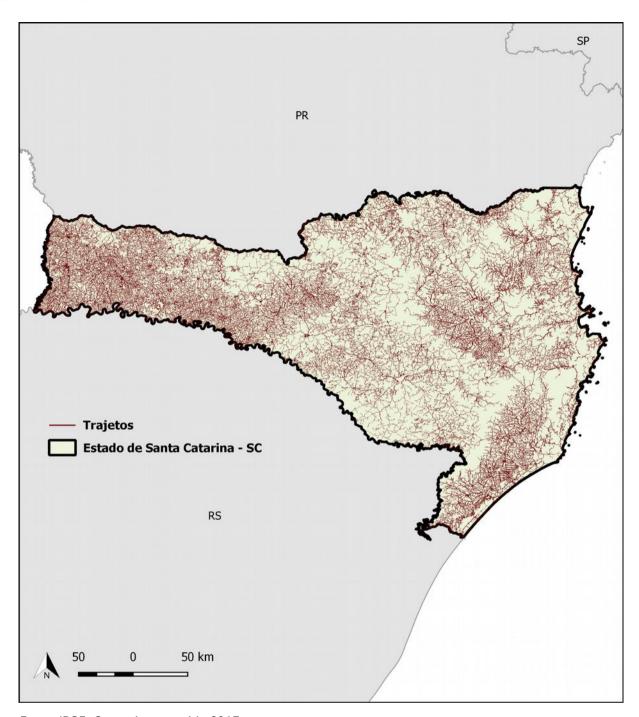
Mapa 2 - Trajetos dos recenseadores durante o período de coleta do Censo Agropecuário 2017 no Estado do Ceará – CE



Mapa 3 - Trajetos dos recenseadores durante o período de coleta do Censo Agropecuário 2017 no Estado do Espírito Santo – ES



Mapa 4 - Trajetos dos recenseadores durante o período de coleta do Censo Agropecuário 2017 no Estado de Santa Catarina - SC



Mapa 5 - Trajetos dos recenseadores durante o período de coleta do Censo Agropecuário 2017 no Estado do Mato Grosso - MT

