



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES E
GESTÃO TERRITORIAL

MARCO AURÉLIO VIRTUOSO

**SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUBSÍDIO AO MONITORAMENTO DE
ATIVIDADES AGRÍCOLAS RELACIONADAS A OPERAÇÕES FINANCEIRAS**

FLORIANÓPOLIS

2019

MARCO AURÉLIO VIRTUOSO

**SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUBSÍDIO AO MONITORAMENTO DE
ATIVIDADES AGRÍCOLAS RELACIONADAS A OPERAÇÕES FINANCEIRAS**

Dissertação submetida ao departamento de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Gestão Territorial.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antônio Oliveira Vieira

FLORIANÓPOLIS

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Virtuoso, Marco Aurélio

Sensoriamento Remoto Como Subsídio ao Monitoramento de
Atividades Agrícolas Relacionadas a Operações Financeiras /
Marco Aurélio Virtuoso ; orientador, Carlos Antônio
Oliveira Vieira, 2019.

103 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes e Gestão Territorial,
Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2.
Cadastro Territorial Multifinalitário . 3. Sensoriamento
Remoto. 4. Sistemas de informações Geográficas. 5. Banco de
Dados Geográficos. I. Vieira, Carlos Antônio Oliveira . II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós
Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão
Territorial. III. Título.

MARCO AURÉLIO VIRTUOSO
SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUBSÍDIO AO MONITORAMENTO DE
ATIVIDADES AGRÍCOLAS RELACIONADAS A OPERAÇÕES FINANCEIRAS

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Everton da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr Clécio de Azevedo
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Daniel Alves de Aguiar
Membro externo
Agrosatélite Geotecnologia Aplicada

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi
julgado adequado para obtenção do título de mestre em engenharia de transportes e
gestão territorial.

Prof. Dr. Norberto Hochheim
Coordenador do Programa

Prof. Dr. Carlos Antônio Oliveira Vieira
Orientador

Florianópolis, 31 de maio de 2019.

Dedico este trabalho a todos(as) os(as) Geógrafos(as) que se aventuram no desafio constante da atuação, transformação e resistência profissional.

AGRADECIMENTOS

Não imaginava que elaborar uma pesquisa a nível de mestrado em conjunto com a jornada de trabalho diária seria tão desafiante. Posso compreender agora não só do privilégio que tive em conseguir finalizar, de forma gratuita, uma pós-graduação no Brasil, mas um pouco das dificuldades de tantos outros brasileiros que se desafiam diariamente em busca de conhecimento e aperfeiçoamento pessoal.

Percebo também o quanto pode ser gratificante colaborar com discussões e estimular reflexões sobre temas variados, principalmente os que conseguem levantar tópicos geográficos.

Muitas pessoas contribuíram para a conclusão deste trabalho, agradeço ao Professor Carlos Vieira, pela sua orientação e paciência assim como todo suporte durante a execução da pesquisa.

Ao departamento do PPGTG/UFSC pelo auxílio administrativo e acadêmico.

A todos os colegas da Agrosatélite pela consideração, em especial a Bernardo Rudorff, Daniel Aguiar, Lívia Crispim, Daniela Prá e Ana Cristina Theisges, pelo apoio diário e por valiosas trocas de conhecimento, principalmente nas atividades cotidianas no ambiente de trabalho.

Aos meus amigos Adriana Berdett, Jéssica Mileski, Maria Eduarda Padilha, Mayra Mattos e Natalia Wiederkehr pelo apoio e por acompanharem as minhas reflexões sobre sonhos e desejos.

Aos amigos mágicos Felipe Pozzatti, Felipe Maestri e Darlan Borges, obrigado pelo companheirismo.

Agradeço também aos professores Everton da Silva, Clécio Azevedo e novamente ao Daniel Aguiar pela disponibilidade e contribuições para avaliação deste trabalho.

“I am well aware of the hardship I will be facing. I am the first to admit I'm remarkably unqualified for such a hazardous undertaking. But this is precisely the point of my journey. I'd like to think an ordinary person is capable of anything¹.”
Robyn Davidson, Tracks 2013

1 “Estou ciente das dificuldades que enfrentarei. Sou o primeiro a admitir que sou notavelmente desqualificado para um projeto tão arriscado. Mas este é precisamente o ponto da minha jornada. Eu prefiro pensar que uma pessoa comum é capaz de qualquer coisa”.

RESUMO

De acordo com a portaria do Banco Central do Brasil, operações que envolvem crédito financeiro subsidiado para custeio de produção agrícola no território brasileiro devem ser submetidas a processos de fiscalização. Dessa forma, a resolução nº 4.427 de 25 de junho de 2015, prevê o uso de ferramentas de geoprocessamento, especificamente o sensoriamento remoto, para auxílio na fiscalização dessas operações. Com este intuito, instituições financeiras que oferecem crédito à produção agrícola podem utilizar, em parceria com instituições executoras privadas, dados de sensoriamento remoto, banco de dados e ferramentas de manipulação de dados geográficos para fins de armazenamento, análise, manutenção e atualização dos dados como forma de auxiliar na fiscalização das operações financeiras. O principal objetivo desta pesquisa é propor uma metodologia que integre dados de sensoriamento remoto e a estrutura do cadastro territorial multifinalitário CTM para apoio no monitoramento da atividade agrícola relacionada a operações financeiras de forma a atender a Resolução do BACEN nº 4.427, de 25 de junho de 2015. A metodologia utilizou programas computacionais livres de licença como PostgreSQL e QGIS, além de imagens dos sensores OLI, ETM (Landsat) e MSI (Sentinel) e teve como exemplo de aplicação de metodologia no monitoramento da safra de soja 2017/18 para cinco imóveis em diferentes regiões do território brasileiro. A elaboração de um banco de dados geográfico forneceu suporte necessário a manipulação de dados para monitoramento da atividade agrícola em operações de crédito e os dados de sensoriamento remoto possibilitaram a observação da dinâmica das culturas agrícolas para atender as especificações da resolução. A utilização de produtos derivados de sensores orbitais, assim como tecnologias que otimizam a análise espacial e de informação geográfica, contribuíram com o atendimento da resolução do 4.427 visto que disponibilizam acesso rápido na coleta de informações em tempo quase real para fiscalização das atividades agrícolas. Observou-se a necessidade de rediscutir os itens contidos na resolução periodicamente, tanto os dados de sensoriamento remoto quanto as políticas públicas estão em constante transformação

Palavras-Chave: Sensoriamento Remoto, crédito agrícola, Sistemas de Informação Geografica, Banco de Dados Geográficos.

ABSTRACT

According to the guideline of the Central Bank of Brazil, operations that involve subsidized financial credit for the cost of agricultural production in the Brazilian territory must be submitted to inspection processes. Therefore, Resolution No. 4,427 accept the use of geoprocessing tools, specifically remote sensing, to assist in the surveillance of such operations. To this end, financial institutions providing credit to agricultural production may use, in partnership with private executing institutions, remote sensing data, database and geographic data manipulation tools for the storage, analysis, maintenance and updating of associated data operations as a way to optimize the spatial relationship of financial operations. The main objective of this research is to propose a methodology that integrates remote sensing data and the structure of the multi-purpose land registry CTM to support the monitoring of agricultural activity related to financial operations in order to comply with BACEN Resolution No. 4,427, dated June 25 of 2015. The methodology utilized license-free software programs such as PostgreSQL and QGIS, as well as images of the OLI, ETM (Landsat) and MSI (Sentinel) sensors and had as a case study the application of a methodology for the monitoring of the 2017/18 soybean crop for five properties in different regions of the Brazilian territory. The development of a geographic database provided the necessary support for data manipulation to monitor credit operations and remote sensing data enabled the observation of the dynamics of agricultural crops to meet the resolution specifications. The use of products derived from orbital sensors, as well as technologies that optimize spatial analysis and geographic information, contributed to the resolution since they provide quick and low cost access to almost real time information collection for inspection of agricultural activities. Remote sensing data and public policies are constantly changing, this indicates the need to re-discuss the items contained in the resolution periodically, making this tool more efficient.

Keywords: Remote Sensing, agricultural credit, Geographic Information System, Geographic Database.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conjunto de materiais utilizados na metodologia.....	37
Figura 2 - Fluxograma metodológico.....	44
Figura 3 - Parte 1 do modelo físico com o esquema 1 - Político administrativo.....	47
Figura 4 - Parte 2 do modelo físico com o esquema 1 - Político administrativo.....	48
Figura 5 - Parte 3 do modelo físico com o esquema 4 - Imóveis e 5 - Apoio.....	49
Figura 6 - Parte 4 do modelo físico com o esquema 2 - LogísticoParte 4 do modelo físico com o esquema 2 – Logístico.....	50
Figura 7 - Parte 5 do modelo físico com o esquema 3 - Base Agrícola e 6 - Público	51
Figura 8 - Análise Regional do imóvel 2919553.0001.000.....	58
Figura 9 -.....	59
Figura 10 - Análise Regional do imóvel 4119608.0003.000.....	60
Figura 11 - Análise Regional do imóvel 4318903.0004.000.....	61
Figura 12 - Análise Regional do imóvel 5107925.0005.000.....	62
Figura 13 - Imagens disponíveis para operação 2919553.0001.000.2017.....	66
Figura 14 - Análise das fases do cultivo no imóvel 2919553.0001.000.....	68
Figura 15 - Imagens disponíveis para operação 3142809.0002.000.2017.....	69
Figura 16 - Análise das fases do cultivo no imóvel 3142809.0002.000- Análise das fases do cultivo no imóvel 3142809.0002.000.....	70
Figura 17 - Imagens disponíveis para operação 4119608.0003.000.2017.....	71
Figura 18 - Análise das fases do cultivo no imóvel 4119608.0003.00.....	73
Figura 19 - Imagens disponíveis para operação 4318903.0004.000.2017.....	74
Figura 20 Análise das fases do cultivo no imóvel 4318903.0004.000.....	76
Figura 21 - Imagens disponíveis para operação 5107925.0005.000.2017.....	77
Figura 22 - Análise das fases do cultivo no imóvel 5107925.0005.000.....	79
Figura 23 - Resolução No 4.427, De 25 De Junho De 2015. BRASIL	95
Figura 24 - Resolução No 4.427, De 25 De Junho De 2015. BRASIL.....	96
Figura 25 - Resolução No 4.427, De 25 De Junho De 2015. BRASIL.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produtividade Regional de culturas de safra de verão (grãos – Soja) (kg/ha).....	35
Tabela 2 - Seleção dos imóveis para os exemplos de aplicação, conforme região de interesse.....	36
Tabela 3 - Codificação e fonte dos dados contidos em BDG.....	53
Tabela 4 - Consolidação Agrícola na área de influência.....	63
Tabela 5 - Imagens Utilizadas.....	65
Tabela 6 - Produção Agrícola Municipal (PAM/IBGE) - 2017/2018.....	81
Tabela 7 - Produção Agrícola Municipal (PAM/IBGE) - 2016/2017.....	81
Tabela 8 - Produtividade reduzida as operações.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres
AOT – Aerosol Optical Thickness
BACEN – Banco Central do Brasil
BOA – Bottom Of Atmosphere
CCIR – Certificado de Cadastro de Imóvel Rural
CMN – Conselho Monetário Nacional
CNIR – Cadastro Nacional de Imóveis Rurais
CTM – Cadastro Territorial Multifinalitário
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes
EEL – Energia Eletromagnética
ESA – European Space Agency
EVI – Enhanced Vegetation Index
FUNAI – Fundação Nacional do Índio
GMES – Global Monitoring for Environment and Security
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
ITR – Imposto sobre a propriedade Territorial Rural
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCR – Manual do Crédito Rural
MSI – Multispectral Instrument
MTE – Ministério do Trabalho
NDVI – Normalized Difference Vegetation Index
OLI – Operational Land Imager
OSI – Open Source Initiative
Sicor – Sistema de Operações do Crédito Rural
Proagro – Programa de Garantia da Atividade Agropecuária
SEAD – Secretaria de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SRC – Sistema de Referência de Coordenadas

TOA – Top Of Atmosphere

UC – Unidade de Conservação

UF – Unidade da Federação

WV – Water Vapour

ZARC - Zoneamento Agrícola de Risco Climático

LISTA DE DIRETRIZES, LEIS, NORMAS E RESOLUÇÕES

Lei nº 4.504, de 30 de Novembro de 1964.

Lei nº 4.595, de 31 de Novembro de 1964.

Lei nº 4.829, de 05 de Novembro de 1965.

Lei nº 167, de 14 de Fevereiro de 1967.

Lei nº 6.015/63, de 31 de Dezembro de 1973.

Lei nº 10.267, de 28 de Agosto de 2001.

Resolução nº 4.427, de 25 de Junho de 2015

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 OBJETIVOS.....	16
1.1.1 Objetivo Geral.....	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	16
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 OPERAÇÕES DE CRÉDITO RURAL E RESOLUÇÃO DO BANCO CENTRAL (BACEN).....	17
2.2 SENSORIAMENTO REMOTO AGRÍCOLA.....	21
2.3 CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO (CTM) E REGISTRO DE IMÓVEIS.....	26
2.4 ANÁLISE ESPACIAL.....	29
3 ANÁLISE DA RESOLUÇÃO 4.427 DE 25 DE JUNHO DE 2015 DO BACEN.....	30
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	35
4.2 MATERIAIS.....	37
4.2.1 Dados de Sensoriamento Remoto.....	38
4.2.2 Sistema Gerenciador de Banco de Dados.....	39
4.2.3 Infraestrutura e Bases de Dados Geográficos.....	40
4.2.4 Programas e aplicativos computacionais.....	41
4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	42
5 ARQUITETURA DO BANCO DE DADOS APLICADO A MANIPULAÇÃO DE DADOS CADASTRAIS E BASE AGRÍCOLA.....	45
5.1 MODELO FÍSICO DO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS.....	45
.....	49
5.2 IDENTIFICADOR DE IMÓVEL.....	51

6	MODELO DE ACOMPANHAMENTO DA OPERAÇÃO DE CRÉDITO.....	56
6.1	ANALISE REGIONAL.....	56
6.2	ANALISE DAS FASES DO CULTIVO.....	63
6.3	ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE E ÍNDICE DE VEGETAÇÃO.....	80
7	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	83
7.1	RELATÓRIO DE MONITORAMENTO.....	84
7.2	MULTIFINALIDADE DO CADASTRO.....	85
8	CONCLUSÕES.....	88
8.1	LIMITAÇÕES E DIFICULDADES.....	88
8.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	89
9	REFERÊNCIAS.....	92
	APÊNDICE.....	95
	95
	97
	ANEXO A.....	98

1 INTRODUÇÃO

O entendimento das diversas atividades humanas desenvolvidas na superfície terrestre são fundamentais devido à necessidade de racionalização do uso e ordenamento do território. Nesse contexto, informações adquiridas a partir de imagens de sensoriamento remoto, obtidas de toda a superfície terrestre em tempo quase real, combinadas ao uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) são de suma importância (CÂMARA *et al.*, 2009).

Entre as diversas atividades humanas responsáveis pelas mudanças do espaço geográfico, a agricultura desempenha um papel fundamental e é uma atividade econômica essencial em países com políticas de desenvolvimento econômico, principalmente em casos em que essa atividade tem grande participação na balança comercial, como o Brasil (PINTO, 2011). O planejamento agrícola requer conhecimento aprofundado do território, pois está diretamente relacionado às características físicas, sociais e econômicas regionais.

O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) permite analisar e sistematizar tais características a nível de propriedade rural, possibilitando conhecer a realidade da propriedade tanto a nível individual quanto institucional. Nesse sentido, Steudler (2014) indica que o CTM é um sistema de registro da propriedade imobiliária, feito de forma geométrica e descritiva, constituindo-se como o veículo mais ágil e completo para a parametrização de modelos de planejamento.

O conjunto de características das propriedades rurais, organizados por meio do CTM, fornece subsídios às instituições financeiras para a tomada de decisão quanto à concessão de crédito rural. Atualmente, a coleta e averiguação de informações acerca das propriedades agrícolas são realizadas em visitas a campo por técnicos designados por tais instituições financeiras. Esses procedimentos, além do elevado custo e da necessidade de desempenho logístico, envolvido no processo de coleta a campo, devido às grandes distâncias entre as propriedades, têm um risco intrínseco a essa atividade.

Com o intuito de oferecer uma alternativa às instituições financeiras, em junho de 2015 o Banco Central do Brasil estabeleceu a Resolução nº 4.427, que autoriza a utilização de Sensoriamento Remoto (SR) para fins de monitoramento e

fiscalização de operações financeiras ligadas à atividade agrícola. Dessa forma, se faz necessário propor metodologias que integrem SR, SIG e CTM a fim de auxiliar a fiscalização e o monitoramento das atividades associadas as operações financeiras ligadas à atividade agrícola nas propriedades rurais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Propor uma metodologia que integre dados do sensoriamento remoto e a estrutura do cadastro territorial multifinalitário CTM para apoio no monitoramento da atividade agrícola relacionada a operações financeiras de forma a atender a Resolução do BACEN nº 4.427, de 25 de junho de 2015.

1.1.2 Objetivos específicos

Identificar os dados cadastrais e de sensoriamento remoto de maior adequação à fiscalização e ao monitoramento da atividade agrícola em propriedades rurais, considerando todas as particularidades regionais;

Realizar exemplo de aplicação para propriedades rurais com diferentes características fundiárias a fim avaliar a viabilidade da difusão da metodologia proposta.

Propor instrumentos técnicos computacionais que otimizem a análise espacial, provendo medidas de registro e documentação para continuidade da aplicação e aperfeiçoamento da metodologia.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho é composto por quatro partes, iniciando com o capítulo 2 que levanta alguns itens na revisão de literatura e da legislação existente para finalidade

de cadastro, SR e políticas de crédito para o setor agrícola brasileiro. Estes itens dão subsídio à metodologia e para os exemplos de aplicação.

Em seguida, nos capítulos 3 e 4, é apresentado a análise da resolução nº 4.427 de 2015, para esclarecer e destacar pontos específicos, buscando levantar itens da resolução que estão relacionados com outras políticas jurídicas e administrativas nacionais e os materiais utilizados seguidos do processo metodológico.

Nos capítulos 5 e 6 são apresentados os resultados da pesquisa onde será possível verificar a arquitetura e elaboração do banco de dados aplicado com o modelo físico e os relatórios de monitoramento para os imóveis reservados aos exemplos de aplicação, adotados para atender as especificações da resolução 4.427.

A parte final é reservada aos capítulo 7 e 8, dialogando com os objetivos propostos finalizam a pesquisa indicando também as limitações na execução e as recomendações para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 OPERAÇÕES DE CRÉDITO RURAL E RESOLUÇÃO DO BANCO CENTRAL (BACEN)

Para compreender as operações de crédito rural da atualidade é imprescindível recorrer aos instrumentos jurídicos que forneceram suporte à institucionalização do Crédito Rural para o desenvolvimento da atividade agrícola e agropecuária no Brasil. A institucionalização da Lei do Crédito Rural nº 4.829, de 5 de novembro de 1965. é um importante instrumento de incentivo à produção, ao investimento e à comercialização da agricultura brasileira, conseqüentemente um vetor de dinamização da economia nacional (CALDEIRA E SILVANA, 2011). A elaboração desta lei havia sido prevista no Estatuto da Terra (Lei nº 4.504, de 3 de novembro de 1964 em art. 73, inc. VI – assistência financeira e creditícia), assim como prevista na Lei no 4.595, de 31 de novembro de 1964, esta última se trata da Lei da Reforma Bancária responsável pela criação do Banco Central da República,

órgão responsável por supervisionar todas as operações de crédito, inclusive o rural (MARQUES, 2007).

A articulação jurídica envolvendo as operações bancárias que visam fornecer recursos financeiros à atividade agrícola no Brasil são orientadas pelo Manual de Crédito Rural (MCR), que indica tanto as normas já aprovadas pelo conselho monetário Nacional (CMN) quanto as divulgadas pelo Banco Central do Brasil relativas ao crédito rural. Desta forma tanto o Conselho Monetário Nacional como o Banco Central do Brasil, além de supervisionarem as operações de crédito, tornam-se importantes gestores no que diz respeito à articulação das ferramentas e instrumentos para estimular, aplicar e fiscalizar as operações de crédito rural.

O processo de financiamento da atividade rural, principalmente dos recursos de crédito subsidiado pelo governo federal possuem elevada complexidade, visto a dinâmica de implementação e articulação com as entidades de repasse financeiro, os bancos. Desta forma o presente trabalho não se propõe a aprofundar à dinâmica do crédito quanto aos custos e na efetividade da aplicação do financiamento como operação monetária e de lucros. Para tanto o capítulo 2 do MCR fornece aspectos básicos que são utilizados para implementação da resolução nº 4.427, de 25 de Junho de 2015 do BACEN, objeto de estudo desta pesquisa. A dinâmica de financiamento é entendida no discurso deste trabalho como vetor de impulso para utilização de ferramentas técnicas que auxiliam parte do processo, o voltado a monitoramento do vetor de risco e da utilização do crédito aprovado e disponibilizado ao produtor.

A Resolução nº 4.427, de 25 de Junho de 2015 elaborada pelo Banco Central brasileiro, surge em um cenário de adequação às tecnologias disponíveis atualmente e estabelece uma ferramenta de fiscalização a muito tempo requisitada por instituições financeiras e de pesquisa. Esta resolução autoriza a utilização do sensoriamento remoto para o monitoramento e a fiscalização de operações financeiras para atividade rural, determinando o registro das coordenadas geodésicas do empreendimento financiado.

As principais condições e obrigações referentes à utilização de SR descritas na resolução, que norteiam a realização da fiscalização, são: i) a obtenção da localização da propriedade rural; ii) a definição das condições da sequência de

imagens para fiscalização por sensoriamento remoto; iii) as imagens de SR utilizadas devem possuir no máximo até 10% de nuvens na área do empreendimento; iv) o resultado da fiscalização por SR deve ser consignado por laudo específico. Entre as condições e obrigações, destaque também para o item ii, que define que a resolução espacial das imagens deve ser inferior a 30 m, com qualidade suficiente para quantificar a área plantada com erro máximo de 10% e identificar a cultura, avaliando o desenvolvimento vegetativo em cada fase do cultivo (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2015).

A resolução ainda estabelece as orientações para a elaboração do laudo final de monitoramento do empreendimento, o qual deve ser assinado pelos responsáveis pela análise, interpretação e conclusões, com a instituição financeira concedente do crédito agrícola. Desta forma a articulação de fiscalização e monitoramento deve ser organizada em três relatórios para determinado imóvel, um no início da safra, que é identificado como a época do custeio, outro para o período de desenvolvimento da cultura e ao fim do ciclo produtivo, antecedendo o processo de colheita.

A validação das análises é indicada pela resolução com obrigatoriedade da visita a campo em 10% das propriedades fiscalizadas por técnicos que não participaram da etapa de monitoramento remoto, a fim de tornar a validação independente. Ao banco central fica inclusive a possibilidade de exigir dados adicionais sobre as propriedades a qualquer momento em que houver dúvidas, principalmente em casos de desastres naturais, eventos climáticos fora da normalidade ou questões logísticas para disponibilização de insumos, armazenamento da produção agrícola tanto no escoamento/transporte da produção quanto em questões de acesso ou registro da propriedade. As dúvidas podem ser motivadas por inconsistências entre etapas de validação em campo (amostragem).

A estimativa da produtividade para a safra vigente é um dos dados de maior complexidade e requer modelos de previsão de produtividade que envolvem parâmetros do clima, cultura, solo e sistema de manejo além de predições baseadas em histórico de cultivo. Atualmente a CONAB disponibiliza observação de produtividade, contudo, são dados cuja origem se baseia majoritariamente em observação empírica.

O beneficiado do crédito, usuário, fica impossibilitado de providenciar a fiscalização para o crédito adquirido via ferramentas de sensoriamento remoto, pode utilizar esta ferramenta somente para processos próprios, decorrentes de administração local. Já cooperativas de crédito e instituições financeiras podem sim utilizar este meio para processos próprios de monitoramento, que não envolvem operações de crédito.

Cada operação de crédito rural é identificada, obrigatoriamente, no ato do cadastramento, por um número Ref Bacen (campo 3) gerado e informado, automaticamente, pelo Sistema de Operações do Crédito Rural (SICOR)

Destaca-se que a resolução específica em conformidade com o Art. 1º Os itens 2, 3 e 4 da Seção 1 (Disposições Gerais e normas) do Manual de Crédito Rural (MCR), o capítulo 2 (Condições Básicas) onde as coordenadas geodésicas da área financiada, devem ser registradas no Sicor e do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro). Portanto é um item cadastral de relação indicado na resolução, onde o Ref Bacen tem caráter definitivo durante toda a vida útil da operação e no período subsequente, enquanto permanecer cadastrada no Sicor.

É previsto em políticas como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) a partir da Declaração de apoio, ter acesso a 15 políticas públicas, entre elas o crédito rural subsidiado. E também por meio da Secretaria de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário (SEAD), onde existem 4,8 milhões de famílias atendidas pelo programa. Esse documento pode ser emitido para pessoa física, jurídica e para públicos específicos da agricultura familiar, como jovens, mulheres, extrativistas, indígenas, quilombolas e pescadores artesanais.

O Sicor e o Proagro são instrumentos de cadastramento para operação de crédito junto ao BACEN, que são alimentados pelas instituições financeiras que concedem o crédito rural e/ou operação e o Proagro, na qualidade de agente desse programa, definido no MCR 16-1. São admitidos o cadastramento de operação no Sicor por instituição financeira diferente daquela que concedeu o crédito, quando houver autorização específica ou previsão normativa. Nesse caso, é obrigatório o fornecimento de CNPJ das instituições envolvidas, que passam a ser assim identificadas:

a) cadastrante: “Instituição Responsável”;

b) concedente do crédito: “Instituição Participante”.e tem por finalidade oferecer classificação que permita o conhecimento de cenários representados por conjuntos de financiamentos rurais, em determinado momento da vida útil dessas operações.

Esta pesquisa não utilizará informações previstas de cadastramento no sicor para vincular especificações da metodologia, principalmente as previstas na resolução n° 4.427 visto que o acesso a ao sicor é restrito.

2.2 SENSORIAMENTO REMOTO AGRÍCOLA

Para Novo (2010) sensoriamento remoto é um conjunto de sensores, equipamentos de processamento e transmissão de dados utilizados no estudo do ambiente terrestre por meio da análise das interações entre a radiação eletromagnética e os objetos presentes na superfície do planeta. Neste sentido Mather (1987) destaca que o SR é a ciência capaz de analisar e manipular (a partir de medições e registros) a energia eletromagnética refletida e/ou emitida por um alvo na superfície terrestre sem que seja estabelecido o contato físico com este objeto. Desta forma compreende-se as diferenças conceituais, contudo, adota-se como ponto central o conceito de SR como análise do comportamento da energia eletromagnética na interação com objetos na superfície terrestre.

Segundo Rizzi; Rudorff; Shimabukuro (2007) o Brasil foi um dos pioneiros a utilizar SR orbital ainda na década de 1970 para conhecimento e levantamento das particularidades de ocupação do território nacional. No decorrer destes anos, inúmeras pesquisas foram realizadas apresentando exemplos de aplicações do SR na agricultura, principalmente para a previsão de produtividade de safra na estimativa de área plantada

O comportamento fenológico de culturas agrícolas é descrito por Formaggio & Sanches (2017) como um dos elementos indispensáveis para aquisição de informações relativas à dinâmica agrícola utilizando SR, principalmente por proporcionar a observação, a partir do registro de índices de desenvolvimento vegetativo, da dinâmica temporal nos processos de cultivo.

Como exemplos da abrangência de aplicações do sensoriamento remoto em culturas agrícolas Aguiar et al., (2009) monitoraram a colheita de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo a partir de imagens do sensor TM a bordo do satélite Landsat 5. A estimativa da área de cana colhida com e sem a prática da queima, demonstrou eficácia na aplicação de dados de SR para o cumprimento de metas ambientais assumidas entre o setor produtivo, o governo estadual e a sociedade civil.

A identificação da mudança de uso e cobertura da terra a partir da utilização de dados de sensoriamento remoto foi apontada por Adami et al. (2012) como uma alternativa para avaliar as mudanças decorrentes da expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Centro-Sul brasileiro. Foram utilizadas séries temporais de imagens dos sensores Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), a bordo dos satélites Terra e Aqua; Thematic Mapper (TM) e Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), dos satélites Landsat 5 e 7, respectivamente; e High Resolution CCD Camera (CCD), do satélite CBERS, a fim de identificar a conversão de culturas anuais, citros, pastagem e floresta para o cultivo de cana-de-açúcar. Os resultados demonstraram que a expansão do cultivo de cana-de-açúcar ocorreu majoritariamente em áreas de pastagem, sendo as áreas de remanescente de vegetação nativa as que menos sofreram conversão. (ADAMI *et al.*, 2012)

Avançando além da estimativa de área, Rizzi; Rudorff; Shimabukuro; (2007) estimaram a produtividade de soja no Estado do Rio Grande do Sul para as safras 2000/01 até 2002/03. Foram utilizadas imagens dos sensores MODIS/Terra e TM 5/Landsat para gerar o Índice de Área Foliar (IAF), input em um modelo agrometeorológico espectral a partir do qual pôde-se calcular a produtividade de soja. Concluíram que a informação espectral foi fundamental para a estimativa de produtividade e, principalmente, para a espacialização dessa estimativa, destacando as regiões com maiores perdas devido às variações meteorológicas.

A ocorrência de eventos climáticos que geram prejuízos para a produção agrícola foi tema de pesquisa em trabalho publicado por Rudorff et al. (2012). O trabalho teve como objetivo identificar a dimensão dos danos causados na produção de cana-de-açúcar, devido à ocorrência de geada no estado de São Paulo no ano de 2011. Foram utilizados dados do sensor MODIS, imagens Landsat e dados do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), além de uma pesquisa a campo para

validação dos resultados encontrados. Os resultados obtidos mostraram que o monitoramento com imagens de satélite permitem observar ocorrências que impactam na produtividade da cultura.

Outras aplicações de sensoriamento remoto na agricultura que podem ser destacadas são; i) mapeamento e monitoramento do uso e cobertura da terra; ii) identificação de culturas; iii) estimativa de produtividade no decorrer da safra e a área de cultivo; iv) monitoramento das condições agrícolas e de riscos climáticos (FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

A utilização de sensores orbitais favorece o monitoramento de culturas agrícolas devido à duas características principais, a resolução temporal que possibilita à análise multitemporal e a resolução espectral das bandas no acompanhamento da dinâmica de um alvo em específico, conforme sua interação com a energia eletromagnética .

As imagens do Sensor MSI da missão SENTINEL 2A e 2B do programa espacial europeu COPERNICUS são disponibilizadas gratuitamente, estes sensores constituem uma missão imageadora multispectral do Programa GMES (Global Monitoring for Environment and Security) administrada pela Comunidade Europeia em conjunto com a ESA, para observação da Terra. Entre os objetivos da missão destaca-se a coleta de dados sobre a vegetação, solos e umidade, recursos hídricos e áreas costeiras, assim como dados para correção atmosférica (absorção e distorção) em alta resolução (10 m). Os dados disponibilizados pela coleção 2A/B destacam-se pela alta capacidade de revisita (5 dias em constelação), para garantir a continuidade dos dados fornecidos pelo SPOT 5 e Landsat 8. O nível 2 possui correção atmosférica aplicada em produtos de ortoimagem Nível-1C do topo da atmosfera (TOA). O resultado principal de nível 2A/2B é um produto com reflectância na superfície corrigida de parte inferior da atmosfera (BOA) em ortoimagem. Os produtos de imagem de saída do nível 2A/2B são então reamostrados e gerados com uma resolução espacial igual para todas as bandas do subgrupo de comportamento espectral (10m, 20m ou 60m). Um produto de resolução de 10 m contém as bandas espectrais 2, 3, 4 e 8 e um mapa TOA remodelado de 20 m. Um produto de 20 m contém bandas 2 a 7, as bandas 8A, 11 e 12 e um mapa AOT e WV. Um produto de 60 m contém todos os componentes do produto de 20 m e,

adicionalmente, as bandas de 1 e 9 de 60 m. A banda de cirros 10 será omitida, pois não contém informações de superfície (ESA, 2015).

A órbita da missão SENTINEL-2 é síncrona com o sol. As órbitas síncronas com o sol garantem que o ângulo de luz solar sobre a superfície da Terra seja consistentemente mantido. Além das pequenas variações sazonais, a ancoragem da órbita dos satélites ao ângulo do sol minimiza o impacto potencial das sombras em níveis de iluminação no solo. Garantindo desta forma consistência ao longo do tempo possibilitando a avaliação de dados de séries temporais.

SENTINEL-2A e SENTINEL-2B ocupam a mesma órbita, mas separados por 180 graus conferindo 5 dias de revisita em constelação resolução temporal favorável para disponibilização de imagens ao longo da safra de 120 dias (~6 imagens/mês). A altitude orbital média é de 786 km. A inclinação da órbita é de 98,62° e o Tempo Solar Local Médio (MLST) no descendente é 10:30 (am). Este valor de MLST foi escolhido como um compromisso entre um nível adequado de iluminação solar e a minimização da cobertura potencial da nuvem. O valor MLST é próximo ao tempo de passagem local de LANDSAT e quase idêntico ao do SPOT-5, permitindo a integração de dados SENTINEL-2 com missões existentes e históricas e contribuindo para a coleta de dados de séries temporais de longo prazo.

A respeito dos índices indicadores de crescimento vegetativo, indicadores do comportamento fenológico das culturas agrícolas, importante dado derivado de imagens de satélite. Pode ser calculado a partir das bandas 2 (RED), 4 (BLUE) e 8 (NIR) do SENTINEL 2, resultando em um índice de vegetação com escala de 10m.

O índice de vegetação melhorado (EVI) foi desenvolvido para otimizar o sinal da vegetação, melhorando a sensibilidade em regiões com maior densidade de fitobiomassa e reduzindo assim as influências atmosféricas. O EVI é calculado através da seguinte Equação (1):

$$EVI = G \left\{ \frac{(NIR - Red)}{(NIR + C1(Red - C2(Blue + L)))} \right\} \quad (1)$$

Onde:

G = Fator de Ganho;

NIR = reflectância no infravermelho próximo;

Red = reflectância no vermelho;

Blue = reflectância no azul;

C1 e C2 = coeficientes para ajuste das resistências dos efeitos dos aerossóis da atmosfera para banda do vermelho e azul;

L = é o fator de ajuste para o solo.

A utilização dos dados de sensoriamento remoto possibilita o levantamento de indicadores de desenvolvimento agrícola que aliados a interpretação visual das imagens por chave de interpretação são importantes ferramentas para o levantamento de indicadores do ciclo de desenvolvimento de culturas (FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

Observa-se, portanto, que existem várias possibilidades de aplicação de dados de sensoriamento remoto para o monitoramento e gerenciamento da atividade agrícola, que vão ao encontro de que estabelece a Resolução nº 4.427, conforme destacado em item 2:

Considera-se sensoriamento remoto o conjunto de atividades relacionadas à aquisição e à análise de dados de sistemas fotográficos, óptico-eletrônicos ou de radar, capazes de detectar e registrar, sob a forma de imagens, o fluxo de radiação eletromagnética refletida ou emitida por objetos distantes.

E relacionados aos itens 4-c, onde o SR pode auxiliar na identificação do:

- I - desenvolvimento vegetativo inicial ou, para culturas permanentes, obtenção de imagem em data apropriada para fins de fiscalização prévia;
- II - desenvolvimento vegetativo pleno;
- III - estágio final de maturação.

2.3 CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO (CTM) E REGISTRO DE IMÓVEIS

Ao longo da pesquisa bibliográfica envolvendo o levantamento de informações sobre Cadastro Multifinalitário foi possível identificar inicialmente a necessidade de distinção entre os termos relacionados ao Cadastro Técnico e Cadastro Territorial, utilizado frequentemente na literatura, gerando certa contradição como se ambos se tratassem de um mesmo assunto. Contudo verificou-se que se tratam de questões relacionadas entretanto não são análogas.

O Cadastro Territorial é referente ao armazenamento de parcelas de imóveis rurais e urbanos, tanto de forma descritiva quanto na forma cartográfica como uma porção do território. Um sistema cadastral baseado no Cadastro Territorial é um Sistema de Informação Territorial (SIT), que contém as informações das parcelas territoriais relacionadas com o uso e a ocupação do solo, sendo utilizado para fornecer e localizar informações sobre sua posse (direito de propriedade), seu valor (preço no mercado), uso e a ocupação do solo existente na parcela (AMORIM; PELEGRINA; JULIÃO, 2018).

Já o Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) trata do registro de dados e informações que podem ser referentes às parcelas (Cadastro territorial), mas também a outros componentes, tais como cadastros de redes de serviços ligadas às parcelas, que ocupam um território, mas não representam parcelas territoriais, ou mesmo o cadastro de proprietários em um sistema de cobrança (AMORIM; PELEGRINA; JULIÃO, 2018).

Para Bonilla (2012), o CTM constitui-se como uma descrição territorial, englobando aspectos físicos, geométricos, jurídicos e econômicos sistematizados em uma base de dados, a qual deve estar disponível para qualquer instituição ou usuário, ressaltando seu caráter multifinalitário. Percebe-se que, embora seja indicado o conceito como Técnico ele se refere primordialmente ao cadastro em seu componente Territorial.

Dentre as várias aplicações do CTM no âmbito rural Loch e Erba (2007) afirmam que o CTM se torna um excelente instrumento de política agrária, combinado a legislação (cadastro jurídico), fornecendo informações sobre a quantidade de imóveis, suas dimensões, valor da terra, grau de utilização e eficiência de sua exploração. Desta forma entende-se que o valor da terra, contribui ao conceito técnico na multifinalidade pois possui variáveis de cadastro econômico.

Reydon e Oliveira (2012) discutem a utilização do CTM pelas prefeituras dos municípios com o intuito de fiscalizar o Imposto Territorial Rural (ITR). Desta forma a fiscalização e arrecadação do ITR seja descentralizada para os municípios, pois estes teriam maior facilidade de realizar a fiscalização e atualização das informações em relação à estrutura agrária da região, apoiados pelo CTM.

Nesse sentido, o CTM quando combinado ao sensoriamento Remoto seriam aliados em um sistema de agregação de informações, auxiliando no atendimento a Resolução 4.427, tanto no fornecimento quando sistematizando dados atuais sobre a condição da atividade agrícola e produtiva do imóvel, cabe destacar também a importância do cadastro para levantar informações sobre a situação fundiária atualizada da propriedade rural.

A lei 10.267/01 trouxe avanço importante ao cadastro técnico brasileiro, principalmente por garantir a unicidade e a consistência aos títulos de registro de imóveis. Segundo Shigunov (2005) a lei 10.267/01, visa a implementação do Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR), além de prever a integração de informações entre este Cadastro e o Registro de Imóveis. Os avanços desta lei estão na promoção de propostas de alterações na determinação e identificação dos imóveis, onde podem ser destacadas como aspectos relevantes da integração do cadastro e registro em áreas rurais e urbanas:

1. Os registros de imóveis rurais, além de código único do imóvel e dos dados constantes do Certificado de Cadastro de Imóveis Rurais (CCIR) emitido pelo INCRA, da denominação e de suas características, confrontações e a localização e área. Para imóveis em zoneamento urbano, de suas características e confrontações, localizações, área, logradouro, número e de sua designação cadastral, se houver.

2. A elaboração e a constante atualização de um cadastro das propriedades rurais que pode auxiliar as esferas da administração pública na distribuição de recursos para equipamentos logísticos como rodovias de acesso e rede de abastecimento de recursos (hídricos, saneamento e elétrico) e na efetiva arrecadação de impostos, permitindo um desenvolvimento uniforme no espaço. Contudo, além da elaboração do CNIR é tão importante quanto a constante atualização dos dados coletados a fim de evitar que tempo e recursos sejam desperdiçados. É possível destacar neste sentido, a necessidade do georreferenciamento onde o memorial descritivo deve conter vértices que definam o limite do imóvel e da necessidade de profissional habilitado, prova do CCIR com quitação do ITR.

Para implantação do cadastro técnico multifinalitário são importantes considerar alguns pontos técnicos, econômicos e jurídicos que segundo Loch e Erba

(2007) o cadastro técnico multifinalitário integra variáveis que caracterizam o uso e ocupação da parcela e dos indivíduos que a utilizam, desta forma é imprescindível que o cadastro possa fornecer maior número possível de produtos, com objetivo de beneficiar maior número de usuários. Portanto, entende-se que ao estruturar o cadastro técnico a integração com diferentes setores públicos e privados ocorre a potencialização da multiplicidade de uso do cadastro.

Desta forma os aspectos econômicos do cadastro, associados às variáveis que determinam o valor da parcela e dados utilizados para bases com fins tributários, requerem utilização de bases de dados associados às plantas de valores ampliadas com auxílio também a bases de dados topográficas, geodésicas e fotogramétricas, e registro cartográfico associado aos documentos (cadastro jurídico) da matrícula do imóvel.

Os aspectos físicos que devem ser considerados em cadastro técnico são associados principalmente à localização e dimensões de cada parcela do imóvel, para tanto é imprescindível que estas parcelas possuem código identificador com o registro de imóveis. Em municípios que implementam SIG ou webgis as benfeitorias e parcelas podem receber códigos diferentes contudo relacionáveis.

O cadastro Jurídico de um imóvel, que determina a relação pessoa parcela, por vezes denominado de cadastro legal, é composto basicamente pelos dados de registro da parcela do imóvel contidos no documento de matrícula e pelo título da propriedade. A conexão entre os dados físicos e jurídicos ocorre via nomenclatura cadastral da inscrição, número da matrícula do imóvel. Embora este procedimento ainda não esteja padronizado nacionalmente na prática, o cadastro jurídico deve descrever na sua base alfanumérica e também representar na base cartográfica as restrições da propriedade, como eventuais processos de desmembramento ou retificação (LOCH e ERBA, 2007).

2.4 ANÁLISE ESPACIAL

Embora a pesquisa esteja centrada em uma resolução com caráter de política de fiscalização. Torna-se necessário para melhor compreensão das

influências desta resolução no território nacional a análise dos dados cadastrais e espaciais.

Por estarem sujeitos a influência de fenômenos distintos e espacialmente distribuídos a análise espacial busca elucidar as influências das particularidades regionais nas características dos dados e atributos agregados, portanto a análise dos dados pelo viés espacial leva em consideração as possíveis variações de um mesmo dados conforme sua distribuição na superfície terrestre (CÂMARA *et al.*, 2009).

Na literatura existem várias definições de SIG, sendo que todas destacam a multifuncionalidade desta tecnologia. A definição na qual se ampara este projeto é a proposta por Câmara *et al.*, (2001) os quais definem SIG como o termo aplicado para sistemas que realizam a manipulação e o tratamento computacional de dados geográficos a partir do armazenamento da geometria vinculada a um sistema de referência cartográfica e de atributos associados, conferindo a estes dados georreferenciamento, isto é, localizados na superfície terrestre e representados por uma projeção cartográfica.

Longley *et al.* (2013) afirmam que SIG é essencial para soluções de problemas do mundo real, pois é um sistema que possibilita mapear, medir, dimensionar, monitorar, modelar e gerenciar dados geográficos, no âmbito de diversas questões com destaque para as socioeconômicas, ambientais e logística.

Dessa forma, programas que possibilitam a manipulação de dados espaciais possibilitando análise espacial são suportes indispensáveis para a fiscalização e o monitoramento de operações financeiras da atividade agrícola, já que a Resolução nº 4.427 estabelece que os dados das propriedades rurais precisam ser georreferenciados. O QGIS é uma ferramenta amparada pela Open Source Initiative (OSI) e disponibiliza além dos recursos básicos para renderização e edição de dados vetoriais tecnologia para análise espacial em SIG. Fornece também a integração com bibliotecas externas como GDAL, OGR, NumPy, SciPy, Matplotlib, GRASS e Orfeo ToolBox (OTB) necessárias na manipulação e processamento de dados matriciais (RASTER).

A manutenção de dados em SIG é atualmente combinada a tecnologia de Sistemas Gerenciadores de Banco de dados (SGBD) que armazenam os dados em

um diretório único otimizando relações entre os dados, visto que a utilização de banco de dados relacionais são estruturados e indexados para fornecerem consultas eficientes melhorando então a performance de utilização e a cesso aos dados.

Para atender ao objetivo deste trabalho foram utilizados os dados vetoriais que envolvem as bases político administrativas oficiais no território nacional, dados de apoio logístico, dados alfanuméricos que indicam produtividade regional de culturas e informações de apoio cadastral, principalmente os dados relativos as propriedades utilizadas nos exemplos de aplicação.

3 ANÁLISE DA RESOLUÇÃO 4.427 DE 25 DE JUNHO DE 2015 DO BACEN

O Banco Central do Brasil, a partir de suas atribuições jurídicas referenciadas principalmente nas leis nº 4.595, de 31 de dezembro de 1964, Lei nº 4.595, de 1964 e da Lei nº 4.829, de 5 de novembro de 1965 que o conferem poder institucional para implementar, incentivar e estimular políticas de gestão de crédito com objetivo de promover o desenvolvimento da atividade agrícola no território brasileiro determinam também alguns pontos importantes que são considerados na utilização de sensoriamento remoto como ferramenta para fins de fiscalização do crédito rural.

Especificamente a Lei nº 4.829 em Art. 10º inciso III, destaca como exigência da disponibilização e usufruto do crédito subsidiado a existência de processos envolvendo fiscalização pelo financiador da efetivação da prática agrícola na safra em operação.

Como agente de controle em operações de crédito, para fins de custeio das atividades agrícolas, entende-se como indispensável resoluções normativas para regulamentação das ferramentas utilizadas neste processo, que envolvem principalmente o recurso financeiro subsidiado pela governança pública nesta atividade, como forma de transparência institucional.

A resolução 4.427 de 25 de junho de 2015, além de possuir detalhamento e especificações do uso do sensoriamento remoto, como componente técnico específico, entendido como uma ferramenta para monitoramento e fiscalização das operações de crédito, pode também ser compreendida como um auxílio na gestão

territorial no Brasil. Neste aspecto se destacando como influenciador na aplicabilidade de políticas para gestão territorial e cadastral.

Relativo a análise da aplicabilidade da resolução em execução técnica pode-se considerar que a resolução não específica, a caráter de execução, detalhes relativos ao profissional responsável para execução do monitoramento e da fiscalização dos processos que envolvem a operação de crédito via sensoriamento remoto. Contudo o relatório deve ser assinado pelos profissionais responsáveis pela análise, interpretação e elaboração das conclusões e por representante da instituição financeira concedente de crédito. Profissionais que possuam competências na análise espacial, dos processos que envolvem o ciclo do desenvolvimento de culturas agrícolas e da manipulação tanto de dados espaciais quanto de sensoriamento remoto são recomendados para esta finalidade, visto que as grades curriculares de formação acadêmica tradicionalmente envolvem estes assuntos, Geografia, Engenharia de agronomia e agrimensura são algumas das formações indicadas.

Em se tratando do registro do imóvel a resolução indica apenas que o empreendimento sujeito à fiscalização por sensoriamento remoto deve ter a sua localização identificada por meio de coordenadas geodésicas de forma a delimitar o perímetro da área plantada, objeto do crédito. Este item é decorrente do capítulo 2 do manual de crédito rural que discorre das condições básicas para operação. Contudo é indispensável compreender que o registro de imóveis é regido pela lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, em conformidade com o art. 46 da Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964, além de estarem também sujeitos a Instrução normativa nº 82, de 27 de Março de 2015 do INCRA e desta forma, com objetivo de suporte a política de gestão territorial prevê que os imóveis estejam disponíveis em portal atualizado INCRA/SIGEF.

Desta forma foram identificados que além de muitos registros não respeitarem o caráter de identificação única no território, indispensável para referências do imóvel sem conflitos de informações, ou seja dois registros de matrículas com mesmo número (em regiões diferentes do território nacional). No nível cadastral, para imóveis rurais, podem se destacar tanto de registro de matrícula em cartório municipal como certificação de imóvel rural junto ao INCRA,

informações importantes de serem incrementadas para conferir unicidade e relacionamento de operação de crédito ao imóvel.

A Resolução nº 4.399/2015 que altera a regulação do registro de informações referentes às garantias constituídas sobre imóveis em operações de crédito indica como cadastro, pelas instituições bancárias, em um sistema mantido por entidades autorizadas pelo Banco Central que abrigue informações de ativos financeiros, esta base pode fazer referência do imóvel conforme seu registro único federal, algo que hoje acontece por meio de indicação de nome do proprietário e tipo do imóvel (Fazenda, Sítio, Chacará).

A utilização do sensoriamento remoto para fins de fiscalização de operações de crédito rural pela resolução nº 4.427 indica também que a partir de 1º de julho de 2016 poderá ser providenciado nas operações acima de R\$40.000,00, já o manual de crédito indica que a instituição financiadora é obrigada a fiscalizar as operações de crédito de forma direta quando ultrapassam valores de R\$ 250.000,0. Desta forma observa-se que o crédito rural é atraente em função dos valores e juros, contudo, passível de fraude em função da falta de dados cadastrais disponíveis para consulta, relativos ao registro da propriedade e de dados sistemáticos para o acompanhamento do cultivo. Portanto a autorização de sensoriamento remoto como ferramenta para a fiscalização da operação na aplicação do crédito é um instrumento potencial, mas requer de apoio das instituições de cadastro e registro.

No item 2 a Resolução 4.427 indica que “o empreendimento sujeito à fiscalização por sensoriamento remoto deve ter a sua localização identificada por meio de coordenadas geodésicas, observado o MCR 2-1-2”, este item do manual de crédito rural determina que:

As coordenadas geodésicas (CG) do empreendimento financiado com valor acima de R\$20.000,00 (vinte mil reais), referentes às operações de custeio agrícola e às operações de investimento citadas nas alíneas “d”, “e” e “f” do MCR 3-3-2, devem: (Res 4.427 art 1º; Res 4.580 art 1º)

a) ser entregues, em meio físico ou eletrônico, juntamente com o orçamento, plano ou projeto relativo ao empreendimento e informadas no Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (Sicor);

b) para áreas totais:

I - de 10ha (dez hectares) ou mais: compreender os pontos necessários à identificação do perímetro que define a gleba a ser cultivada

ou, se for o caso, das duas ou mais glebas objeto da mesma operação de financiamento;

II - abaixo de 10ha (dez hectares): compreender, pelo menos, um ponto localizado dentro do perímetro de cada gleba a ser cultivada;
c) ser registradas no Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (Sicor) pelo agente financeiro, conforme normas do MCR 3-5-A, após verificação da consistência dos dados quanto à: (Res 4.427 art 1º)

No Item 3 - I:

I - localização da gleba no(s) município(s) onde situado o respectivo imóvel;

Destaca-se que o ideal, como mencionado anteriormente, ara atender a premissa de identificação cadastral é adotar o imóvel pela unidade de registro, ou seja, número de matrícula, único, em compatibilidade a certificação pelo INCRA. Glebas não possuem descrição em registro, são apenas subdivisões para fins de planejamento e gestão do imóvel. Esta medida pode promover o fácil atendimento ao item 3-II:

II - compatibilidade entre a área calculada por meio das CG e a área financiada prevista no contrato de crédito.

Para atender ao item previsto 4 – c, que determina a obtenção de, no mínimo, três imagens, registrando as seguintes fases do cultivo:

I - desenvolvimento vegetativo inicial ou, para culturas permanentes, obtenção de imagem em data apropriada para fins de fiscalização prévia;
II - desenvolvimento vegetativo pleno;
III - estágio final de maturação.

Em conformidade ao item 4-a e 4-b, que indicam respectivamente a necessidade de as imagens possuírem resolução espacial inferior a 30 metros com resolução radiométrica mínima de 10 bits e que podem apresentar, no máximo, 10% (dez por cento) da área do empreendimento coberta por nuvens, sombras ou outros fatores que comprometam a extração de informações, admitindo-se a sobreposição de imagens tomadas em momentos diferentes da mesma fase. É necessário refletir que, para diminuir o custo e aumentar a operacionalidade do monitoramento é possível utilizar-se de bases gratuitas disponibilizadas pela Nasa (Landsat 30m) e

ESA(Sentinel - 10-20m) , contudo, uma necessidade de alteração do termo inferior a 30m por até 30m quando se tratar de resolução espacial de imagens para esta finalizada. Estima-se que a oferta de imagens pode chegar a pelo menos 8 imagens se considerarmos os sensores ativos Landsat-7 ETM, Landsat-8 OLI e Sentinel-MSI 2A/2B.

Já no Item 4-b, embora esta restrição seja coerente para assegurar a qualidade na análise, embora excedendo este patamar (10%) ainda é possível confirmar fases de preparo do solo e desenvolvimento da cultura, uma vez que as nuvens não possuem padrão de cobertura, e nem densidade. Visto que, ferramentas de contraste podem indicar por chaves de interpretação indicação de desenvolvimento uma vez delimitada a área de uso passível de monitoramento.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Por se tratar de um assunto relativo ao monitoramento de propriedades rurais, amparado pela resolução nº 4.427, cuja aplicação é dada à nível nacional, os exemplos de aplicação compreendem um conjunto de dados cadastrais descentralizado, com objetivo de atender as diferenças regionais no uso da terra, climáticas e mesmo geomorfológicas (limitantes territoriais de ocupação) existentes no território brasileiro.

A implementação da metodologia ocorreu no monitoramento de 5 propriedades na safra de verão 2017/18 (aproximadamente 120 dias). A seleção de dados ocorreu logo após a identificação das regiões.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A definição da área de estudo partiu da comunhão das regiões de produção agrícola consolidadas conforme calendário agrícola disponibilizado pela CONAB, contemplando 5 estados brasileiros, com foco principalmente nas áreas produtoras que atingiram os maiores índices produtivos nas últimas 3 safras (Safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17) dos respectivos estados.

A tomada de decisão para determinação das regiões foi apoiada segundo dados da CONAB 2017 ([Tabela 1](#)) por estarem atreladas ao interesse deste projeto, em atender a diversidade das características fundiárias regionais que refletem nos sistemas produtivos, a seleção de dados cadastrais dos imóveis foi direcionada para estas regiões.

Tabela 1 - Produtividade Regional de culturas de safra de verão (grãos – Soja) (kg/ha).

Região	Estados	2014/15	Área total	2015/16	Área total	2016/17	Área total
1	MT, MS e GO	2.950	14.560,0	2.982	14.855,1	3.324	15.123,6
2	MA, TO, PI, e BA	2.834	3.694,9	1.693	3.749,0	3.034	4.059,8
3	SP, MG e PR	2.974	7.341,0	3.208	7.778,2	3.552	7.601,0
4	RS e SC	3.017	5.849,3	3.155	6.094,1	3.470	6.210,0

Fonte: CONAB/2017, Área total cultivada.

A região 1 contempla os estados do Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS) e Goiás (GO), é caracterizada por propriedades com maiores áreas em extensão do país. Os estados do Maranhão (MA), Tocantins (TO), Piauí (PI) e Bahia (BA), região 2, compreendem a região de expansão agrícola nacional, portanto, caracterizando áreas com histórico recente nesta atividade. Em contrapartida Minas Gerais (MG), São Paulo (SP) e Paraná (PR), região 3, são os estados brasileiros de maior histórico na atividade agrícola com áreas majoritariamente consolidadas. A região 4 trata dos estados de Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS), embora com histórico na atividade agrícola possuem padrão territorial composto majoritariamente por minifúndios (PAM /IBGE, 2017).

A seleção de dados cadastrais atendeu a resolução nº 01, de 25 de fevereiro de 2005, do IBGE. Conforme especificações constantes nesta resolução os dados que possuem uma geometria espacial são georreferenciados, atualmente, adotando-se o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), referenciado ao ano 2000 (SIRGAS2000). Desta forma atendendo e complementando o artigo 3 da Lei 10.267 de 28 de Agosto de 2001 que prevê que os casos de registro, desmembramento, parcelamento ou remembramento de imóveis rurais devam conter as coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis,

georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e com precisão posicional a ser fixada pelo INCRA.

Como unidade territorial foi adotado o imóvel rural como relativo ao registro único de matrícula conforme base comum de informações do Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) e compatível a definição de imóvel pela parcela contínua com registro único.

Foram selecionados portanto 5 imóveis ([Tabela 2](#)) em que os respectivos registros de matrícula possuíam atualização e documentados os dados georreferenciados em SRC SIRGAS2000 com projeção UTM da zona referente a sua localização além de certificação ativa, disponível para consulta nos portais do INCRA.

Tabela 2 - Seleção dos imóveis para os exemplos de aplicação, conforme região de interesse.

Região	UF	Município	Área (ha)
1	BA	Luís Eduardo Magalhães	1624,30
2	MG	Monte Alegre de Minas	1744,81
3	PR	Pitanga	636,31
4	RS	São Luiz Gonzaga	81,42
5	MT	Sorriso	2001,35
Total	5		6088,19

A área total de análise é de 6.087 ha, que será investigada e identificados a partir de escala 1:10.000 a área de uso agrícola, a partir de chave de interpretação para solo exposto em conformidade as bases agrícolas adotadas para indicativos de uso em lavouras temporárias.

4.2 MATERIAIS

Os materiais necessários para análise estiveram relacionados a dois núcleos básicos, os dados vetoriais que dizem respeito as bases de dados geográficos e as imagens de satélite. Observa-se na [Figura 1](#) que os dados geográficos após inclusão no banco de dados, passam a ser gerenciados pelo Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), onde as feições vetoriais são compreendidas como geometrias associadas a atributos de tabelas. Os dados de Sensoriamento remoto

como descritos em seção [2.2](#) são relativos as imagens de satélite, dos sensores MSI, OLI, ETM e MODIS e serão utilizadas tanto como mosaico RGB para interpretação de uso quanto em forma de gráficos para análise do índice de vegetação (EVI).

Figura 1 - Conjunto de materiais utilizados na metodologia



Os tópicos a seguir discorrem sobre os itens de materiais mencionados que foram utilizados para atender o processo metodológico.

4.2.1 Dados de Sensoriamento Remoto

Os dados provenientes de Sensoriamento remoto envolveram a aquisição e o pré-processamento de imagens de satélite, indicadores das áreas agrícolas consolidadas a partir de mapeamentos e como indicadores de desenvolvimento vegetativo do cultivo agrícola índices de vegetação (NDVI e EVI).

Procurando a atender a resolução do BACEN nº 4.427, de 25 de Junho de 2015, que especifica como item ii, que a resolução espacial das imagens de satélite devem ser inferior a 30 m, priorizar-se-á a utilização de imagens dos sensores

MSI/SENTINEL para elaboração dos índices de vegetação (EVI) e na interpretação visual das imagens, a fim de identificar o tipo da cultura e a confirmação de plantio, desenvolvimento e colheita. Contudo, imagens do sensor OLI/Landsat e ETM/Landsat foram incorporadas na análise, como apoio, por complementar à disponibilidade de dados para períodos com alta cobertura de nuvens nas áreas observadas. Também como caráter de apoio, na identificação de padrões de desenvolvimento das culturas, dados adicionais dos sensores MODIS/Terra e Aqua, foram observados. A utilização do apoio das bases citadas também pretendeu levantar tópicos para discussão quanto a flexibilização nas diretrizes que restringem o uso de dados presente na resolução 4.427 (BACEN, 2015).

As bandas utilizadas para interpretação visual foram as bandas 4 (Vermelho visível - $0.665\mu\text{m}$) banda 8(NIR - $0.842\mu\text{m}$) e banda 11(SWIR - $1.610\mu\text{m}$). Os processos de pré-processamento envolveram o mosaico das bandas com reamostragem para 10m. Possibilitando portanto a interpretação visual na observação do processo de cultivo e da cultura de plantio em escala de 1:5.000, compatível à indicações para cadastro em imóveis rurais. Contudo, cabe destacar que o objetivo da utilização deste produto não contempla a identificação, espacialização ou ajuste dos limites do imóvel que estão associados aos dados georreferenciados as matrículas dos imóveis (relacionado ao memorial descritivo submetido no cadastro jurídico para registro do imóvel), e somente para fins de observação de área e dinâmica fenológica das culturas agrícolas

4.2.2 Sistema Gerenciador de Banco de Dados

Pensando em tornar a metodologia desta pesquisa acessível e operacional foi adotado como apoio de ferramentas as tecnologias de livre acesso e com facilidade de operação, visto a disponibilidade de cursos de treinamento altamente difundidos e também no idioma português. Desta forma, em conformidade ao movimento mundial atual que possibilita e estimula o uso de plataformas de código livre, criando um domínio público na gestão, optou-se pela centralização dos dados cadastrais e tabulares em ambiente de banco de dados relacional, adotando portanto o PostgreSQL.

Sua licença é do tipo Berkeley Software Distribution (BSD), licença de código aberto, inicialmente utilizada nos sistemas operacionais, portanto pode ser utilizado, modificado e distribuído por qualquer pessoa ou empresa para qualquer finalidade, sem aplicação de encargos, em quaisquer dos sistemas operacionais suportados atualmente.

Os dados de sensoriamento remoto em formatos matriciais (RASTER) como imagens de satélite multiespectral e Índices de vegetação não foram armazenadas em banco de dados, devido à manipulação, manutenção e atualização, estar relacionada a complexas relações e por requererem de elevada capacidade computacional para armazenamento.

Um modelo de dados é um conjunto de construtores utilizados para descrever e representar partes do mundo real em um sistema digital. O qual pode ser construído a partir de um campo amostral, com estrutura capaz de armazenar e gerenciar diversas operações analíticas. Nesse sentido, os modelos podem ser classificados em: modelos de dados conceituais, modelos de dados lógicos e físicos (LONGLEY *et al.*, 2013).

O processo de modelagem conceitual de banco de dados compreendeu a descrição dos possíveis conteúdos dos dados, além de estruturas e de regras a eles aplicáveis. Borges e Davis (2002) descrevem os modelos de dados conceituais como os mais adequados para capturar a semântica dos dados e, conseqüentemente, para modelar e especificar as suas propriedades. Como exemplos desse modelo citam-se os modelos entidade-relacionamento.

Os modelos lógicos indicam estruturas que fornecem subsídios para descrever como os dados são manipulados pelos usuários. Dessa forma, os modelos lógicos com base em registros, que diferem dos com base em objetos no seu uso, possuem implementação a partir de relações e hierarquias, geralmente expressa na forma de diagramas e listas (GONÇALVES, 2008). Já os modelos de dados relacionais, de redes e hierárquico são exemplos de modelos lógicos (BORGES; DAVIS, 2002).

Por fim, o modelo físico retrata a verdadeira implementação em ambiente digital específico, como por exemplo SIG, e geralmente compreende tabelas armazenadas como arquivos ou bancos de dados, desta forma atendendo como

modelo relacional – objeto permitindo que a implementação seja prontamente providenciada, contendo as relações e restrições que determinam como os dados podem ser armazenados e acessados (LONGLEY *et al.*, 2013).

O modelo elaborado para atender as especificações da resolução 4.427 foi o modelo físico que permite a implementação dos exemplos para análise de aplicabilidade da resolução.

4.2.3 Infraestrutura e Bases de Dados Geográficos

Os dados político administrativos utilizados como apoio na elaboração do projeto tratam-se de bases dos limites municipais, estaduais e nacionais oriundos do acervo digital oficial disponível pelo IBGE.

A rede rodoviária utilizada como suporte logístico é uma junção das bases federais e estaduais do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT) e complementada com as bases do Open Street Map (OSM) para estradas locais e secundárias de ligação, geralmente estradas que não possuem pavimentação e que são utilizadas como acesso aos imóveis no espaço rural. A rede ferroviária é o produto disponível pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT).

Todos os imóveis contidos na base dos exemplos de aplicação (limites dos imóveis descritos no item 4.1) devem ser isentos de impedimento legal para a atividade agrícola, desta forma, os dados das áreas de uso especial ou com restrições (Unidades de conservação, Terras indígenas e Assentamentos) foram utilizados conforme dado vetorial disponível nos portais da Fundação Nacional do Índio (FUNAI), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) e Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) que indicam a abrangência territorial destas áreas por meio da espacialização dos registros em decretos e de áreas de proteção permanente e uso sustentável em formato vetorial.

O suporte na identificação de área de uso, além das imagens de satélite, contou com o mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil disponível pelo projeto MapBiomass (Produto da fase 3 - Coleção 3, período 1985-2017, publicado em agosto de 2018). O projeto é uma iniciativa envolvendo uma rede

colaborativa de especialistas nos biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação utilizando processamento em nuvem e classificadores automatizados a partir da plataforma Google Earth Engine para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil. As classes utilizadas foram 1.1 – Formação de floresta natural, 3.2 – Agricultura, 5 – Corpo D'água, as demais classes foram utilizadas como outras áreas, visto que são áreas que não atendem as especificidades de análise para esta pesquisa.

Além das bases descritas anteriormente, serão utilizados como dados de apoio as referências do Zoneamento de Risco Climático - ZARC (MAPA); este dado é um instrumento técnico científico de política agrícola e de gestão de riscos na agricultura. Este dado busca minimizar os riscos de perdas causadas por eventos climáticos. Para tanto indica épocas de plantio das culturas agrícolas nos diferentes tipos de solo e ciclos dos cultivares, para cada município zoneado.

4.2.4 Programas e aplicativos computacionais

Todas as bases descritas na seção 4.2.3 foram incluídas em uma proposta de banco de dados PostgreSQL a partir de extensões PostGIS, que forneceu suporte a manipulação de dados espaciais e geometrias indexadas. Desta forma a manutenção dos dados ocorreu de forma centralizada e otimizada pelas relações de consulta. Em termos de estrutura de banco de dados o PostgreSQL é formado por esquemas compostos por funções de agrupamento, gatilhos sequências e tabelas, características que otimizam a integração e relação de dados, além de facilitarem aplicações de análise, gestão, organização e otimização a multiusuários. Em se tratando de dados espaciais, a extensão PostGIS (Spatial and Geographic Objects) fornece objetos espaciais para armazenamento edição de dados que possuem como componente a geometria espacial e portanto são georreferenciados em um sistema de referência de coordenadas (SRC). O modelo físico foi elaborado com o auxílio do pgModeler (postgreSQL Database Modeler) que pretende ser gerado como forma de registro dos procedimentos e replicação do banco de dados.

Para a manipulação e visualização dos dados assim como na elaboração dos mapas contidos nos relatórios de monitoramento foi utilizada a integração deste

banco com o aplicativo computacional QGIS 3.4. Os dados de índice de vegetação (EVI) foram calculados com o auxílio de complementos e de recursos como a calculadora para cálculo matricial (RASTER) contidos neste programa.

Os aplicativos computacionais citados e as bases de dados adotadas nesta pesquisa estão em conformidade com a iniciativa Open Source (OSI), que estimula a utilização de dados e ferramentas computacionais provenientes de bases públicas e de código de uso aberto para elaboração desta pesquisa.

O modelo físico relacional do banco de dados elaborado para armazenamento e relacionamento dos dados cadastrais será apresentado no capítulo 5.2 considerando otimização de sintetização, envolvendo as diretrizes da resolução.

4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa pretendeu a elaboração de uma metodologia específica a um problema contemporâneo, cujos desdobramentos e especificidades ainda encontram-se em aprimoramento, tanto em ajustes jurídicos administrativos quanto nas especificações tecnológicas.

De forma a otimizar a estrutura metodológica para uso dos materiais e os dados das imagens de satélite envolvidos o fluxograma apresentado na [Figura_2](#) busca exibir de forma otimizada o processo de execução utilizando um diagrama que deve ser visto como representação esquemática do processo, elaborado em três etapas, sendo:

Para etapa A, relativa à aquisição dos dados apoiada nos materiais indicados nos capítulos 4.1, 4.2 e 4.3 foram considerados a busca e aquisição das imagens de satélite nos servidores da USGS/NASA e ESA. Além da coleta dos dados vetoriais possível no processo de aquisição junto as bases e portais públicos.

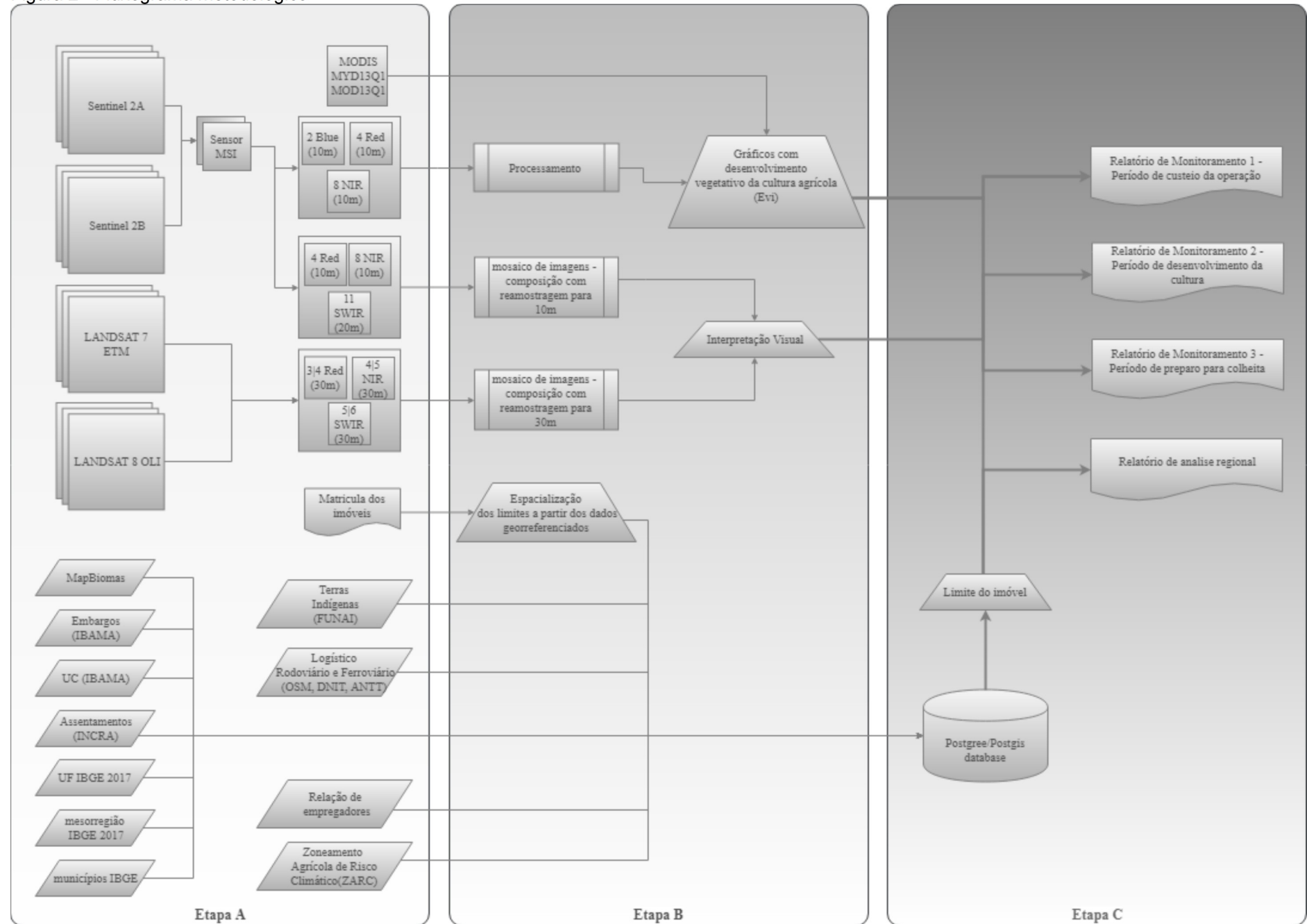
Os processos contidos na etapa B, consideraram os processamentos, incluindo a elaboração de mosaicos e de índices de vegetação além dos processos de edição e tratamento de dados vetoriais, a partir da edição de algumas

incoerências topológicas como geometrias inválidas, multipartes e sobreposições, providenciadas sem alterar a natureza do dado e da informação associada.

Os resultados foram gerados na Etapa C, trataram da elaboração do banco de dados, que é um dos resultados da pesquisa, visto a complexidade na manipulação, elaboração e estruturação dos dados específicos para atender a elaboração dos relatórios (laudos) de monitoramentos propostos pela resolução nº 4.427. Os relatórios de monitoramento atendendo as fases de cultivo e a análise previa, regional, como proposta de auxílio e suporte ao relatório de monitoramento. Os capítulos 5 e 6 apresentam essa etapa.

Como resultados do processo desta pesquisa também foi apresentado uma análise de alguns itens relevantes contidos na resolução 4.427, discutindo a aplicabilidade e previsão no atual contexto de políticas de crédito subsidiado como política de fomento para custeio de produção agrícola.

Figura 2 - Fluxograma metodológico



5 ARQUITETURA DO BANCO DE DADOS APLICADO A MANIPULAÇÃO DE DADOS CADASTRAIS E BASE AGRÍCOLA

Modelar um banco de dados com aplicação ao cadastro é uma tarefa dinâmica, visto a necessidade de domínio de conhecimento específico de linguagem para comunicação com o SGDB, neste caso a linguagem SQL, e também requer conhecimentos envolvendo a natureza dos dados, que possuem componente de geometria espacial. Desta forma foi importante compreender o funcionamento de operadores espaciais, uma necessidade visto que os dados são primordialmente de natureza cadastral territorial, em termos práticos são noções de aderência, sobreposição, invalidade, lacunas, partes únicas e simples voltados as geometrias dos atributos.

Para tanto foi necessário recorrer a elaboração de um diagrama com um modelo de dados, usado para descrever a estrutura lógica e física no banco de dados (3, 4, 5, 6 e 25). Os relacionamentos, funções tabelas e seus atributos assim como os metadados (Tabela 3) foram mapeados de forma a exibir e documentar toda a funcionalidade operante no sistema, desde a entrada de um respectivo dado até o resultado da consulta, operada através de filtros e visualizações.

Banco de dados relacionais operam majoritariamente utilizando chaves primarias, cuja unicidade de identificador é obrigatória, onde as relações de autoincremento e de operações desencadeadas podem estar associadas a chaves secundárias.

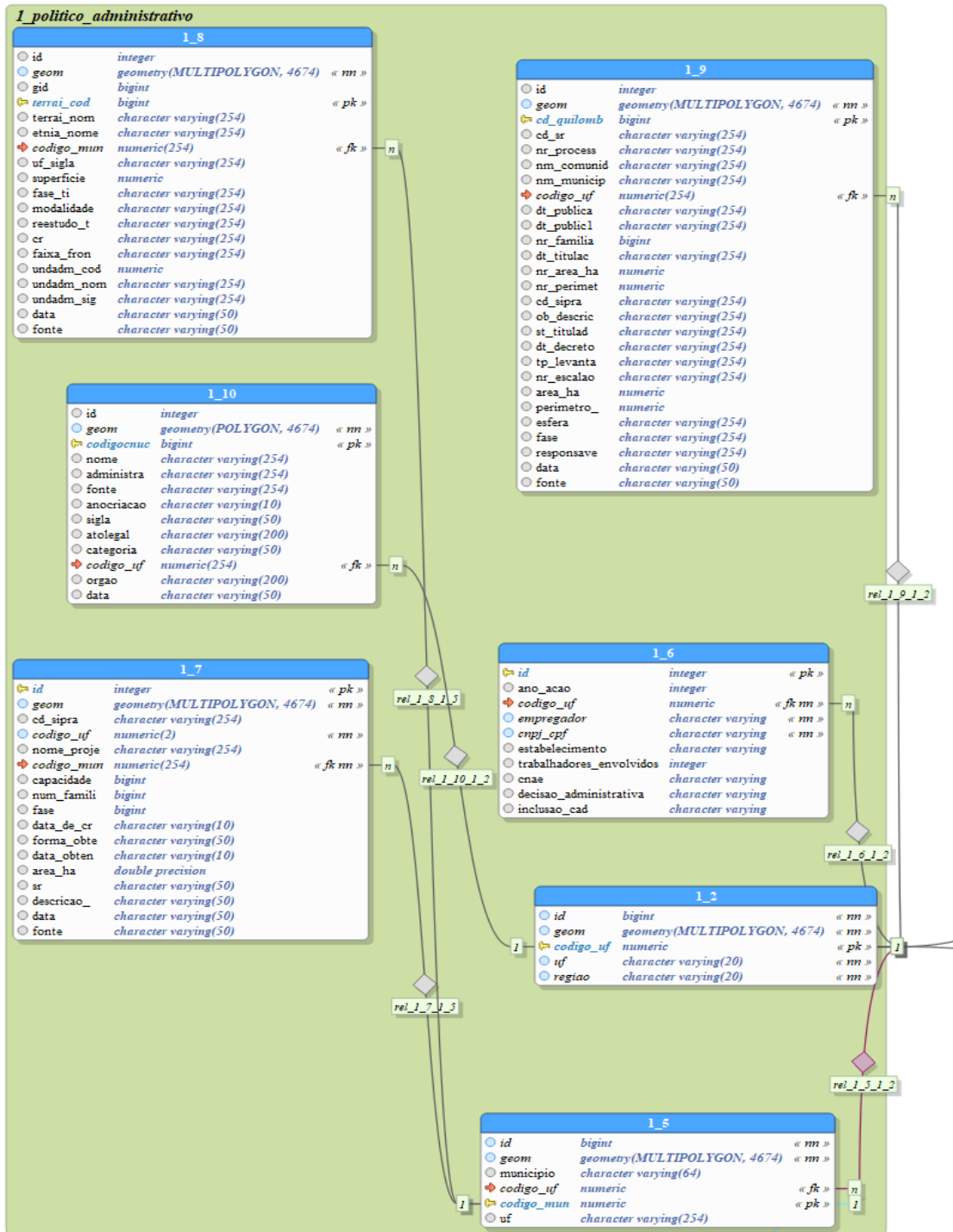
5.1 MODELO FÍSICO DO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS

O modelo físico disponível nas Figuras 3, 4, 5 e 6 foi elaborado adotando 5 esquemas, idealizados conforme agrupamento de dados de mesma origem temática e conforme aplicação do dado no projeto de monitoramento. Além do agrupamento a definição dos esquemas é uma proposta para facilitar a operação e gestão do banco de dados, visto que as tabelas possuem codificação específica a fim de facilitar a manutenção do BDG que envolve as rotinas de atualização, restrições e relações. Além das operações já descritas são elaboradas funções e gatilhos para cálculos de área e distância e inclusão de código sequencial conforme edição ou inclusão de novos dados que é o que ocorre com os campos `area_ha` nas tabelas 4_1 e 4_2.

A [Tabela 3](#) apresenta a listagem dos dados e respectivos metadados contidos no BDG, indica a fonte do dado registrando também data de aquisição (próximo ao início do processo de monitoramento), observações e descrições do banco de dados, auxiliando desta forma no registro de metadados. Os esquemas adotados neste banco de dados foram propostos como forma de proporcionar a atualização contínua, para monitoramento em outras safras. Além de possibilitar a ampliação na quantidade de imóveis, que é condicionada apenas ao limite do servidor em que o banco estiver armazenado. Alguns detalhes sobre os esquemas:

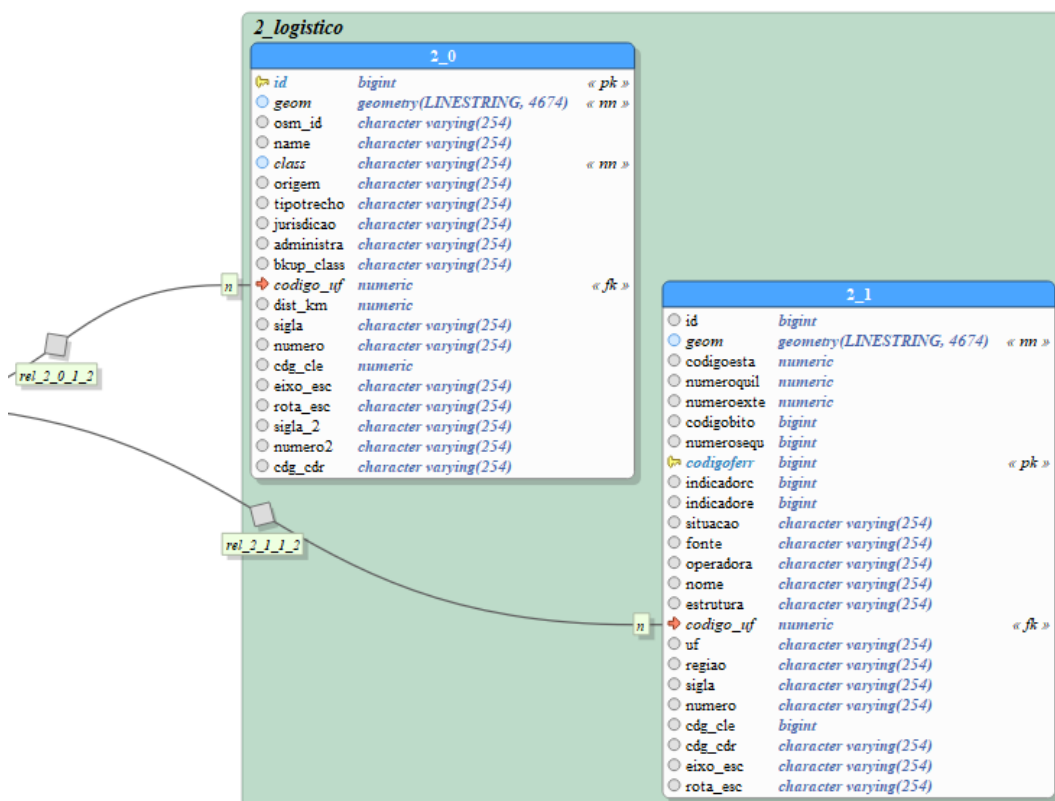
O esquema 1 - Político Administrativo [Figura 3](#) armazenou os dados relativos aos limites territoriais estaduais e municipais, além da relação de empregadores, assentamentos Rurais, Território Indígena, Comunidades Quilombolas e as Unidades de Conservação. Estes dados foram utilizados na verificação socioambiental, a partir da observação de eventuais casos de sobreposições com os imóveis utilizados nos exemplos de aplicação, e na elaboração do relatório proposta como análise regional.

Figura 3 - Parte 1 do modelo físico com o esquema 1 - Politico administrativo.



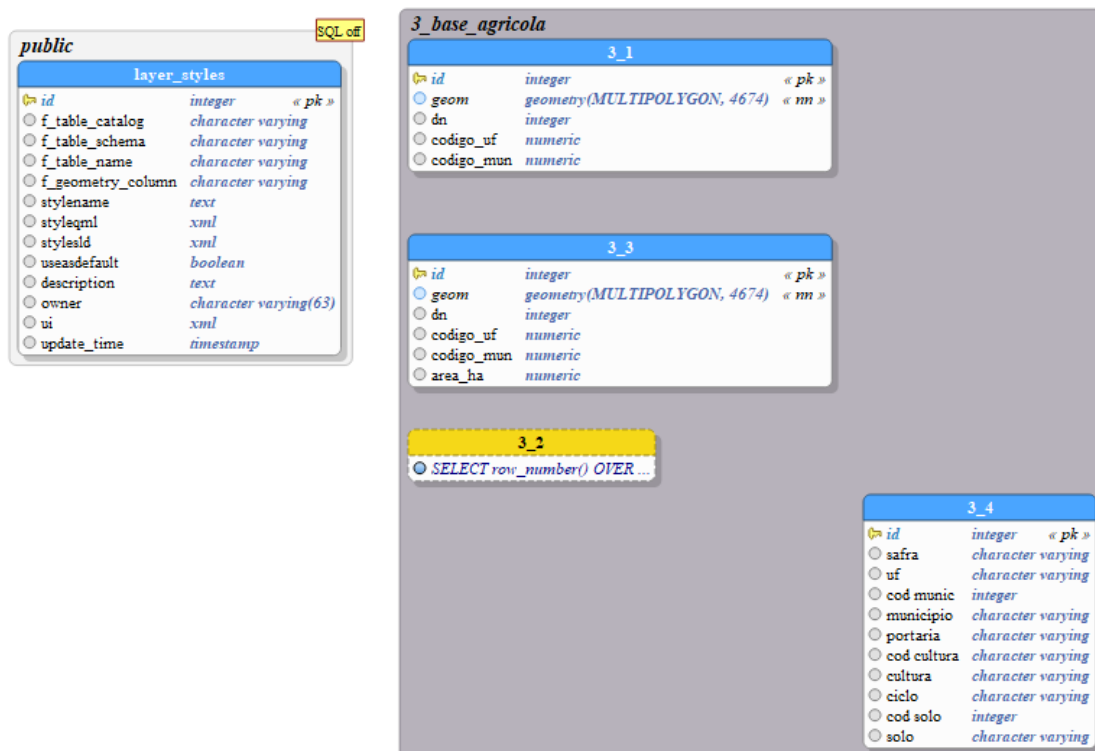
O esquema 2 – Logístico observado na [Figura 4](#) armazenou a articulação de transporte rodoviário e ferroviário além do suporte para armazenamento da produção de grãos. São dados caracterizados por feições espaciais de ponto e polígono.

Figura 4 - Parte 2 do modelo físico com o esquema 2 – Logístico.



O Esquema 3 – Base Agrícola [Figura 5](#) que armazenou os dados de uso e cobertura da terra do Projeto Mapbiomas e as tabelas de visualização dinâmica, resultado de intersecção com área de influência.

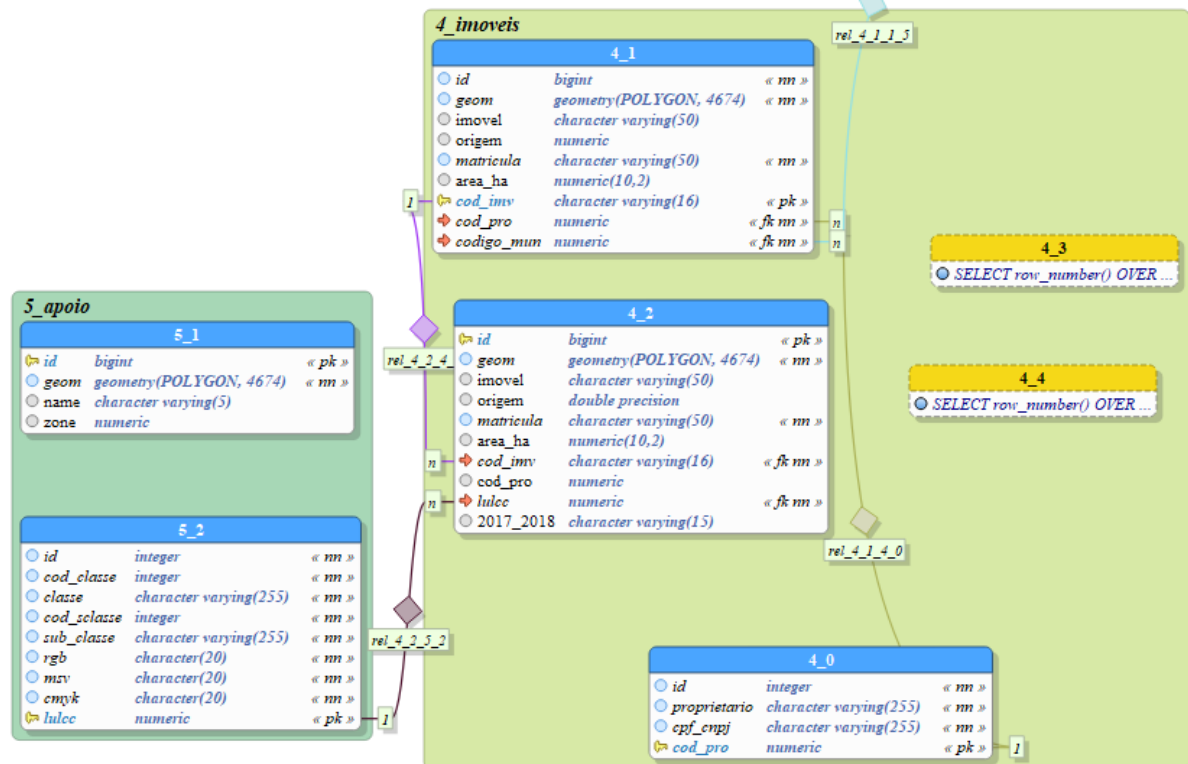
Figura 5 - Parte 3 do modelo físico com o esquema 3 – Base Agrícola



Para facilitar também a manipulação dos imóveis e dos dados cadastrais de proprietários associados (omitidos da dissertação por serem considerados sigilosos), foi elaborado o esquema 4 – Imóveis [Figura 6](#) que também armazenou o uso da terra que foi identificado nos imóveis, além de visualizações dinâmicas.

Os recursos de apoio, que foram utilizados nas etapas de busca e pesquisa das imagens de satélite foram armazenados no esquema 5 – Apoio [Figura 6](#), que contém grades da articulação das órbitas dos satélites imageadores Landsat e Sentinel além de uma tabela contendo os códigos para auxiliar a identificação do uso da terra nos imóveis dos exemplos de aplicação, nesta questão utilizaram a codificação como proposta no Manual Técnico de Uso da terra (IBGE, 2013).

Figura 6 - Parte 4 do modelo físico com o esquema 4 – Imóveis e 5 – Apoio.



O esquema 6 – Público [Figura 5](#) é o padrão produzido pelo SGBDG para o armazenamento das relações geométricas associadas aos atributos das tabelas além de registrar o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC). Possui também tabela específica sobre a simbologia das feições, utilizada na representação cartográfica adotada no modelo de relatórios.

5.2 IDENTIFICADOR DE IMÓVEL

A necessidade de identificação de propriedades a partir de registro único, com unicidade regional, não foi possível por número de matrícula (cartório de imóveis), visto que o registro municipal não é integrado em rede nacional. Onde são observados conflitos de registro entre propriedades de municípios diferentes, com duplicação nas referências de número de registro (registro de matrícula 103 em Sorriso e registro 103 também em Lucas do Rio verde por exemplo). Esta situação foi observada no processo de levantamento do material (matrículas dos imóveis) prévio a espacialização do limites.

Dessa forma, para atribuir um identificador único por imóvel (Tabela 4) foi necessário elaborar como chave primária número subsidiado ao código do município

(IBGE), acrescentando o código do proprietário e número sequencial contínuo (codigo_mun + '.' + codigo_pro + '.' + id). Para o código da operação financeira associada, nos exemplos de aplicação deste trabalho, foi acrescentado o ano de referência inicial da safra como observado na Tabela 6 (+ '.' + 2017). Esta proposta de codificação atendeu aos exemplos de aplicação, para replicação é limitada apenas a quantidade e capacidade de atendimento relativo ao volume de registro e de processamento e requer estudo adicional.

Outras relações de chave primária para as tabelas foram possíveis conforme indexador genérico id no banco de dados combinado a função nextval.

Para vínculo de atributos com mesmos valores, ou seja, a chave primária de uma tabela relacionada como chave secundária na tabela de referência, pode ser observado na relação 4_1_4_0 (Figura 5) no campo cod_pro, neste caso o código do proprietário é primário na tabela fonte (4_0) e secundário no registro de imóveis (4_1), uma relação 1:n visto que o proprietário pode ter inúmeros imóveis em seu nome. Este recurso torna-se indispensável para controle e gestão de qualidade dos dados, evitando que ocorra duplicidade ou incoerência no registro utilizado. As chaves primária e secundária dos imóveis utilizaram tipos de dados comuns em SQL, como INTERGER e NUMERIC (dados numéricos) nos campos cod_pro.

Os dados de tipo VARCHAR (cadeia de caracteres) foram utilizados nos identificadores de matrícula visto que podem conter tanto números como texto que é o caso da condição relacional entre 4_1_4_2 (Figura 5) em relação 1:n visto que uma matrícula pode conter vários usos.

O atributo associado para as geometrias nas tabelas foram identificados como geom, que armazenam feições POLYGON, evitando assim a ocorrência de multipartes (mais de uma feição não contígua com mesmo atributo associado) feições sem geometria foram evitados com a restrição NOT NULL.

Tabela 3 - Codificação e fonte dos dados contidos em BDG.

Esquema	id_tabela	Descrição	Fonte	Data de aquisição	Observações
Político Administrativo (1)	1_2	Limites estaduais	IBGE	07/2018	Limites estaduais brasileiros
Político Administrativo (1)	1_5	Limites Municipais	IBGE	07/2018	Limites Municipais dos Estados Brasileiros
Político Administrativo (1)	1_6	Relação de empregadores	Ministério do Trabalho (MTE)	11/2018	Lista de empregadores com ocorrências de ações que tenham submetido trabalhadores a condições análogas às de escravo de acordo com a portaria interministerial nº4, de 11 de maio de 2016 e conforme artigo 5º, paragrafo 3º da mesma portaria.
Político Administrativo (1)	1_7	Assentamentos Rurais	INCRA	11/2018	Conjunto de unidades agrícolas independentes entre si, instaladas pelo Incra. Estes lotes em assentamentos não podem ser vendidos, arrendados, alugados, emprestados ou cedidos por particulares. Não estão sujeitos as mesmas políticas de crédito que os demais imóveis.
Político Administrativo (1)	1_8	Território Indígena	FUNAI	11/2018	Registro dos territórios indígenas cadastrados na Fundação nacional do Índio (FUNAI). Classificadas como regularizadas, homologadas, declaradas, delimitadas e áreas em estudo.
Político Administrativo (1)	1_9	Comunidades Quilombolas	INCRA	11/2018	Territórios Quilombolas cadastrados.
Político Administrativo (1)	1_10	Unidades de Conservação	MMA	11/2018	Cadastro das unidades de conservação de uso sustentável e proteção integral a nível nacional.
Logístico (2)	2_0	Base rodoviária nacional	DNIT, IBGE e OSM	11/2018	Consolidação das bases, adotando como categorização 1 - Rodovias Federais; 2 - Rodovias Estaduais; 3 - Estradas de ligação e acesso secundário; 4 - Estradas de acesso particular e 5 - Estradas urbanas (contidas dentro dos perímetros urbanos municipais).
Logístico (2)	2_1	Base ferroviária nacional	ANTT	11/2018	Localização espacial das ferrovias brasileiras, disponibilizada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT)
Base Agrícola (3)	3_1	Base de Uso e cobertura	MAPBIOMAS v3	10/2018	Projeto de uso e cobertura anual da terra relativo ao ano de 2017, todas as classes para todos os municípios.
Base Agrícola (3)	3_2	Visualização da Base de Uso e cobertura área de influência. Apenas classe de agricultura	MAPBIOMAS v3	10/2018	Camada dinâmica de Visualização automática. Projeto de uso e cobertura anual da terra relativo ao ano de 2017, especificamente as classes de Agricultura com cultura anual. Para o raio de influência de 20 km a partir do centroide dos imóveis.
Base Agrícola (3)	3_3	Visualização da Base de	MAPBIOMAS	10/2018	Projeto de uso e cobertura anual da terra relativo ao ano

		Uso e cobertura área de influência (todas as classes) apenas para os imóveis dos exemplos de aplicação.	v3		de 2017, especificamente as classes de Agricultura com cultura anual e florestal. Para o raio de influência de 20 km a partir do centroide dos imóveis.
Base Agrícola (3)	3_4	Zoneamento Agrícola de Risco Climático para soja	MAPA	10/2018	Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) é um instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura. O estudo é elaborado com o objetivo de minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos adversos e permite a cada município identificar a melhor época de plantio das culturas.
Imóveis (4)	4_0	Cadastro de proprietários	Lista de cadastro de CPF/CNPJ dos proprietários		
Imóveis (4)	4_1	Espacialização das matrículas dos imóveis	Documento de matrícula	07/2018	Espacialização de memorial descritivo dos limites descritos em documento de matrícula cadastrado cartórios municipais dos respectivos imóveis.
Imóveis (4)	4_2	Uso da terra nas matrículas dos imóveis	Documento de matrícula	12/2018	Demarcação dos usos observados nos imóveis.
Imóveis (4)	4_3	Centroide dos imóveis	4_1	12/2018	Centroide dos imóveis. Camada dinâmica de Visualização automática.
Imóveis (4)	4_4	Influência	4_4	12/2018	Raio de abrangência de 20km do Centroide. Camada dinâmica de Visualização automática.
Apoio (5)	5_0	Grade Sentinel (MSI)	ESA	12/2018	Grade orbital com articulação dos códigos das imagens Sentinel (MSI)
Apoio (5)	5_1				

Fonte: Consolidado pelo Autor

Algumas relações e comentários sobre as visualizações que podem ser destacados é que são camadas automatizadas permanentes ou dinâmicas. Alguns procedimentos como a geração centroide automaticamente após a inclusão de um novo imóvel assim como região de influência (20 km), que é o caso das tabelas de visualização no bdg 4_3 e 4_4 respectivamente ([Figura 6](#)). Ambas possuem a seguinte estrutura:

```
4_3: SELECT row_number() OVER () AS id,
"4_1".imovel,
"4_1".matricula,
"4_1".cod_pro,
"4_1".cod_imv,
"4_1".area_ha,
st_centroid("4_1".geom) AS geom
FROM "4_imoveis"."4_1";
```

```
4_4: SELECT row_number() OVER () AS id,
"4_3".imovel,
"4_3".matricula,
"4_3".cod_pro,
"4_3".cod_imv,
"4_3".area_ha,
st_buffer("4_3".geom, (0.17966223499)::double precision) AS geom
FROM "4_imoveis"."4_3";
```

No caso a tabela 3_2 do bdg ([Figura 5](#)) contida no esquema 3 – Base Agrícola, utiliza a visualização de influência 4_4 e a tabela do bdg 3_1 que é relativa a base de uso disponibilizada pelo Mapbiomas. O resultado é o uso agrícola (cod 19) contida na área de influência dos imóveis.

```
SELECT row_number() OVER () AS id,
a.dn AS classe,
a.codigo_uf,
a.codigo_mun,
CASE
WHEN (st_geometrytype(st_intersection(a.geom, b.geom)) =
'ST_Polygon'::text) THEN (st_multi(st_intersection(a.geom,
b.geom))::geometry(MultiPolygon,4674)
ELSE (st_intersection(a.geom, b.geom))::geometry(MultiPolygon,4674)
END AS geom
FROM "4_imoveis"."4_4" b,
"3_base_agricola"."3_1" a
WHERE ((a.dn = 19) AND st_intersects(a.geom, b.geom) AND
(st_geometrytype(st_intersection(a.geom, b.geom)) = ANY
(ARRAY['ST_MultiPolygon'::text, 'ST_Polygon'::text])));
```

As tabelas no bdg para consulta de ocorrências socioambientais possuem chave secundária com as camadas de limites estaduais 1_2 e municipais 1_5, em

relação 1:n, ou seja, múltiplas ocorrências para um estado ou município em sua maioria MULTIPOLYGON por estarem articuladas a um mesmo registro embora podem não estar espacialmente contínuas.. As camadas de logístico (LINESTRING) 2_0 e 2_1 também possuem chave secundária com a camada 1_2 para os campos `codigo_uf`, visto que esta condição possibilita filtros para otimizar a renderização e consulta pelos SIGs, como exemplo [`"codigo_uf" in ('29', '31', '41', '43', '51')`] utilizado no exemplos de aplicação para filtro das feições de geometria apenas nos estados em que os imóveis estavam sendo analisados, cabe destacar que a estrutura 1:n indica várias feições para apenas 1 código de UF.

6 MODELO DE ACOMPANHAMENTO DA OPERAÇÃO DE CRÉDITO

Para atender as especificidades técnicas da resolução 4.427 o modelo proposto de laudo, previsto pelo item 6 e referenciado também ao MCR 2-8 resultou na elaboração de relatório contendo mapa de análise regional apresentado no item 6.1 indicando a localização do imóvel e da área de uso agrícola. O Item 6.2 apresenta o laudo contendo as fases do cultivo atualizado ao longo da safra em processo de monitoramento, efetivando o registro temporal.

6.1 ANALISE REGIONAL

Embora a resolução não determine a necessidade da existência de um relatório específico com análise prévia, contendo levantamento de dados e informações de produção histórica do imóvel, ou também articulação logística regional, é proposto nesta pesquisa uma análise regional como estímulo à importância de conformidade ao MCR, que indica na Seção 1 (Disposições Gerais) do Capítulo 2 (Condições Básicas): “a) ser informadas no orçamento, plano ou projeto relativo ao empreendimento”. Esta proposta procura também contribuir ao conhecimento investigatório da área pelas executoras do monitoramento.

Como forma de garantir a segurança jurídica para a análise é imprescindível uma triagem documental, sendo assim uma maneira eficaz de aproximação da análise com a realidade atual do imóvel. Outro ponto importante é sobre a condição de uso e cobertura da terra neste imóvel, que possibilita definir então um indicativo

de risco relativo a condição socioambiental o que auxilia no monitoramento da safra no estabelecimento de filtro de operações (alto, médio e baixo). Cabe destacar que esta pesquisa não indica procedimentos para determinar índice de risco, contudo, apresenta possíveis variáveis que podem ser consideradas neste procedimento.

Pode-se adotar como condição favorável do imóvel na operação de crédito subsidiado os casos em que não são observados sobreposições com áreas de uso restrito e não existem ocorrências de restrição por infrações ao proprietário do imóvel (embargos ou infrações nas condições de trabalho). A segurança financeira poderá ser então indicada ao fornecedor do crédito (instituição financeira) nos casos em que a área de uso observada na interpretação de imagens atender ao informado no momento de início da operação de crédito.

A análise regional elaborada para os imóveis é apresentada previamente aos relatórios de acompanhamento de safra (indicados como laudos, pela resolução 4.425/2015) evitando assim redundância e repetitividade de informações contidas nos relatórios. A análise regional buscou informar a densidade de área agrícola na área de influência de 20 km, assim como a existência de áreas com restrição de uso e protegidas por normas ou decretos além de indicações de acesso às rodovias Federais e Estaduais e os itens a, b e c, previstos na resolução:

a) nome e CPF/CNPJ do produtor, código de referência do BACEN da operação de crédito e UF/município do empreendimento;

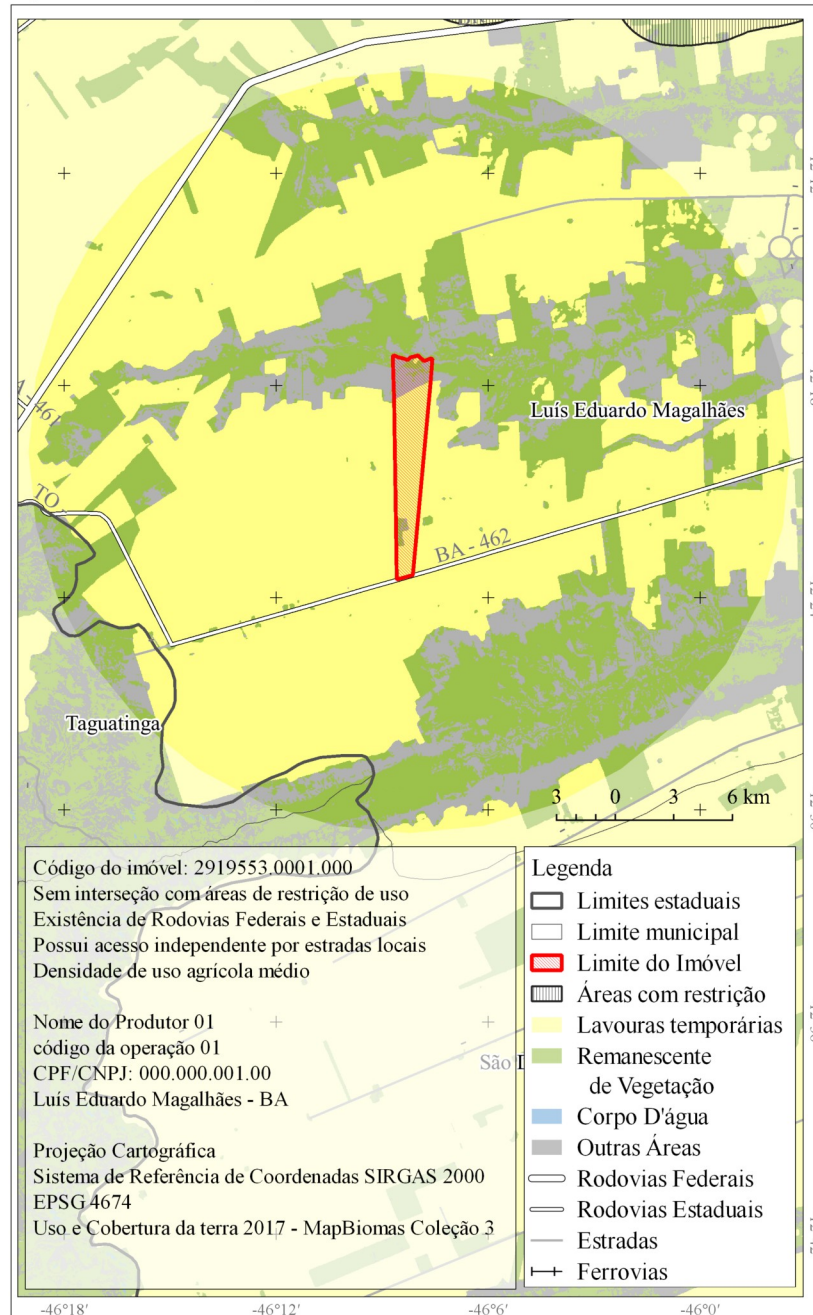
b) cultura financiada, área total financiada e produção esperada no caso de custeio;

c) coordenadas geodésicas da área financiada, registradas no Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (Sicor);

Para a densidade de área agrícola, foram removidas as áreas com restrição de uso, sendo na área resultante, conforme indicado pela máscara de consolidação agrícola, definidos os limiares baixa (até 30% de ocupação de lavouras temporárias), média (de 30% até 60%) e alta densidade (acima de 60%). Os valores foram baseados em comparativo de áreas apresentados na [Tabela 4](#):

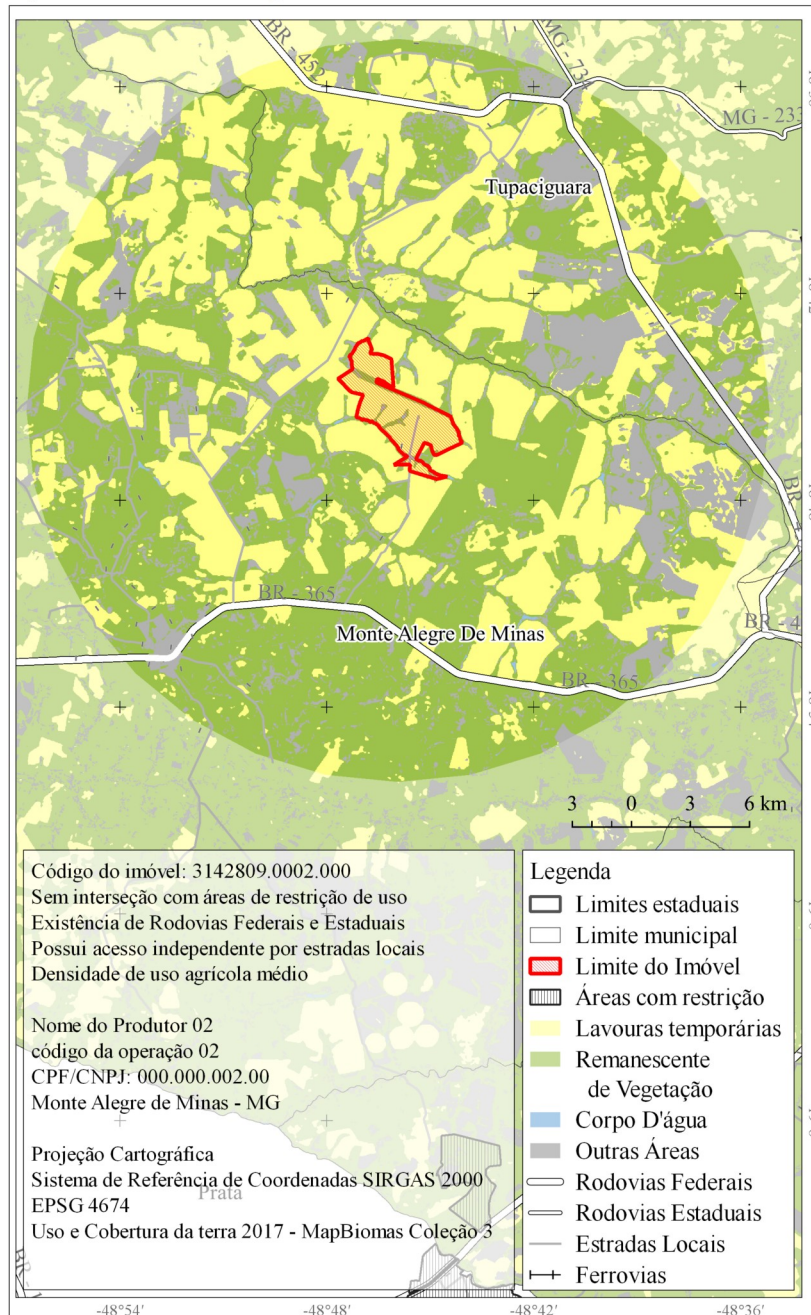
O Imóvel 2919553.0001.000 ([Figura 7](#)), localizado no município de Luís Eduardo Magalhães (BA), com densidade de ocupação agrícola média, não apresentou restrições de uso por conflitos de terra ou infrações, apresentando existência de rodovias federais e estaduais na área de influência com acesso independente por estradas locais.

Figura 7 - Análise Regional do imóvel 2919553.0001.000



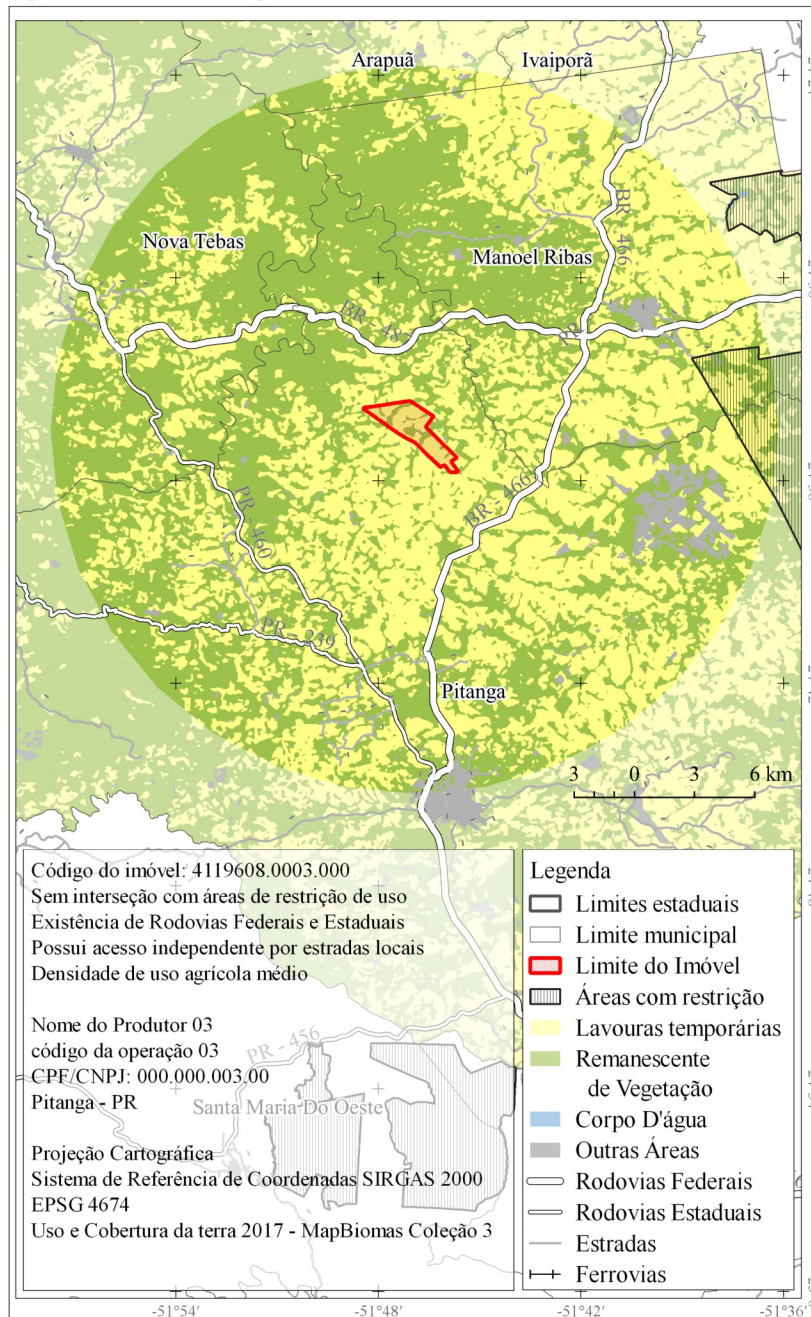
O Imóvel 3142809.0002.000 ([Figura 8](#)), localizado no município de Monte Alegre de Minas (MG), com densidade de ocupação agrícola média, também não apresentou restrições de uso por conflitos de terra ou infrações, apresentando existência de rodovias federais na área de influência com acesso independente por estradas locais.

Figura 8 - Análise Regional do imóvel 3142809.0002.000.



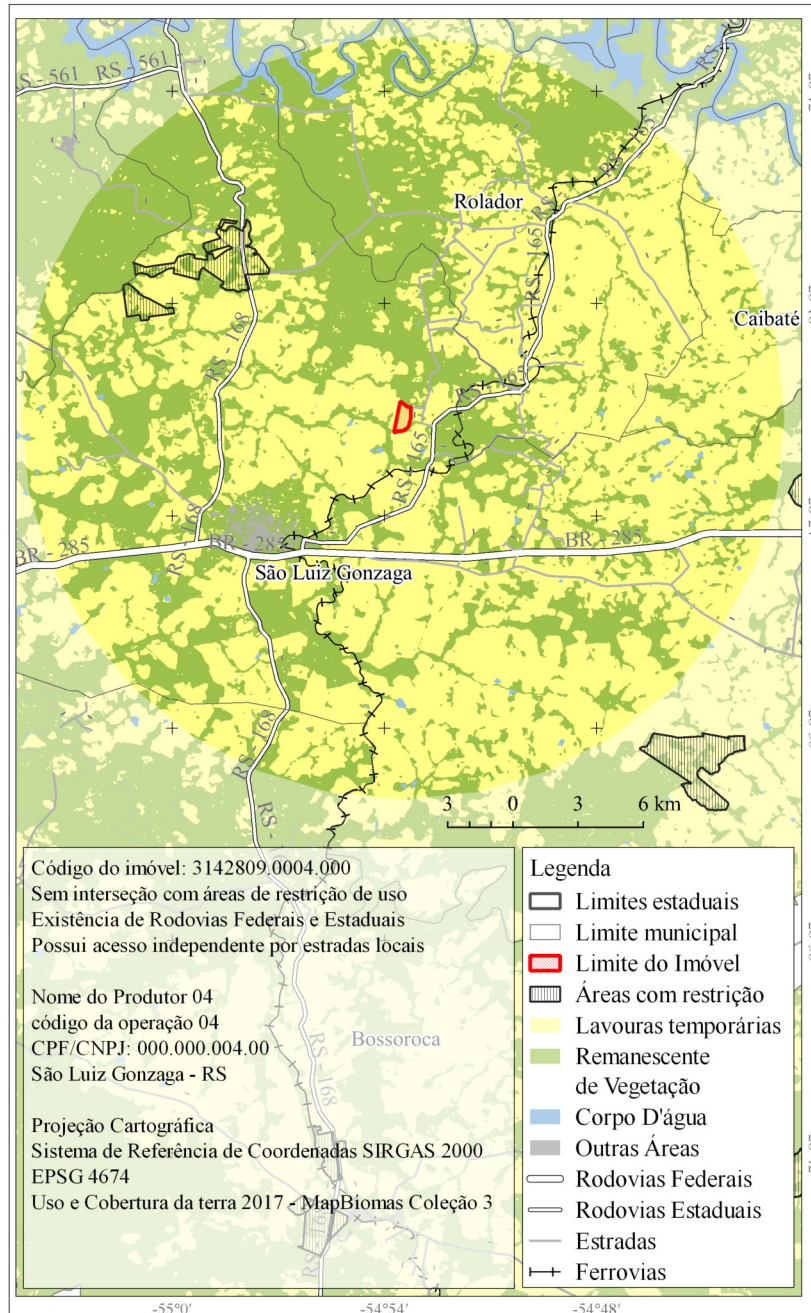
O Imóvel 4119608.0003.000 (Figura 9), localizado no município de Pitanga (PR), com densidade de ocupação agrícola média, não apresentou restrições de uso por conflitos de terra ou infrações, embora exista no raio de influência áreas com restrição de uso não foram observadas sobreposições com o imóvel. Existência de rodovias federais e estaduais na área de influência podem facilitar a integração com equipamentos logísticos para transporte e armazenamento e no acesso a corredores de escoamento de produção já estabelecidos, o acesso ao imóvel ocorre através de estradas locais.

Figura 9 - Análise Regional do imóvel 4119608.0003.000.



O Imóvel 4318903.0004.000 ([Figura 10](#)) localizado no município de São Luiz Gonzaga (RS), com densidade de ocupação agrícola média, não apresentou restrições de uso por conflitos de terra ou infrações, embora exista no raio de influência ocorrências de restrição. Existência de rodovias federais e estaduais na área de influência, além de linha ferroviária o que pode facilitar a integração com equipamentos logísticos para o armazenamento e ao acesso a corredores de escoamento de produção já estabelecidos. O acesso ao imóvel ocorre através de estradas locais.

Figura 10 - Análise Regional do imóvel 4318903.0004.000.



O Imóvel 5107925.0005.000 (Figura 11), localizado no município de Sorriso (MT), com densidade de ocupação agrícola alta, também não apresentou restrições de uso por conflitos de terra ou infrações, sem ocorrências no raio de influência. Existência de Rodovias estaduais (MT-242) na área de influência, o que pode facilitar a integração com equipamentos logísticos de armazenamento e ao acesso a corredores de escoamento de produção já estabelecidos. O acesso ao imóvel ocorre através de estradas locais.

Figura 11 - Análise Regional do imóvel 5107925.0005.000.

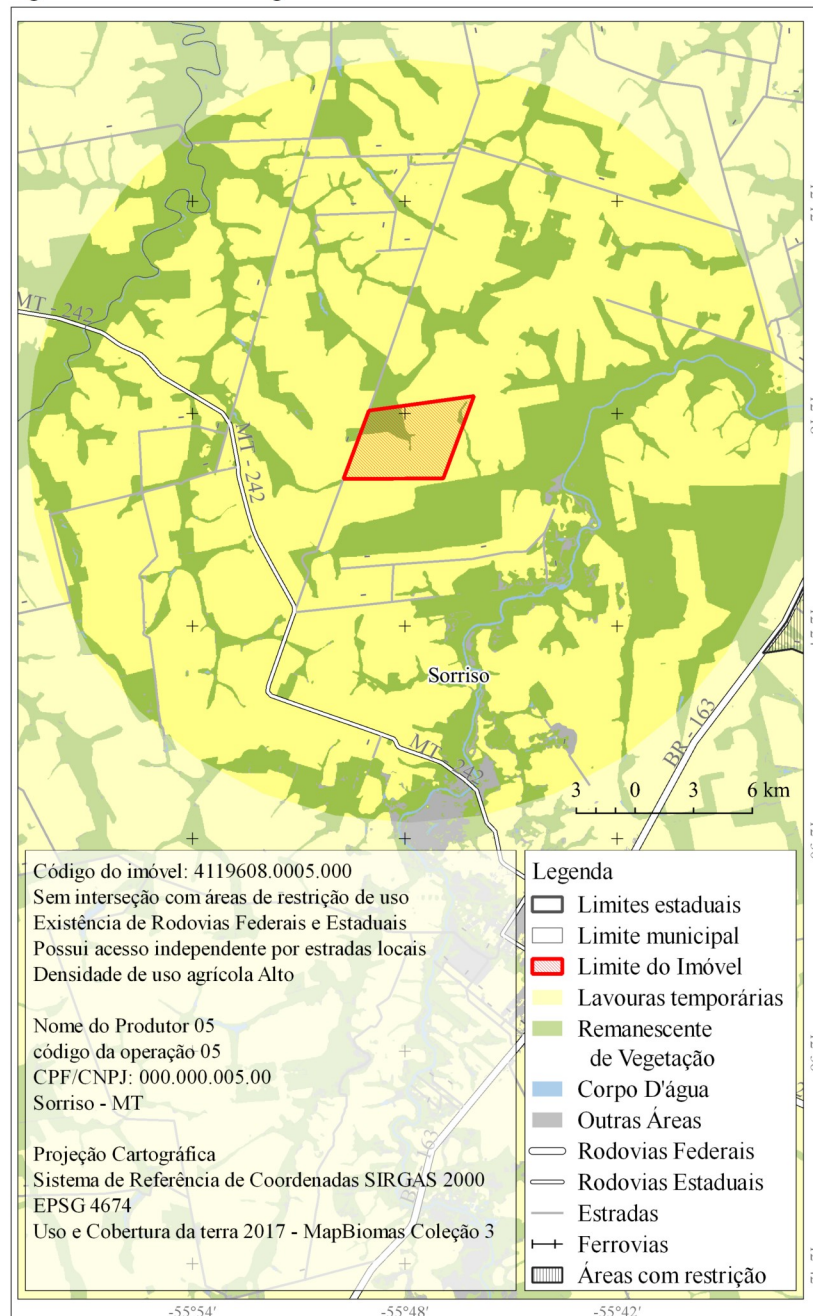


Tabela 4 - Consolidação Agrícola na área de influência.

Imóvel	UF	Município do imóvel	Influência de 20km (ha)	Ocupação de lavouras temporárias (ha)	Densidade de ocupação (%)
2919553.0001.000	BA	Luís Eduardo Magalhães	121.351,0	70.585,2	58,2 (Média)
3142809.0002.000	MG	Monte Alegre de Minas	117.754,0	43.212,1	36,7 (Média)
4119608.0003.000	PR	Pitanga	113.425,0	53.712,3	47,4 (Média)
4318903.0004.000	RS	São Luiz Gonzaga	109.875,0	65.143,6	59,3 (Média)
5107925.0005.000	MT	Sorriso	121.326,0	80.649,4	66,5 (Alta)

Na indicação de áreas com restrição de uso foram adotadas áreas sujeitas a conflitos de interesse ou em desacordo com políticas de preservação ambiental, condicionantes a existência de atividade agrícola:

- Áreas de reserva legal de proteção integral;
- Áreas de reserva legal de uso sustentável;
- Indicação de embargos por infrações ambientais;
- Áreas delimitadas para territórios de comunidades indígenas, quilombolas ou assentamentos rurais;

As indicações de acesso às rodovias Federais e Estaduais são exibidas em mapa ilustrativo, além de registro conforme padrão:

- Existência/inexistência de Rodovias federais e Estaduais
- Imóvel possui/não possui acesso independente por estradas locais.

6.2 ANÁLISE DAS FASES DO CULTIVO

Atrelado ao calendário agrícola regional o modelo de relatório contém as observações de interpretação da situação fenológica da cultura agrícola financiada na operação e especificações da operação cadastral solicitadas na resolução 4.427, destacadas abaixo:

- d) Satélite imageador e sensor utilizado, data das imagens, resolução espacial, resolução radiométrica e bandas utilizadas;

O modelo proposto também indica os sensores utilizados via metadados contidos no relatório, data de referência máxima para análise em cada quadro e datas específicas dos sensores MSI e MODIS em gráfico do índice de vegetação.

Devido a utilização de um conjunto de imagens dos sensores OLI, ETM e MSI, com datas variadas, as figuras [12](#), [14](#), [16](#), [18](#) e [20](#) apresentam a dispersão de imagens utilizadas ao longo da safra 2017/18 para interpretação e análise do desenvolvimento da cultura nos 5 imóveis objeto de exemplos de aplicação e aplicação da metodologia. Sugere-se que este tipo de informação possa constar em relatório junto as análises das fases do cultivo nos respectivos imóveis.

e) Metodologia utilizada para realizar o pré-processamento e o processamento da imagem;

A metodologia utilizada no pré-processamento envolveu as etapas A e B mencionadas no capítulo [4.3](#), estão relacionadas a aquisição e mosaico de imagens.

f) confirmação da localização do empreendimento e da área efetivamente plantada;

Identificada através da espacialização dos imóveis e interação com base de dados político administrativos e do cálculo de área através de edição vetorial em BDG.

g) confirmação da cultura plantada;

A partir de chaves de interpretação (contraste, cor, padrão de forma) e da análise da sazonalidade do índice de vegetação, observando o período de desenvolvimento conforme calendário agrícola regional, foi possível confirmar a cultura plantada. Esta informação foi apresentada no relatório através de simbologia específica (como observado na legenda) em figuras e também em metadados descritivos.

h) desenvolvimento vegetativo alcançado, índice de vegetação utilizado para avaliação da biomassa e produtividade estimada;

O desenvolvimento vegetativo alcançado para cultura em operação é apresentado por meio de dois gráficos. Para compreender a dimensão da disponibilidade de imagens utilizadas neste procedimento e também na interpretação visual a [Tabela 5](#) faz um compilado por sensor. As imagens foram validadas atendendo aos requisitos mencionados abaixo:

1 – Gráfico utilizando índice de vegetação compilado de 16 dias dos produtos MODIS/Aqua (MYD) e MODIS/Terra (MOD).

2 – Gráfico elaborado por meio do índice de vegetação calculado para cada imagem disponível Sentinel 2A/2B – Sensor MSI atendendo o critério de, 80% de cobertura para toda a órbita ponto. Este critério busca atender a operacionalização na execução que envolve etapas de aquisição e processamento de imagens.

Tabela 5 - Imagens Utilizadas

Sensor	Indicação das Fases do cultivo da soja				Total
	II	II	III	Pós III	
Sentinel 2A/2B - MSI Disponível em conformidade ao item 5	13	19	17	3	52
MSI – Incompatível ao item 5	18	15	18	41	92
Landsat 8 – OLI Disponível em conformidade ao item 5	6	6	7	12	31
Landsat 8 – OLI Incompatível ao item 5	5	6	4	7	22
Landsat 7 – TM Incompatível ao item 5	2	5	7	9	23
Landsat 7 – TM Incompatível ao item 5	10	4	4	6	24
Total					244

i) análise dos desvios verificados e sua relevância em relação aos parâmetros constantes do orçamento e contrato de financiamento;

j) conclusões da análise quanto à regularidade do empreendimento, no tocante aos quesitos relativos à localização e extensão da área plantada, à cultura e ao desenvolvimento vegetativo.

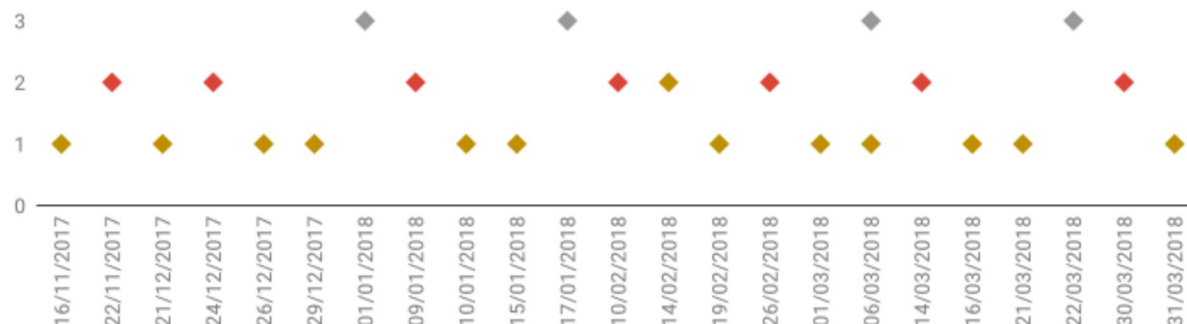
O item j é descritivo, entende-se como a localização uma interpretação regional, portanto o tópico 6.1 ANALISE REGIONAL além de abordar uma relação do imóvel em operação de crédito indica alguns itens relativos ao município de localização, articulação logística.

Para cultura plantada esta é indicada no modelo de relatório a partir de simbologia específica. Quando não cultivada ou sem cultura da operação é sinalizada.

A operação 2919553.0001.000.2017 relativa ao imóvel localizado em Luiz Eduardo Magalhães (BA) [Figura 13](#) com área total de 1.624,30 ha sendo a área destinada de uso agrícola de ~1.190 ha apresentou desenvolvimento vegetativo tardio para o cultivo de soja (cultura da operação) incompatível com calendário agrícola da região do Oeste Baiano, que no ano safra anterior (2016/17) registrou plantio de soja no início de dezembro, com colheita em fevereiro.

É possível observar na [Figura 12](#) que o relatório 1 com período de referência até 18/12/2017 utilizou 5 imagens para análise sendo 2 do sensor OLI (Landsat 08) e 3 do sensor MSI (Sentinel). Este conjunto de imagens possibilitou identificar sinais do desenvolvimento vegetativo em ~1.159 ha, o restante da área de uso (~37 ha) não apresentaram sinais de plantio, neste período não foi possível confirmar a cultura visto que as chaves de interpretação apenas indicaram preparo do solo. Para o relatório 2, referência de 19/12/2017 a 16/01/2018 considerou 4 imagens, 2 do sensor MSI, 1 do sensor ETM (landsat 07) e 1 do sensor OLI, neste período já sendo possível identificar sinais de plantio e desenvolvimento de cultivo agrícola em praticamente toda área de uso agrícola, contudo, sem confirmação efetiva do cultivo de soja, apenas indícios, pois tanto o índice de vegetação MODIS como MSI indicam pleno desenvolvimento, embora fora do período tradicional de cultivo da cultura para região. Para o relatório 3, com período de referência de 17/01/2018 a 25/02/2018 foram consideradas 5 imagens, 3 do sensor MSI, 1 sensor OLI e 1 Sensor ETM, neste período de desenvolvimento do cultivo já seria possível identificar sinais de senescência da cultura da operação (soja) com preparo para início dos processos de colheita, entretanto o cultivo ainda apresenta desenvolvimento com chave de interpretação (contraste de histograma) indicando cultivo de algodão, cultura tradicional também da região.

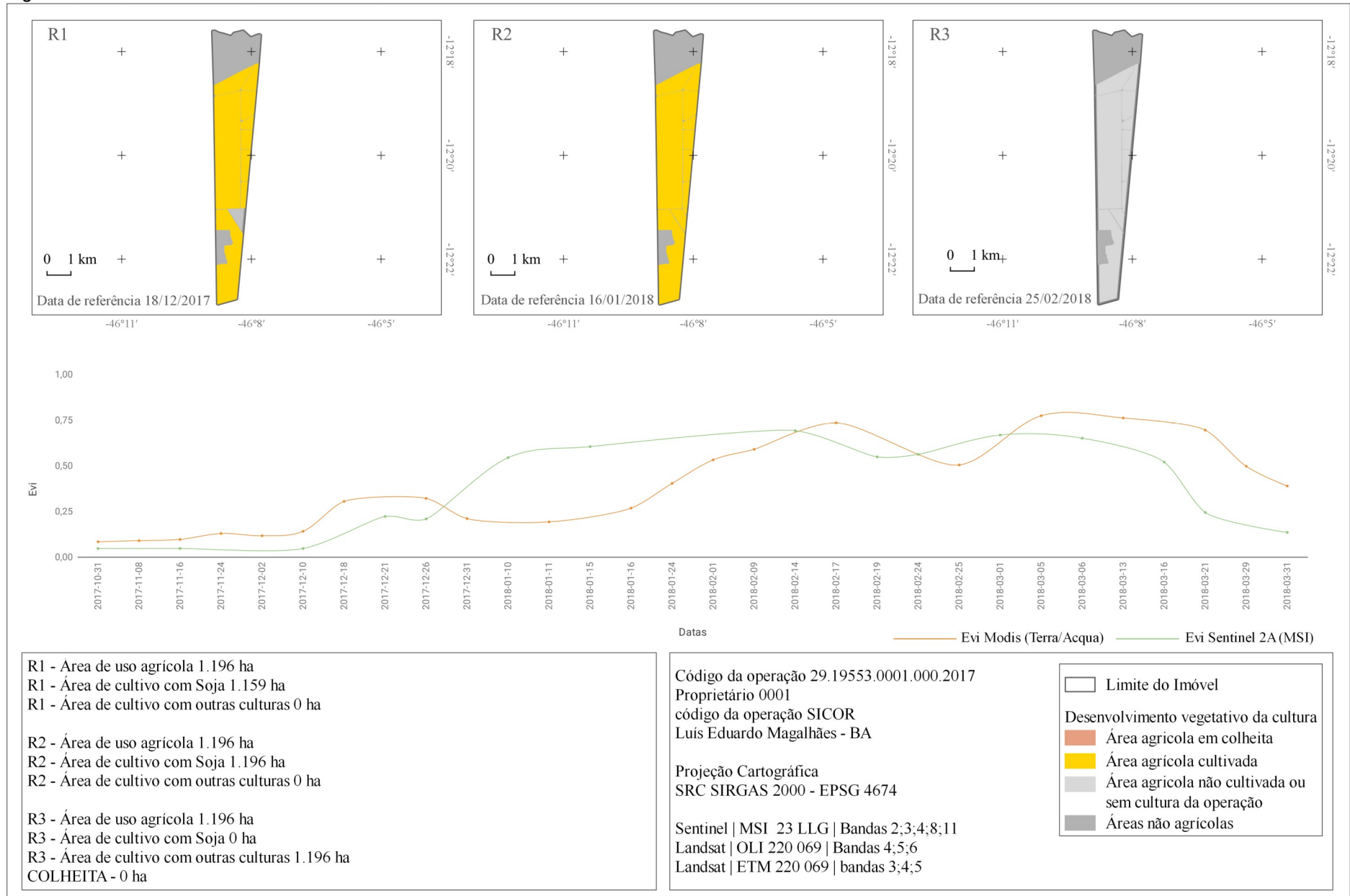
Figura 12 - Imagens disponíveis para operação 2919553.0001.000.2017



Legenda: 1- Sensor MSI, 2-Sensor OLI e 3-Sensor ETM

O período de pós relatório 3, adotado como forma de confirmar processos pendentes, indicou colheita do cultivo de algodão no final de março, 9 imagens estavam disponíveis neste período, 5 do sensor MSI, 3 do sensor OLI e 1 do sensor ETM e não foram observados cultivos de segunda safra. Portanto, concluiu-se com o monitoramento desta operação que na safra 2017/18 não houve cultivo com soja (cultura da operação proposta), a partir de análise do índice de vegetação e do compilado das imagens que indicaram desenvolvimento vegetativo típico de culturas temporárias com ciclo de aproximadamente ~180 dias e não ~120 como esperado. Este fato pode ser identificado como um alerta para confirmação da cultura (item g da resolução 4.427/2015).

Figura 13 - Análise das fases do cultivo no imóvel 2919553.0001.000

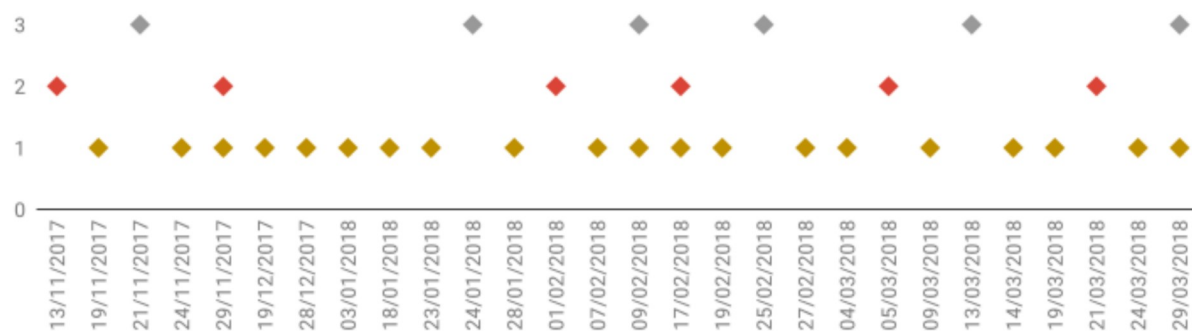


Em se tratando da operação 3142809.0002.000.2017 relativa ao imóvel localizado em Monte Alegre de Minas (MG) [Figura 15](#) com área total de 1.744,81 ha e área destinada ao uso agrícola de ~1.342 ha, sendo ~249 ha relativos a áreas de uso agrícola com sistema de irrigação por modelo pivô central.

Uma análise geral comparativa entre os dos gráficos com índice de vegetação é possível identificar regularidade entre as fases de cultivo, com plantio, desenvolvimento e senescência da cultura seguido de preparo para colheita, contudo, o índice elaborado a partir do sensor MSI possui irregularidades promovidas por imagens com alta incidência de nuvens.

A [Figura 14](#) indica que o relatório 1 com observação até 18/12/2017 utilizou 5 imagens para análise sendo 2 do sensor OLI (Landsat 08) e 3 do sensor MSI.

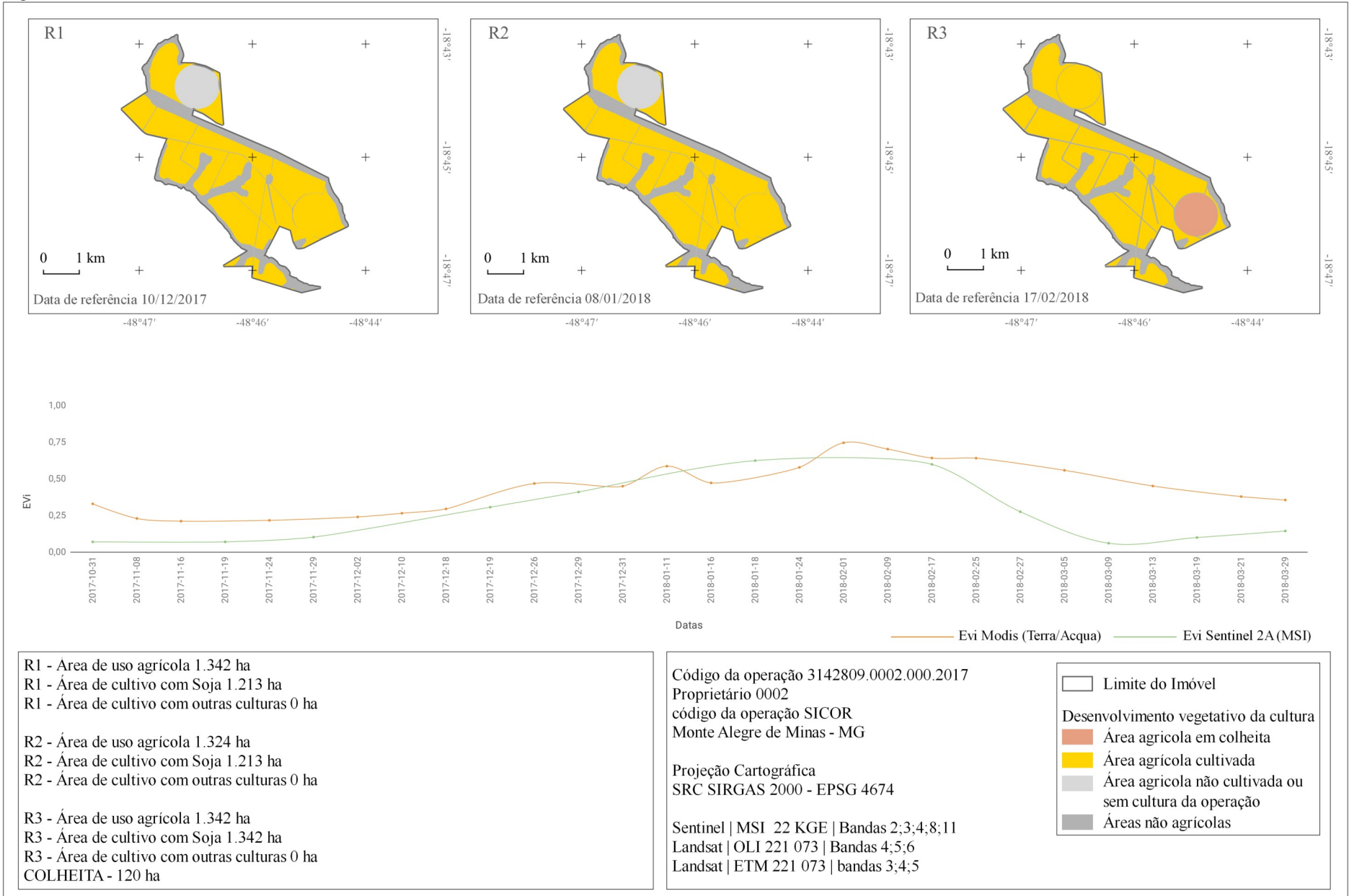
Figura 14 - Imagens disponíveis para operação 3142809.0002.000.2017



Legenda: 1- Sensor MSI, 2-Sensor OLI e 3-Sensor ETM

Este imóvel sinalizou ocorrência possível para situações em que a área de análise e observação está entre faixas de imageamento. Embora operando em constelação, com resolução temporal para revisita de 5 dias, para casos em que uma órbita ponto esta inserida na faixa de imageamento (Ex: 22, 21 , 23, ...) este período é aplicado, já em casos em que apenas uma parte da faixa imageada esta contida na órbita ponto cabendo a outra parte ser preenchida pelo imageamento da órbita vizinha a resolução temporal passa a operar em 3 dias.

Figura 15 - Análise das fases do cultivo no imóvel 3142809.0002.000



Para operação 4119608.0003.000.2017 relativa ao imóvel localizado em Pitanga (PR) [Figura 17](#) com área total de 636,31 ha e de uso agrícola de ~438 ha.

Uma análise geral comparativa entre os dos gráficos com índice de vegetação é possível identificar regularidade entre as fases de cultivo, com plantio, desenvolvimento e senescência da cultura. Ambos os índices utilizados seguem mesmo padrão de valores.

A [Figura 16](#) indica que no relatório 1 (período de 01/11/2017 a 02/12/2017) 5 imagens para análise estavam disponíveis sendo 4 do sensor MSI e 1 do Sensor ETM, foram identificados nesta fase o preparo do solo para o provável plantio de soja em ~360 ha, nos demais 78 ha o desenvolvimento do cultivo de outras culturas como amendoim e milho foi observado, portanto, área removida da análise e já indicada como “Área agrícola não cultivada ou sem cultura da operação”. No relatório 2, desenvolvimento do cultivo (período de 03/12/2017 – 08/01/2018), foi possível observar pleno desenvolvimento de soja, observado com o auxílio de 7 imagens, sendo 4 do sensor MSI, 2 sensor OLI e 1 do sensor ETM além de identificar colheita na área cultivada com outras culturas, que não da operação (soja). O relatório 3, que indica sinais da senescência da cultura e preparo para a colheita (período de 09/01/2018 – 09/02/2018) não apresentou claros indícios deste processo, foram 5 imagens utilizadas nesta etapa, 2 do sensor MSI, 2 do Sensor OLI e 1 do sensor ETM.

Figura 16 - Imagens disponíveis para operação 4119608.0003.000.2017

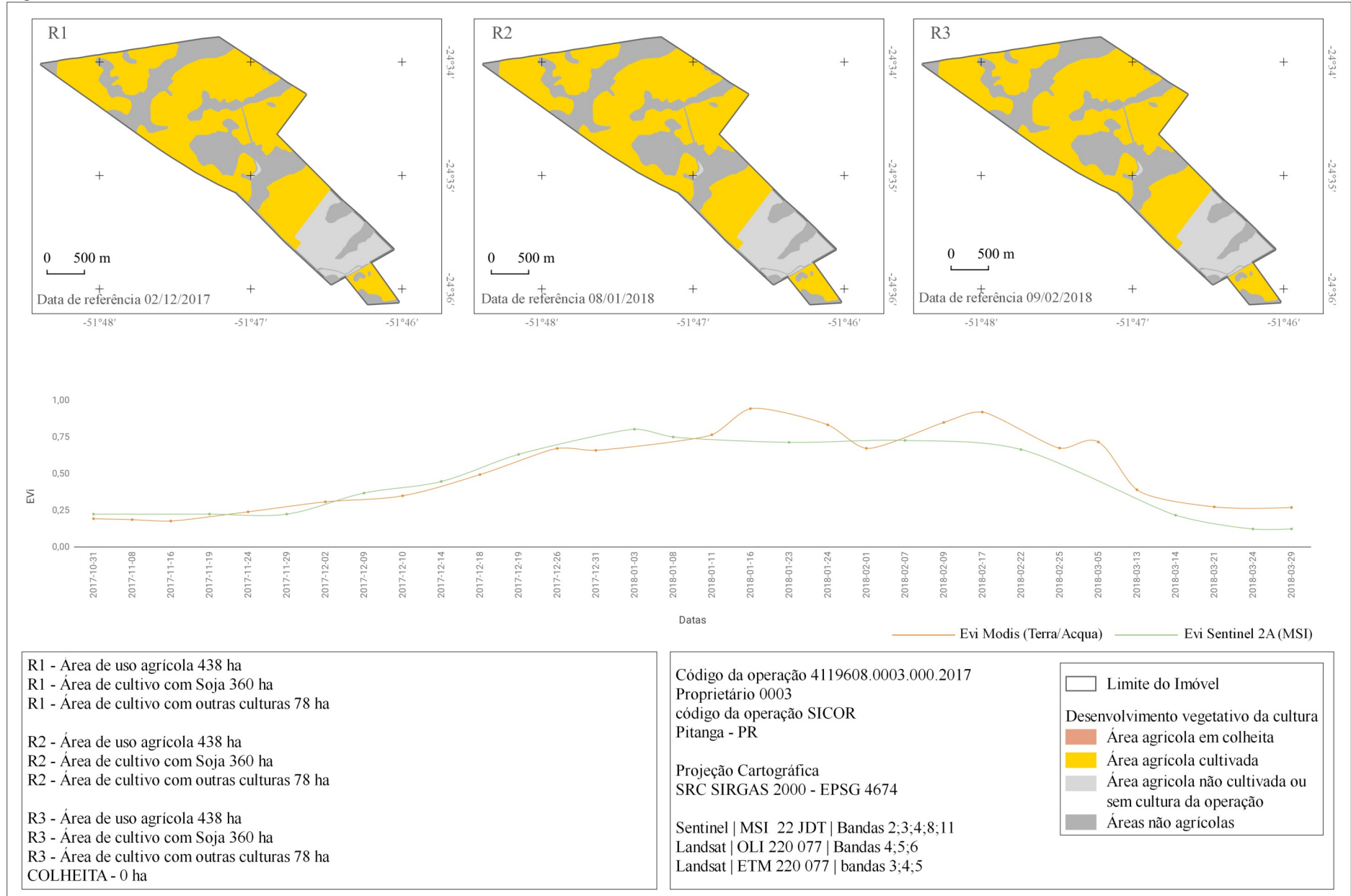


Legenda: 1 - Sensor MSI, 2-Sensor OLI e 3-Sensor ETM

O período de pós relatório 3, adotado como forma de confirmar processos pendentes, indicou colheita do cultivo de soja no final de fevereiro, 6 imagens

estavam disponíveis neste período, 2 de cada sensor, não foram observados cultivos de segunda safra.

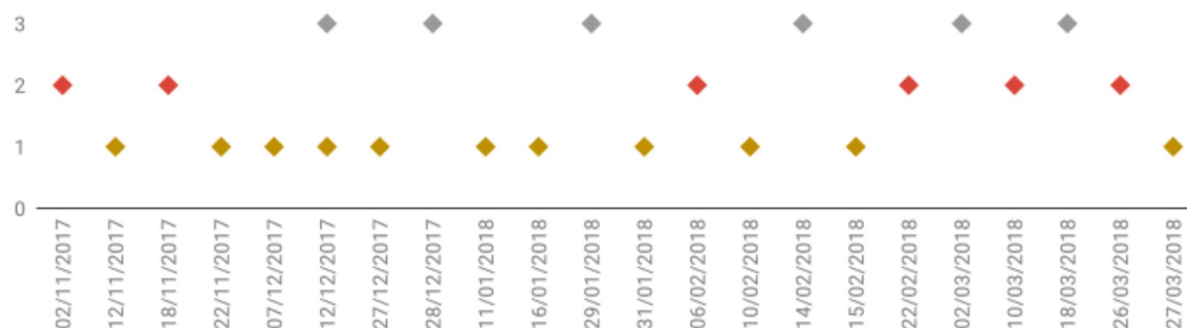
Figura 17 - Análise das fases do cultivo no imóvel 4119608.0003.00



A operação 4318903.0004.000.2017 relativa ao imóvel localizado em São Luiz Gonzaga (RS) [Figura 19](#) com área total de 81,42 ha e de uso agrícola de ~74 ha é o imóvel com menor extensão territorial neste exemplo de aplicação, importante exemplo da aplicabilidade da metodologia e das indicações da resolução 4.427/2015 em situações similares.

A [Figura 18](#) indica que no relatório 1 (período de 01/11/2017 a 02/12/2017) 4 imagens para análise estavam disponíveis sendo 2 do sensor MSI e 2 do Sensor OLI, foram identificados nesta fase o preparo do solo para o provável plantio de soja em ~74 ha, não foram identificados sinais do cultivo, nem por indícios do índice de vegetação (MODIS, MSI) nem com a observação visual das imagens por chaves de interpretação (contraste e forma). No relatório 2, desenvolvimento do cultivo (período de 03/12/2017 – 08/01/2018), foi possível observar sinais do cultivo, com o auxílio de 5 imagens, sendo 3 do sensor MSI, 2 sensor ETM, contudo, não sendo possível confirmar efetivamente sinais da cultura. O relatório 3 (período de 09/01/2018 – 09/02/2018) não apresentou claros indícios de colheita ou processos de senescência, sendo que o cultivo estava em pleno desenvolvimento vegetativo, contudo, com observação em 5 imagens, 3 do sensor MSI, 1 do Sensor OLI e 1 do sensor ETM é possível identificar pelas chaves de interpretação (contraste, cor) que se trata de cultivo de soja. O período de pós relatório 3, indicou etapas de senescência do cultivo de soja no final de Março, completando período aproximado de 120/130 dias, 9 imagens estavam disponíveis neste período, 3 de cada sensor.

Figura 18 - Imagens disponíveis para operação 4318903.0004.000.2017

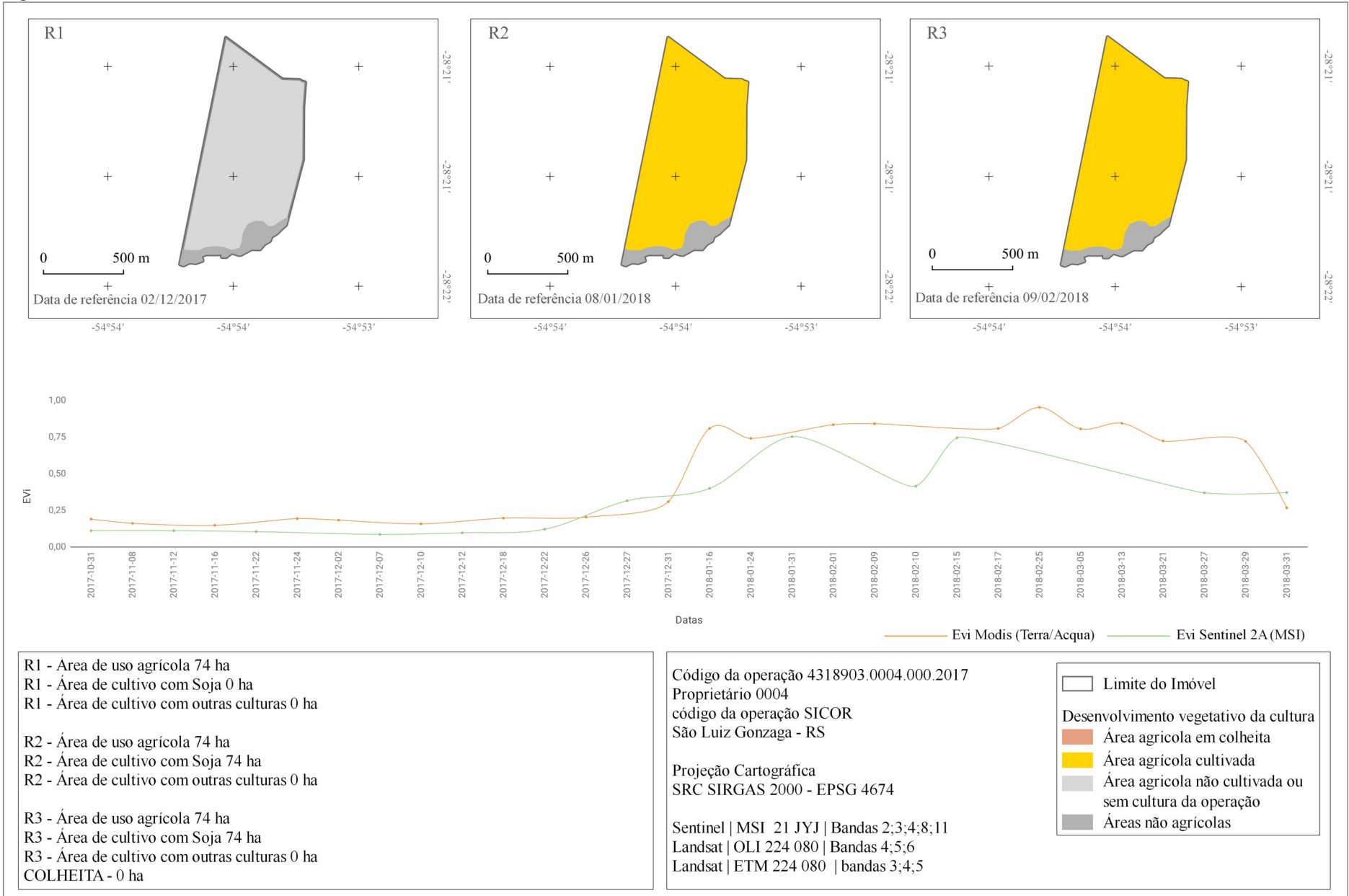


Legenda: 1 - Sensor MSI, 2-Sensor OLI e 3-Sensor ETM

Em relação ao índice de vegetação, devido a falta de disponibilidade em imagens Sentinel (2A,2B) livres de nuvens principalmente no início de fevereiro, para esta região, o índice disponível como produto do MODIS apresentou uma condição

mais próxima a observada visualmente com o compilado de imagens (sensores MSI, OLI e ETM).

Figura 19 Análise das fases do cultivo no imóvel 4318903.0004.000



Para operação 5107925.0005.000.2017 relativa ao imóvel localizado em Sorriso (MT) [Figura 21](#) com área total de 2001,35 ha e área disponível para uso agrícola de ~ 1608 ha.

Em uma observação comparativa entre os dos gráficos com índice de vegetação é possível identificar regularidade entre as fases de cultivo, com plantio, desenvolvimento e senescência da cultura. Ambos os índices utilizados seguem mesmo padrão.

A [Figura 20](#) indica que no relatório 1 (período de 01/11/2017 a 02/12/2017) 5 imagens para análise estavam disponíveis sendo 4 do sensor MSI e 1 do Sensor ETM, foram identificados nesta fase o preparo do solo para o provável plantio de soja em ~360 ha, nos demais 78 ha o desenvolvimento do cultivo de outras culturas como amendoim e milho foi observado, portanto, área removida da análise e já indicada como “Área agrícola não cultivada ou sem cultura da operação”. No relatório 2, desenvolvimento do cultivo (período de 03/12/2017 – 08/01/2018), foi possível observar pleno desenvolvimento de soja, observado com o auxílio de 7 imagens, sendo 4 do sensor MSI, 2 sensor OLI e 1 do sensor ETM além de identificar colheita na área cultivada com outras culturas, que não da operação (soja). O relatório 3, que indica sinais da senescência da cultura e preparo para a colheita (período de 09/01/2018 – 09/02/2018) não apresentou claros indícios deste processo, foram 5 imagens utilizadas nesta etapa, 2 do sensor MSI, 2 do Sensor OLI e 1 do sensor ETM.

Figura 20 - Imagens disponíveis para operação 5107925.0005.000.2017

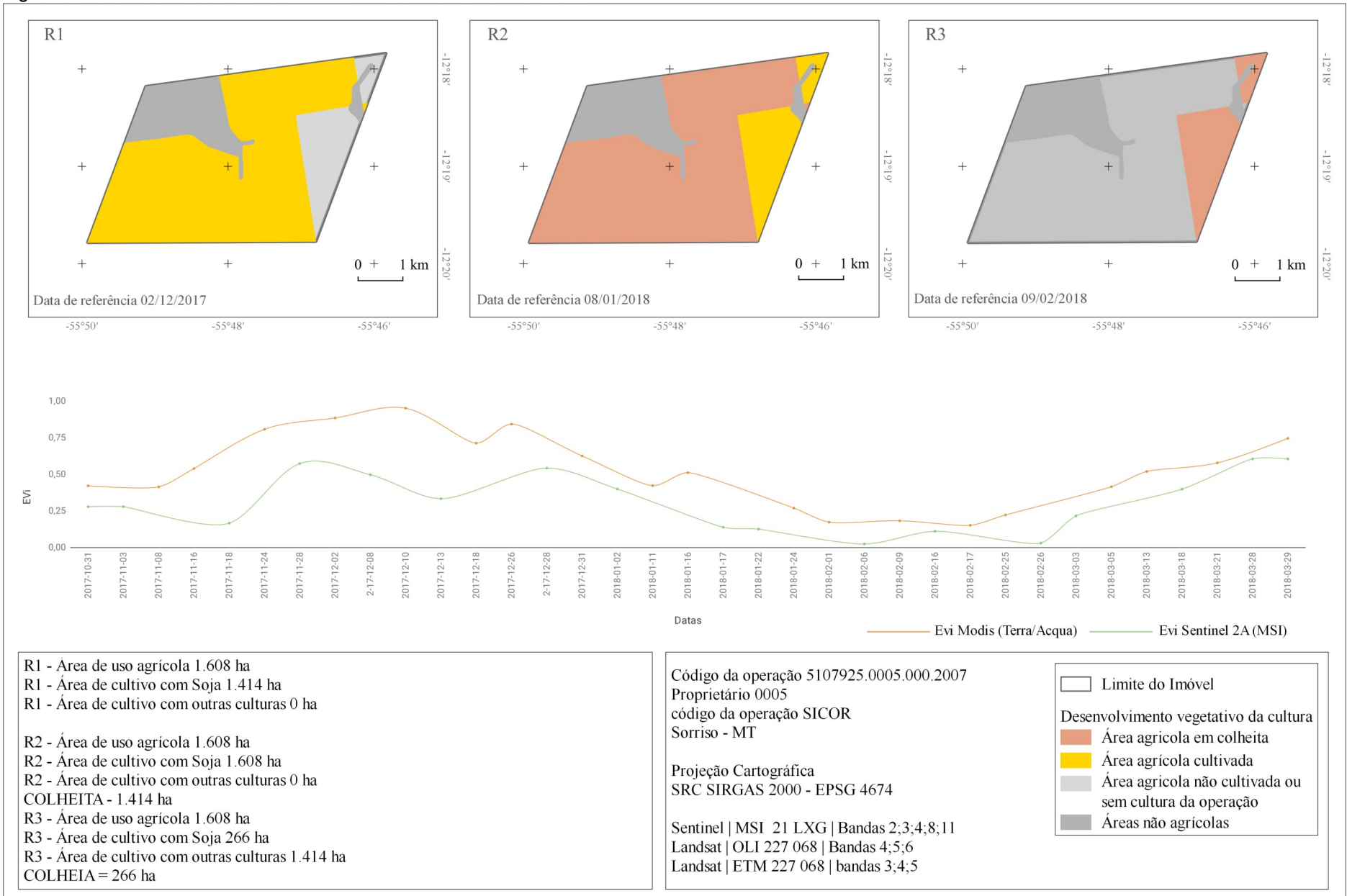


Legenda: 1 - Sensor MSI, 2-Sensor OLI e 3-Sensor ETM

O período de pós relatório 3, adotado como forma de confirmar processos pendentes, indicou colheita do cultivo de soja no final de fevereiro, 6 imagens

estavam disponíveis neste período, 2 de cada sensor, não foram observados cultivos de segunda safra.

Figura 21 - Análise das fases do cultivo no imóvel 5107925.0005.000



Analisando de forma geral o monitoramento nos 5 imóveis pode-se destacar com base no compilado de área (ha) disponível na [Tabela 6](#) que apenas em 1 imóvel não foi possível identificar sinais de plantio de culturas agrícolas no R1. Também foi possível observar que em 20% dos imóveis, ou seja, apenas 1 deles não apresentou área em colheita atendendo a necessidade do relatório 3, visto que foi cultivado com outra cultura agrícola e não relativa ao objeto da operação (soja).

6.3 ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE E ÍNDICE DE VEGETAÇÃO

O item 1-h especifica que o monitoramento deve apresentar “desenvolvimento vegetativo alcançado, índice de vegetação utilizado para avaliação da biomassa e produtividade estimada”. Este item aborda importante análise quando se trata de monitoramento de safra, principalmente para o cultivo de soja, relacionados a aplicação de modelos de estimativa de produtividade, cujas variáveis podem conter desde médias mensais de precipitação regionais extraídas das Normais Climatológicas, insolação média de período como forma de levantar parâmetros de radiação solar.

Modelos empíricos são muito comuns para análise de produtividade, visto que possuem além de experiência da dinâmica agrícola, uma interpretação sintetizadora de fatores que podem influenciar na produtividade da cultura, alguns exemplos são ocorrências de eventos climáticos naturais que ocorrem sazonalmente e não são previstos, assim como questões associadas ao controle biológico em lavouras.

Para atender de imediato aos exemplos de aplicação, conforme necessidade da resolução 4.427 é elaborado um indicativo de produtividade, ou seja, uma informação comparativa com levantamento de produtividade municipal.

O índice disponibilizado pela Produção Agrícola Municipal (PAM/IBGE) apresentado na Tabela 7 associada ao maior valor observado de EVI – Sentinel ao longo dos meses de dezembro – fevereiro.

Tabela 6 - Produção Agrícola Municipal (PAM/IBGE) - 2017/2018

Cod	Município	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (Toneladas)	Rendimento médio da produção (Quilogramas por Hectare)	1 saca de soja/ha (~60 Quilogramas)
2919553	Luís Eduardo Magalhães (BA)	177130	604560	3413	56,88
3142809	Monte Alegre de Minas (MG)	35000	105000	3000	50
4119608	Pitanga (PR)	51000	154000	3020	50,33
4318903	São Luiz Gonzaga (RS)	79500	254999	3208	53,47
5107925	Sorriso (MT)	620000	2157600	3480	58
Total		962630	3276159	16121	

O segundo parâmetro utilizado foi a média do EVI considerando 50 pontos aleatórios nas áreas de cultivo de culturas temporárias do município apresentado na Tabela - 8.

Tabela 7 - Produção Agrícola Municipal (PAM/IBGE) - 2016/2017

Cod	Município	EVI médio
2919553	Luís Eduardo Magalhães (BA)	0.82
3142809	Monte Alegre de Minas (MG)	0.76
4119608	Pitanga (PR)	0.81
4318903	São Luiz Gonzaga (RS)	0.73
5107925	Sorriso (MT)	0.84

Com base nesses dados foi possível elaborar valor de produtividade reduzido para o imóvel Tabela 9 através de uma relação diretamente proporcional.

Tabela 8 - Produtividade reduzida as operações

Operação	EVI máximo Sentinel	1 saca de soja/ha (~60 Quilogramas)
2919553.0001.000.2017	0,69	47,86
3142809.0002.000.2017	0,62	40,99
4119608.0003.000.2017	0.80	49,85
4318903.0004.000.2017	0.75	55,04
5107925.0005.000.2017	0,64	41,73

Observando a Tabela 9 foi verificado que apenas a operação 4318903.0004.000.2017 apresentou valores de indicativo de produtividade média superior a média municipal. Possivelmente associado a uniformidade nos valores de EVI obtidos através do monitoramento. Em todas as outras operações, o processo de plantio e colheita ocorreu de forma mais distribuída ao longo da safra, neste caso,

os processos de plantio e colheita aconteceram rapidamente em toda a área de uso agrícola.

7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A utilização de produtos derivados de sensores orbitais, assim como tecnologias que otimizam a análise espacial e de informação geográfica, contribuem ao atendimento da resolução do 4.427 visto que disponibilizam acesso rápido aos dados e possibilitam a coleta de informações em tempo quase real para fiscalização das atividades agrícolas, garantindo então a estas instituições financeiras um recurso adicional ao monitoramento das atividades ao longo do período em que operações de crédito estiver em vigência.

Foi possível perceber que as tecnologias empregadas possibilitaram o processo de monitoramento. Levantando alguns pontos de melhorias na gestão de dados e informações não exclusivos ao setor agrícola brasileiro, mas também aos setores de registro da operação sendo o principal deles o do registro de imóveis.

Atualmente os registros de matrícula em cartório estão restritos basicamente a transações imobiliárias de compra e venda dos imóveis, contudo, é o cartório de imóveis é um ótimo potencial a inclusão de detalhes do acompanhamento das operações de crédito que acompanham a existência do registro ativo, matrícula. Sendo assim um vetor de estímulo de políticas de planejamento territorial e fiscal, itens que estão presentes na abordagem do cadastro territorial multifinalitário.

Um fato interessante a ser mencionado é sobre a redução do custo para metodologia visto que além dos trâmites burocráticos a que a operação de crédito esta sujeita existe também o fato do crédito subsidiado ser utilizado como um recurso por pequenos/médios produtores. Desta forma barateando os custos com a operação e possibilitando a adoção pelas agências financeiras e executoras do monitoramento amparado por técnicas remotas, em conformidade a resolução 4.427.

Compreender os usuários do crédito subsidiado nas operações em que a resolução 4.427 é possível de ser aplicada é indispensável para adequação da metodologia. Um dos critérios é a dimensão territorial do imóvel e a relação que este possui com a resolução dos dados de sensoriamento remoto (produtos e imagens). O imóvel 4318903.0004.000 Figura 20 cuja dimensão territorial é abaixo de 100.00 ha pode ser utilizado como argumento neste caso. Este exemplo esta mais próximo da realidade da aplicação da resolução nos casos do PRONAF e SEAD e todos os dados utilizados conseguiram subsidiar ao monitoramento proposto, inclusive

adotando os dados de apoio, em que a resolução espacial das imagens (ETM e OLI) estão acima de 30m, restrição imposta pela resolução.

Desta forma acredita-se que a resolução não deva se limitar em termos de critério de resolução espacial de dados de sensoriamento remoto como indicado nos itens 4-a e 4-c da resolução 4.427, visto que, seja como forma de apoio na interpretação, análise combinada ou direta (interpretação visual) os dados gratuitos e bases públicas disponíveis atualmente com resolução espacial que podem permear de 10m até 60m tornam-se um possível e acessível instrumento na replicação do modelo de análise espacial em praticamente todo território nacional, salvo casos particulares de loteamentos rurais ou áreas com elevada infraestrutura urbana.

As análises regionais são excelentes instrumentos para início da operação, visto que podem ser um elemento intermediário entre a operação de crédito cadastral e a análise do monitoramento espacial, considerando ocorrências socioambientais e de infraestrutura regional.

7.1 RELATÓRIO DE MONITORAMENTO

O sensoriamento remoto pode ser visto como um sistema de aquisição de informação para observação do cultivo agrícola, atendendo a todas as fases e possibilitou a identificação das culturas agrícolas.

Com base na metodologia aplicada pode-se indicar como forma de apresentação dos relatórios, através desta metodologia:

- Página 1 – Análise regional
- Página 2 – Análise das fases de cultivo
- Página 3 – Descrição e interpretação dos relatórios, formato textual compilado
- Página 4 – Considerações diversas contendo indicação sobre produtividades estimada.

A análise regional possibilita a padronização e o filtro de ocorrências socioambientais em desacordo com políticas de uso da terra no território brasileiro. Além de atender aos itens 2-a, 2-b e 2-c e 6 da resolução 4.427.

A análise das fases de cultivo foram idealizadas de forma a possibilitar a atualização de modelo conforme disponibilização temporal de nova análise (R1, R2 e R3). Sendo assim atendendo aos itens.

Contudo, mesmo com a representação cartográfica e visual combinada aos elementos de sinalização de confirmação do cultivo, plantio da cultura objeto da operação de crédito e confirmação de colheita foi necessário elemento textual descritivo como forma de apresentar a análise da ocorrência e particularidades associadas ao monitoramento, desta forma atendendo aos itens 4-c e 6.

Adicionalmente, para confirmação de processos pendentes nas operações, foi necessário a observação de pós relatório 3, visto que a necessidade de confirmação de colheita ou da cultura cultivada cujo plantio sofreu algum atraso no processo não foi possível de confirmação até o relatório 3. Neste sentido, o planejamento da execução não conseguiu prever, visto que foi padronizado conforme indicação de calendário de cultivo.

A produção agrícola de uma determinada cultura é estimada multiplicando-se a produtividade pela área plantada. Para isso, a estimativa da produção final de uma cultura depende de dois parâmetros: área plantada e produtividade (LIU, 2016). Ambos os itens foram abordados com redução ao imóvel a partir de observações municipais.

7.2 MULTIFINALIDADE DO CADASTRO

Percebe-se que é um grande desafio para o Brasil administrar todas as informações acerca das propriedades particulares urbanas e principalmente rurais, além de acompanhar o fluxo de transações imobiliárias para proporcionar a agilidade necessária, evitando assim excesso de burocracia, em operações de crédito financeiro envolvido neste processo. Compreende-se que ainda existe um longo caminho a percorrer neste sentido, principalmente pela ausência de vínculos entre informações e também na descentralização de bases de dados (AMORIM et al, 2018).

Não somente visando atender as especificações da resolução 4.427 mas refletindo na contribuição a um sistema nacional integrando informações de operações de crédito (cadastro de operações financeiras) aos respectivos imóveis (cadastro territorial). Atualmente o SICor atende no cadastro das operações de

crédito subsidiado, e os registros de matrículas dos imóveis apenas contêm atualização para averbações de crédito de penhor agrícola, pela transferência efetiva da posse que, em garantia do débito ao credor ou a quem o represente, faz o devedor, suscetível de alienação (transferência para outra pessoa de um bem ou direito). Contudo, este registro de informação no documento de matrícula não inclui especificação sobre a origem do crédito e dos códigos de operação financeira, que poderiam ser rastreados para fins de acompanhamento, monitoramento e levantamento histórico.

Embora o vetor econômico do cadastro esteja relacionado aos aspectos de tributação da terra, modelos de precificação e impostos podem utilizar como parâmetros variáveis como a produtividade histórica do imóvel, item que pode refletir a condição produtiva recorrente do imóvel, além do fluxo de ocorrências em investimento ou suporte de crédito subsidiado, que são indicativos de continuidade de produção.

Em se tratando de aspectos sociais estimulados pela multifuncionalidade no cadastro envolvendo as operações de crédito pode-se destacar o registro de imóvel em uma rede de propriedades partindo do municipal a uma base nacional, garantindo a transparência de informações públicas e servindo de base a promoção de políticas de gestão territorial de acesso à terra. Desta forma, com base na ocorrência de áreas agrícolas consolidadas sem atividades produtiva recorrente, não estando essas associadas à políticas de restauração florestal, a atuação por programas nacionais pode ser promovida.

Cabe destacar que é importante impulsionar o pensamento cadastral nas políticas nacionais com vínculo as bases de informação seja pela disponibilização de dados espaciais através de portal único, como já é percebido com iniciativas como INDE/CONCAR ou de consulta pública.

Para políticas de Gestão territorial algumas ferramentas já implementadas a nível nacional para áreas rurais proporcionam acesso à terra. Grande parte delas voltadas a gestão e regulação, que mesmo com planos particulares de governo em vigência representam historicamente um caminho de acesso e regulamentação das relações de posse propriedade da terra, envolvendo principalmente a gestão dos territórios demarcados. É possível citar neste caso os assentamentos rurais, estes que podem ser divididos em dois grandes grupos:

I - Criados por meio de obtenção de terras pelo Incra, na forma tradicional, denominados Projetos de Assentamento (PAs), que incluem os ambientalmente diferenciados, e o Projeto Descentralizado de Assentamento Sustentável (PDAS);

II - Aqueles implantados por instituições governamentais e reconhecidos pelo Incra, para acesso às políticas públicas do Programa Nacional de Reforma Agrária (PNRA).

Entretanto, políticas de cadastro e de tributação também podem servir como forma de gestão territorial além de complementarem programas de amparo a infraestrutura necessária a comercialização da produção agrícola. Neste sentido, rede logística de transportes e de armazenamento são importantes ferramentas necessárias na atividade agrícola.

Políticas econômicas como o caso de crédito subsidiado são vetores de gestão territorial quando compreende-se que os juros mais baixos no crédito rural se refletem em planos de safra anuais dinâmicos, destacados pela procura de pequenos e médios produtores que são beneficiados diretos por ferramentas de custeio de safra para o ciclo de produção. É neste sentido que a Resolução 4.427 pode contribuir. Como uma ferramenta disponível para possibilitar o fluxo desta cadeia produtiva com amparo econômico.

Embora o processo de disponibilização de crédito seja vetada a também disponibilização dos recursos, nos casos de existência de restrições de uso da terra ora com irregularidades ambientais e/ou socioeconômicas, acredita-se que a resolução possa citar a necessidade de verificação espacial dessas ocorrências, alguns exemplos são embargos por infração de uso, e políticas de produção como acordos de comercialização da produção, a exemplo da Moratória da Soja. Como gestão do território são medidas eficazes de fiscalização.

8 CONCLUSÕES

Ao término desta pesquisa foi possível constatar uma alta complexidade de análise, visto a integração de questões jurídicos administrativos a partir de resoluções e leis, técnico operacionais, científicas e metodológicas, além de alta dependência por dados públicos. Entretanto, foi possível concluir que a proposta de uma metodologia que integre dados do sensoriamento remoto e a estrutura do cadastro territorial multifinalitário CTM para apoio no monitoramento da atividade agrícola relacionada a operações financeiras de forma a atender a Resolução do BACEN nº 4.427, de 25 de junho de 2015 foi alcançada com êxito. Através dos exemplos de aplicação em 5 imóveis foram observados os processos de desenvolvimento de cultivo agrícola, além de levantar informações auxiliares a tomada de decisão sobre possível operação de custeio, por crédito subsidiado, levando em consideração ocorrências ambientais e logísticas.

Ao longo da pesquisa houve as análises dos dados cadastrais e de sensoriamento remoto de maior adequação à fiscalização e ao monitoramento de prioridades rurais, considerando todas as particularidades regionais, destacando a necessidade de código único e a adoção de densidade agrícola.

Considerando a abordagem técnica de uma ferramenta para subsidiar políticas de gestão territorial voltada a atividade agrícola, uma necessidade já destacada pela International Federation of Surveyors – FIG (STEUDLER, 2014). Desta forma o exemplo de aplicação em propriedades rurais com diferentes características fundiárias indicou que os dados disponíveis de forma gratuita podem viabilizar a difusão da metodologia proposta, tanto em caráter de resolução espacial de imagens como observação dos índices de vegetação foram possíveis em todos os casos observados.

A utilização de banco de dados foi uma ferramenta indispensável que possibilitou a análise espacial, provendo medidas de registro e documentação para continuidade da aplicação e aperfeiçoamento da metodologia.

Com a adoção e difusão da cultura cadastral em todas as instâncias da administração pública, inclusive nos cadastros de operações financeiras relacionados aos processos de custeio das atividades agrícolas, acredita-se que

novas resoluções que especifiquem o uso de tecnologias para análise espacial e a utilização de dados georreferenciados sejam necessárias.

8.1 LIMITAÇÕES E DIFICULDADES

No decorrer do desenvolvimento do trabalho ocorreram algumas limitações relacionadas a coleta de dados de imóveis e ao processamento de imagens. O primeiro relacionado aos processos de documentação e registro de dados georreferenciados em documento de matrícula. O segundo relacionado primordialmente ao processamento para o índice de vegetação que requer elevada capacidade computacional além de exigir automatização de processos repetitivos como a seleção de bandas, aplicação de equação e também procedimentos de armazenamento de dados brutos (como critério de segurança) e dados processados.

Para manipulação das imagens de satélite foi necessário alta capacidade de processamento. Os exemplos de aplicação no monitoramento de apenas 5 imóveis utilizou aproximadamente 264 imagens, neste processo foram necessários garantir pelo menos 500 GB, para armazenamento, além do 100 GB necessário para o banco de dados e das bases associadas. Desta forma, a necessidade computacional é extremamente elevada, não somente ao armazenamento de histórico e elevado volume de operações de crédito, combinados a disponibilidade de rede para consulta de dados e acesso aos bancos de armazenamento são alguns itens para consideração no processo e estiveram presentes nos exemplos de aplicação.

8.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Embora tenham decorridos aproximadamente três anos desde que a resolução foi publicada, sua aplicação e operacionalização ainda não é claramente difundida. Dois pontos que podem ser destacados neste sentido é a falta de aderência pelas instituições financeiras, que ainda adotam modelos de fiscalização e monitoramento tradicionais, em campo, e a falta de capacitação de empresas prestadoras do serviço, que encontram no fornecimento de dados espaciais e informações sobre a operação um dificultador não monitoramento.

Neste sentido, alguns ajustes e complementos na resolução e novas pesquisas nesta temática podem contribuir para aprimoramento e usabilidade deste recursos nos processos de fiscalização de crédito subsidiado para custeio de operações financeiras na atividade agrícola. A adequação a realidade operacional técnica pode ser entendido como um processo que conta com a flexibilidade na disponibilidade de dados e na articulação cadastral nacional.

Ao longo da pesquisa tornou-se evidente a necessidade de discutir periodicamente, visto que tanto os dados de sensoriamento remoto quanto as políticas públicas se transformam constantemente, recomenda-se portanto revisão a cada 4 anos, combinada a transição política, que envolve dentre fatores estratégicos na articulação de programas de crédito subsidiado e de secretarias envolvidas no planejamento territorial e econômico nacional.

Para subsidiar aprimoramentos técnicos na resolução são recomendados trabalhos envolvendo metodologias operacionais e aplicadas para utilização de modelos de produtividade de culturas agrícolas a nível municipal, específicos para culturas temporárias e semipermanentes. Desta forma, entende-se que estes modelos podem estimular e viabilizar, com baixo custo, a aplicação da resolução em linhas de crédito subsidiado. Estes modelos de produtividade podem estar associados a um portal de consulta do governo, utilizando desta forma tecnologia geoespacial em conjunto com sistemas de previsão e monitoramento de safra como os providenciados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), hoje disponibilizado por meio de relatórios com análise estadual. Os dados da PAM/IBGE não atendem a necessidade imediata, visto que são publicados apenas ao final da safra.

Outra recomendação estaria relacionada a elaboração de um portal nacional com subsídio ao cadastro, onde as empresas responsáveis pela execução do monitoramento agrícola, em conformidade com a resolução 4.427 possam ter acesso as informações básicas da operação como as disponibilizadas em ambientes como rede nacional de cadastro de imóveis e no Sistema de Operações do Crédito Rural (Sicor). Atualmente ambos os sistemas são descentralizados o que torna a execução operacional e técnica deficitária em caráter de otimização no tempo de exceção além de passível de erros associados aos dados cadastrais relativos do imóvel.

Segundo Item 8 da resolução “É obrigatória a vistoria local, por fiscais não relacionados com os trabalhos ou com as entidades contratadas para os serviços de sensoriamento, de 10% dos empreendimentos fiscalizados por sensoriamento remoto, selecionados aleatoriamente pela instituição financeira, observados os itens 6 a 13 do MCR 2-7 – Fiscalização”, Este item não foi providenciado em função da disponibilidade de recursos para execução do trabalho e é indicado a futuros trabalhos que desejarem expandir a análise sistemática da metodologia parcerias regionais e execução também a nível regional, incluindo na metodologia este item.

Recomenda-se também a modelagem de banco de dados com detalhamento processual de concepção a partir de modelo conceitual, elaborando o modelo lógico e o modelo de aplicação físico. Como o objetivo desta pesquisa não estava relacionada a elaboração de um modelo ideal do banco de dados, foram priorizados apenas os processos relativos a aplicação, necessária a rápida execução dos exemplos de aplicação, um dos itens específicos. Esta estratégia atendeu a esta pesquisa de forma satisfatória e pode ser aprimorada conforme as sugestões propostas.

9 REFERÊNCIAS

ADAMI, Marcos *et al.* Remote sensing time series to evaluate direct land use change of recent expanded sugarcane crop in Brazil. *Sustainability*, v. 4, n. 4, p. 574–585, 2012.

AGUIAR, Daniel Alves De *et al.* Imagens de sensoriamento remoto no monitoramento da colheita da cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola (Jaboticabal, Brazil)*, v. 29, n. 3, p. 440–451, 2009.

AMORIM, Amilton; PELEGRINA, Marcos Aurélio; JULIÃO, Rui Pedro. *Cadastro e gestão territorial: uma visão luso-brasileira para a implementação de sistemas de informação cadastral nos municípios*. São Paulo: [s.n.], 2018.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução No 4.427, De 25 De Junho De 2015. 2015.

BONILLA, Ricardo Javier. *Cadastro Técnico Multifinalitário Como Base Para a Requalificação Urbana: Estudo De Caso Rpa1 – Recife / Pe. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*. Recife - PE: [s.n.], 2012

BORGES, Karla Albuquerque De Vasconcelos; DAVIS, Clodoveu. Modelos de Dados em Sistemas de Informação Geográfica. *Introdução à Ciência da Geoinformação*, p. 66, 2002. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap4-modelos.pdf>>.

CALDEIRA, Ana Paula; SILVANA, Cláudia. Títulos de Crédito Rural. *Revista EPeQ Fafibe*, v. 01, p. 63–69, 2011.

CÂMARA, Gilberto *et al.* Geographical Information Engineering in the 21st Century. *Research Trends in Geographic Information Science*, p. 203–218, 2009.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu A.; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos, Brasil: INPE, 2001.

ESA. *SENTINEL-2 User Handbook*. . [S.l.]: European Space Agency. , 2015

FORMAGGIO, Antonio Roberto; SANCHES, Ieda Del'Arco. *Sensoriamento Remoto em Agricultura*. São Paulo - SP, Brasil: Oficina de Textos, 2017.

FRIEDRICH THEODOR RUDORFF, Bernardo *et al.* Frost damage detection in sugarcane crop using MODIS images and SRTM data. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, p. 5709–5712, 2012.

GONÇALVES, Rômulo Parma. *Modelagem conceitual de bancos de dados geográficos para cadastro técnico multifinalitário em municípios de pequeno e médio porte*. Viçosa, MG, Brasil: Universidade Federal de Viçosa, 2008.

IBGE. Produção Agrícola Municipal (PAM) – 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 25 de Novembro de 2018.

Lei nº 4.504, de 30 de Novembro de 1964. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4504.htm>. Acesso em 20 de Agosto de 2017.

Lei nº 4.595, de 31 de Novembro de 1964. Dispõe sobre a Política e as Instituições Monetárias, Bancárias e Creditícias, Cria o Conselho Monetário Nacional e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4595.htm>. Acesso em: 30 de Julho de 2017.

Lei nº 4.829, de 05 de Novembro de 1965. Institucionaliza o crédito rural. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4829.htm>. Acesso em: 01 de Setembro de 2017.

Lei nº 167, de 14 de Fevereiro de 1967. Dispõe sobre títulos de crédito rural e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0167.htm>. Acesso em: 30 de Setembro de 2017.

Lei nº 6.015, de 31 de Dezembro de 1973. Dispõe sobre os registros públicos, e dá outras providências.. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6015original.htm>. Acesso em: 30 de Setembro de 2017.

Lei nº 10.267, de 28 de Agosto de 2001. Altera dispositivos das Leis nos 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10267.htm>. Acesso em: 30 de Setembro de 2017.

LIU, William Tse Horng. Aplicações de Sensoriamento Remoto. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006. 908p.

LOCH, Carlos; ERBA, Diego Alfonso. Cadastro Técnico Multifinalitário Rural e Urbano. *Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy*, v. 1000, p. 142, 2007. Disponível em: <https://www.lincolninst.edu/pubs/dl/1243_cadastro_urbano_rural.pdf>.

LONGLEY, Paul *et al.* *Sistemas e Ciência da Informação Geográfica*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054899001045>>.

MARQUES, Benedito Ferreira. *Direito Agrário Brasileiro*. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MATHER, Paul M. *Computer processing of remotely-sensed images: An introduction*. 3rd ed ed. New York: JohnWiley & Sons Ltd, 1987. v. 2.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. *Sensoriamento Remoto Princípios e Aplicações*. 4. ed. São Paulo - SP, Brasil: Editora Edgard Blücher Ltda, 2010.

PINTO, Luís Carlos Guedes. Panorama atual da agricultura brasileira e desenvolvimento sustentável: os riscos do risco. In: EMBRAPA;; UNICAMP (Org.). . *Gestão do Risco e Seguro na Agricultura Brasileira*. Rio de Janeiro - RJ: ESCOLA NACIONAL DE SEGUROS, 2011. p. 31–46.

REBELO, Aldo. *Resolução Normativa Nº 22, De 25 De Junho De 2015. BRASIL*. [S.l: s.n.], 2015.

REYDON, Bastiaan Philip; LIVEIRA, Thiago Ademir Macedo. A descentralização fiscal do itr através do cadastro territorial multifinalitário. *IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*, p. 1–7, 2012.

RIZZI, Rodrigo; RUDORFF, Bernardo Friedrich Theodor; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. Avaliação do IAF para soja no Rio Grande do Sul. In: RUDORFF, BERNARDO FRIEDRICH THEODOR; SHIMABUKURO, YOSIO EDEMIR; CABALLOS, JUAN CARLOS (Org.). . *O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil*. 1ed. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2007. p. 129–140.

SHIGUNOV, Tatiana. *Conexão entre o Cadastro e o Registro Público de Imóveis – Análise Crítica Visando a Aplicação da Lei nº 10.267/01*. . Florianópolis, SC: [s.n.], 2005.

STEUDLER, Daniel. *CADASTRE 2014 and Beyond*. Helsinki, Finland: International Federation of Surveyors (FIG), 2014. v. PUBLICATIO. Disponível em: <<http://www.fig.net/pub/figpub/pub61/Figpub61.pdf>>.

APÊNDICE

Figura 22 - Resolução No 4.427, De 25 De Junho De 2015. BRASIL



BANCO CENTRAL DO BRASIL

RESOLUÇÃO Nº 4.427, DE 25 DE JUNHO DE 2015

Autoriza a utilização do sensoriamento remoto para fins de fiscalização de operações de crédito rural e determina o registro das coordenadas geodésicas do empreendimento financiado por operações de crédito rural no Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (Sicor).

O Banco Central do Brasil, na forma do art. 9º da Lei nº 4.595, de 31 de dezembro de 1964, torna público que o Conselho Monetário Nacional, em sessão realizada em 25 de junho de 2015, tendo em vista as disposições do art. 4º, inciso VI, da Lei nº 4.595, de 1964, e dos arts. 4º, 10 e 14 da Lei nº 4.829, de 5 de novembro de 1965,

RESOLVEU:

Art. 1º Os itens 2, 3 e 4 da Seção 1 (Disposições Gerais) do Capítulo 2 (Condições Básicas) do Manual de Crédito Rural (MCR) passam a vigorar com a seguinte redação:

“2 - As coordenadas geodésicas (CG) do empreendimento financiado pelas operações de crédito de custeio agrícola e pelas operações de crédito de investimento referidas nas alíneas “d”, “e” e “f” do MCR 3-3-2 devem:

a) ser informadas no orçamento, plano ou projeto relativo ao empreendimento:

I - a partir de 1º de janeiro de 2016, nas operações acima de R\$300.000,00 (trezentos mil reais);

II - a partir de 1º de julho de 2016, nas operações acima de R\$40.000,00 (quarenta mil reais);

b) compreender os pontos necessários à identificação do perímetro que define a gleba a ser cultivada ou, se for o caso, das duas ou mais glebas objeto da mesma operação de financiamento;

c) ser registradas no Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (Sicor) pelo agente financeiro, conforme normas do MCR 3-5-A, após verificação da consistência dos dados quanto à:

I - localização da gleba no(s) município(s) onde situado o respectivo imóvel;

II - compatibilidade entre a área calculada por meio das CG e a área financiada prevista no contrato de crédito.” (NR)

“3 - A instituição financeira deve utilizar-se do cadastro normal do cliente para concessão de crédito rural.” (NR)

Figura 23 - Resolução No 4.427, De 25 De Junho De 2015. BRASIL.

TÍTULO : CRÉDITO RURAL	1
CAPÍTULO: Condições Básicas - 2	
SEÇÃO : Fiscalização por Sensoriamento Remoto - 8	(*)

- 1 - É admitida a utilização de técnicas de sensoriamento remoto para cumprimento das disposições do MCR 2-7, relativamente à fiscalização das operações de crédito de custeio agrícola e das operações de crédito de investimento referidas nas alíneas “d”, “e” e “f” do MCR 3-3-2, observados os padrões estabelecidos nesta Seção.
- 2 - Considera-se sensoriamento remoto o conjunto de atividades relacionadas à aquisição e à análise de dados de sistemas fotográficos, óptico-eletrônicos ou de radar, capazes de detectar e registrar, sob a forma de imagens, o fluxo de radiação eletromagnética refletida ou emitida por objetos distantes.
- 3 - O empreendimento sujeito à fiscalização por sensoriamento remoto deve ter a sua localização identificada por meio de coordenadas geodésicas, observado o MCR 2-1-2, de forma a delimitar o perímetro da área plantada objeto do crédito.
- 4 - A fiscalização por sensoriamento remoto deve contar com uma sequência de imagens do empreendimento, observadas as seguintes condições:
 - a) resolução espacial inferior a 30 metros e resolução radiométrica mínima de 10 **bits**;
 - b) qualidade suficiente, conforme o empreendimento, para quantificar a área plantada com erro máximo de 10%, identificar a cultura e avaliar o desenvolvimento vegetativo em cada fase do cultivo;
 - c) obtenção de, no mínimo, três imagens, registrando as seguintes fases do cultivo:
 - I - desenvolvimento vegetativo inicial ou, para culturas permanentes, obtenção de imagem em data apropriada para fins de fiscalização prévia;
 - II - desenvolvimento vegetativo pleno; e
 - III - estágio final de maturação.
- 5 - Para cada fase mencionada na alínea “c” do item 4, as imagens utilizadas podem apresentar, no máximo, 10% (dez por cento) da área do empreendimento coberta por nuvens, sombras ou outros fatores que comprometam a extração de informações, admitindo-se a sobreposição de imagens tomadas em momentos diferentes da mesma fase.
- 6 - O resultado da fiscalização por sensoriamento remoto deve ser consignado em laudo específico, observadas as disposições aplicáveis do MCR 2-7 e contendo, no mínimo, as seguintes informações:
 - a) nome e CPF/CNPJ do produtor, Refbacen da operação de crédito e UF/município do empreendimento;
 - b) cultura financiada, área total financiada e produção esperada no caso de custeio;
 - c) coordenadas geodésicas da área financiada, registradas no Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (Sicor);
 - d) satélite imageador e sensor utilizado, data das imagens, resolução espacial, resolução radiométrica e bandas utilizadas;
 - e) metodologia utilizada para realizar o pré-processamento e o processamento da imagem;

Figura 24 - Resolução No 4.427, De 25 De Junho De 2015. BRASIL

TÍTULO : CRÉDITO RURAL

2

CAPÍTULO: Condições Básicas - 2

SEÇÃO : Fiscalização por Sensoriamento Remoto - 8

- f) confirmação da localização do empreendimento e da área efetivamente plantada;
 - g) confirmação da cultura plantada;
 - h) desenvolvimento vegetativo alcançado, índice de vegetação utilizado para avaliação da biomassa e produtividade estimada;
 - i) análise dos desvios verificados e sua relevância em relação aos parâmetros constantes do orçamento e contrato de financiamento; e
 - j) conclusões da análise quanto à regularidade do empreendimento, no tocante aos quesitos relativos à localização e extensão da área plantada, à cultura e ao desenvolvimento vegetativo.
- 7 - O laudo deve ser assinado:
- a) pelos profissionais responsáveis pela análise e elaboração das imagens de sensoriamento remoto, interpretação e elaboração das conclusões; e
 - b) por representante da instituição financeira concedente do crédito, admitindo-se, em lugar dessa assinatura, a referência ao contrato firmado entre a instituição financeira e a entidade prestadora de serviços de sensoriamento remoto para que esta atue em seu nome.
- 8 - É obrigatória a vistoria local, por fiscais não relacionados com os trabalhos ou com as entidades contratadas para os serviços de sensoriamento, de 10% dos empreendimentos fiscalizados por sensoriamento remoto, selecionados aleatoriamente pela instituição financeira, observados os itens 6 a 13 do MCR 2-7 - Fiscalização.
- 9 - A instituição financeira deve adotar as providências para ajuste dos procedimentos técnicos de obtenção e de análise de imagens, junto às entidades contratadas para o serviço de sensoriamento, quando constatadas inconsistências entre os resultados dos laudos de vistoria local e dos laudos específicos do resultado da fiscalização por sensoriamento remoto.
- 10 - As instituições financeiras devem manter a documentação gerada no processo de fiscalização por sensoriamento remoto à disposição do Banco Central do Brasil, conjuntamente com a documentação referente ao contrato de crédito e à sua execução, observadas as normas legais e regulamentares relativas à guarda e à conservação de documentos referentes às operações de crédito rural.
- 11 - As disposições do item 10 aplicam-se ao laudo da vistoria realizada no local, se houver, às imagens do empreendimento, originais e processadas, às memórias de cálculo do pré-processamento e processamento das imagens e de seus metadados, às análises, ao laudo emitido e aos demais arquivos e documentos gerados no processo.

ANEXO A

