



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS



A CRIAÇÃO DE ASSENTAMENTOS RURAIS E SEUS EFEITOS NAS ÁREAS DE PASTAGEM NO CERRADO GOIANO

MARCELO SCOLARI GOSCH

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese

2. Nome completo do autor

MARCELO SCOLARI GOSCH

3. Título do trabalho

“A CRIAÇÃO DE ASSENTAMENTOS RURAIS E SEUS EFEITOS NAS ÁREAS DE PASTAGEM NO CERRADO GOIANO”

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **MARCELO SCOLARI GOSCH, Discente**, em 17/11/2021, às 12:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **Laerte Guimarães Ferreira Júnior, Professor do Magistério Superior**, em 17/11/2021, às 12:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento



no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2496316** e o código CRC **D9F0EDA5**.

A CRIAÇÃO DE ASSENTAMENTOS RURAIS E SEUS EFEITOS NAS ÁREAS DE PASTAGEM NO CERRADO GOIANO

MARCELO SCOLARI GOSCH

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Doutorado em Ciências Ambientais para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Estrutura e Dinâmica Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Laerte Guimarães Ferreira Júnior

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Gosch, Marcelo Scolari
A CRIAÇÃO DE ASSENTAMENTOS RURAIS E SEUS EFEITOS
NAS ÁREAS DE PASTAGEM NO CERRADO GOIANO [manuscrito] /
Marcelo Scolari Gosch. - 2021.
139 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Laerte Guimarães Ferreira Júnior.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Pró-reitoria de
Pós-graduação (PRPG), Programa de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais, Goiânia, 2021.

Bibliografia.

Inclui siglas, mapas, fotografias, abreviaturas, símbolos, gráfico,
tabelas, algoritmos, lista de figuras, lista de tabelas.

1. política de reforma agrária. 2. assentamentos rurais. 3.
pastagem degradada. 4. google earth engine. 5. SIG. I. Ferreira
Júnior, Laerte Guimarães, orient. II. Título.

CDU 502/504



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

ATA DE DEFESA DE TESE

Ata Nº **013** da sessão de Defesa de Tese de **MARCELO SCOLARI GOSCH** que confere o título de Doutor(a) em **Ciências Ambientais**, na área de concentração em **Estrutura e Dinâmica Ambiental**.

Aos **cinco dias do mês de agosto do ano de 2021**, a partir da(s) **14:00h**, por videoconferência, no Google Meet: <meet.google.com/csk-xvtm-ida>, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese intitulada **“A CRIAÇÃO DE ASSENTAMENTOS RURAIS E SEUS EFEITOS NAS ÁREAS DE PASTAGEM NO CERRADO GOIANO”**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Laerte Guimarães Ferreira Junior (IESA/UFG)**, com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor **Nilson Clementino Ferreira (EECA/UFG)**, membro titular interno; Professor Doutor **Manuel Eduardo Ferreira (IESA/UFG)**, membro titular interno, Professor Doutor **Adriano Rodrigues de Oliveira (IESA/UFG)**, membro titular externo; Professor Doutor **Ivanilton José de Oliveira (IESA/UFG)**, membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do **trabalho**. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Laerte Guimarães Ferreira Junior**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, ao(s) **cinco dias do mês de agosto do ano de 2021**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Ivanilton José De Oliveira, Professor do Magistério Superior**, em 17/08/2021, às 11:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Laerte Guimarães Ferreira Júnior, Professor do Magistério Superior**, em 17/08/2021, às 11:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Rodrigues De Oliveira, Professor do Magistério Superior**, em 17/08/2021, às 19:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Manuel Eduardo Ferreira, Professor do Magistério Superior**, em 25/08/2021, às 10:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Nilson Clementino Ferreira, Professor do Magistério Superior**, em 26/08/2021, às 15:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2150692** e o código CRC **2397A723**.

Referência: Processo nº 23070.031837/2021-13

SEI nº 2150692

“A terra é a grande provedora das necessidades humanas. É da terra que todos os povos tiram o seu sustento, sua alegria, seu vestuário e sua arte. Não apenas a terra que germina o grão, mas a que fornece os minerais, o barro dos objetos, o ferro do machado e o abrigo às intempéries se liga ao ser humano para criar sua cultura, mística e espiritualidade. Por isso, no processo de transformação da riqueza natural em objetos da riqueza humana, a fonte é sempre a terra e a natureza que a acompanha.”

Marés (2010)

“Nós não herdamos a terra de nossos pais, apenas a tomamos emprestado de nossos filhos”

Ditado Hindu

Terra

Quando eu me encontrava preso
Na cela de uma cadeia
Foi que vi pela primeira vez
As tais *Fotografias*
Em que apareces inteira
Porém lá não estavas nua
E sim coberta de *Nuvens...*

Terra! Terra!
Por mais distante
O errante navegante
Quem jamais te esqueceria?...

Ninguém supõe a morena
Dentro da estrela azulada
Na vertigem do cinema
Mando um abraço prá ti
Pequenina como se eu fosse
O saudoso poeta
E fosses a Paraíba...

Terra! Terra!
Por mais distante
O errante navegante
Quem jamais te esqueceria?...

Eu estou apaixonado
Por uma menina *terra*
Signo de elemento *terra*
Do mar se diz *terra* à vista
Terra para o pé firmeza
Terra para a mão carícia
Outros astros lhe são guia...

Terra! Terra!
Por mais distante
O errante navegante
Quem jamais te esqueceria?...

Eu sou um leão de fogo
Sem ti me consumiria
A mim mesmo eternamente
E de nada valeria

Acontecer de eu ser gente
E gente é outra alegria
Diferente das estrelas...

Terra! Terra!
Por mais distante
O errante navegante
Quem jamais te esqueceria?...

De onde nem tempo, nem espaço
Que a força mande coragem
Prá gente te dar carinho
Durante toda a viagem
Que realizas no nada
Através do qual carregas
O nome da tua carne...

Terra! Terra!
Por mais distante
O errante navegante
Quem jamais te esqueceria?

Terra! Terra!
Por mais distante
O errante navegante
Quem jamais te esqueceria?

Terra! Terra!
Por mais distante
O errante navegante
Quem jamais te esqueceria?...

Nas sacadas dos sobrados
Da velha são Salvador
Há lembranças de donzelas
Do tempo do Imperador
Tudo, tudo na Bahia
Faz a gente querer bem
A Bahia tem um jeito...

Terra! Terra!
Por mais distante
O errante navegante
Quem jamais te esqueceria?

Composição: Caetano Veloso.

DEDICATÓRIA

À ciência, que sua luz ilumine os caminhos da sociedade contra o novo obscurantismo que nos assola.

AGRADECIMENTOS

Essa tese é fruto de uma construção coletiva e se desenvolveu dentro de um ambiente colaborativo junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB/UFG), bem como junto ao grupo de pesquisa do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG/UFG). Assim, gostaria de agradecer a todos os docentes, discentes, pesquisadores e colegas que contribuíram para sua realização.

Especificamente, gostaria de agradecer:

Ao meu orientador, professor Dr. Laerte Guimarães Ferreira Júnior, pela orientação, apoio e acompanhamento, bem como por proporcionar um ambiente acadêmico profícuo com um grupo de pesquisa de excelência e de referência nacional e internacional.

Ao LAPIG, sob a coordenação da Professora Elaine Silva, pelo apoio prestado, ambiência acadêmica e a boa acolhida.

Aos colegas de doutorado, Victor Tomaz, Sérgio Nogueira e especialmente a Gabriel Caymmi Vilela Ferreira, pelas contribuições metodológicas fundamentais para o início desse estudo.

Às pesquisadoras do LAPIG, Anna Santos, Lana Teixeira e Vanessa Lopes, por todo auxílio e apoio, e especialmente aos pesquisadores Leandro Leal Parente, Claudinei Santos e Vinícius Mesquita, que contribuíram substancialmente para a pesquisa e auxiliaram no desenvolvimento metodológico da mesma.

Aos professores Dr. Adriano Rodrigues de Oliveira e Dr. Nilson Clementino Ferreira pelos bons diálogos e trocas de ideias reflexivas.

Ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), na pessoa do Agrônomo Silvano Pereira Alves, por conceder a oportunidade para realizar essa pesquisa. Agradeço especialmente ao colega Evane Ferreira Júnior, pelo apoio em vários momentos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela bolsa de estudo concedida.

Por fim, e não menos importante, às famílias assentadas e lideranças dos projetos de assentamentos visitados, pelo interesse e total apoio prestado.

TRAJETÓRIA ACADÊMICA-PROFISSIONAL

Entre 1998 e 2002, cursei Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Goiás, período de muito aprendizado e construções, junto às disciplinas regulares, na iniciação científica e no movimento estudantil, como presidente do Centro Acadêmico e representante regional da Federação dos Estudantes de Agronomia do Brasil - FEAB. Durante esse período, participei e ajudei a organizar intensivamente cursos, palestras, seminários e congressos, em várias universidades pelo Brasil afora, sobre os mais variados temas da agronomia, em especial relacionados à agroecologia, reforma agrária, extensão rural e sociologia rural. No fim do curso fiz estágio curricular junto à cooperativa de produtores orgânicos - Horta & Arte, em Ibiúna - SP.

Após a formatura em 2002, trabalhei por cerca de um ano na Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins - ADAPEC, onde desenvolvi diversos trabalhos, como o mapeamento, levantamento e identificação de pragas de importância agrícola nas culturas de soja, algodão, manga, melancia, abacaxi, banana e coco. Além de realizar ações preventivas e de controle de pragas agrícolas, com palestras a produtores e confecção de material didático sobre o controle de pragas. Nesse período iniciei minha especialização - em Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Federal do Tocantins, finalizando-a em 2004.

Entre os anos de 2004 e 2006, fui contratado pela Fundação Bradesco - Escola de Canuanã - TO, onde desenvolvi atividades como Professor do curso Técnico em Agropecuária, ministrando os conteúdos de topografia / sensoriamento remoto, solos, mecanização, olericultura, paisagismo, plantio direto, culturas anuais e perenes, agricultura orgânica/agroecologia. Foram desenvolvidas outras atividades como a orientação de alunos em pesquisas agrícolas, desenvolvidas em parceria com a Universidade Federal do Tocantins - UFT e a instituição de pesquisa do Tocantins/Unitins-agro e a participação no projeto nosso lixo, nossa história, como coordenador da reciclagem de resíduos orgânicos sólidos, confeccionado adubo para a horta da escola.

Em 2006 fui aprovado em concurso público para exercer o cargo de Engenheiro Agrônomo/Perito Federal Agrário junto ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA. Desde então, desenvolvo diversas atividades, atuando principalmente nos seguintes temas: acompanhamento e fiscalização dos contratos de assistência técnica aos assentamentos rurais; planejando de atividades pertinentes ao uso racional dos recursos naturais em assentamentos rurais; regularização ambiental dos assentamentos com a execução do Cadastro Ambiental Rural - CAR; confecção e execução de projetos de parcelamento das fazendas desapropriadas para reforma agrária; dentre outras atividades.

Durante esse período, tive a oportunidade de exercer também cargo de direção no INCRA de Santarém - PA e em Goiás, atuando nas áreas de desenvolvimento dos assentamentos e meio ambiente.

Em 2013, ainda atuando no INCRA, retorno à academia para cursar Mestrado em Agronegócio na linha de pesquisa de Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional na Universidade Federal de Goiás, finalizando a dissertação em 2015, sob o título “a influência de atividades agrícolas sobre a vegetação remanescente de cerrado em assentamentos rurais no estado de Goiás”. Em 2017, ingresso no Doutorado em Ciências Ambientais na Universidade Federal de Goiás, quando tenho a oportunidade de participar do grupo de pesquisa do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG/UFG), onde encontrei todo apoio para desenvolver minha pesquisa junto aos assentamentos rurais e auxiliar no desenvolvimento de metodologias para identificação de pastagens degradadas no Brasil.

SUMÁRIO

RESUMO	15
ABSTRACT	16
LISTA DE FIGURAS	17
LISTA DE TABELAS	18
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	19
APRESENTAÇÃO	20
1. INTRODUÇÃO	22
1.1 Problema de Pesquisa	23
1.2 Hipótese	23
1.3 Objetivos	24
2. REFERENCIAL TEÓRICO	26
2.1 A criação dos assentamentos rurais no Brasil e seus desafios: algumas considerações sobre o Cerrado goiano	26
2.2 As pastagens e o sensoriamento remoto	43
3. APÊNDICE A - Pastagens degradadas, uma herança dos imóveis rurais desapropriados para os assentamentos rurais do Cerrado goiano	48
4. APÊNDICE B - Landsat-based assessment of the quantitative and qualitative dynamics of the pasture areas in rural settlements in the Cerrado biome, Brazil	77
5. APÊNDICE C - Evolução das pastagens degradadas nos assentamentos rurais, comparada a seus contextos locais no Cerrado goiano	104
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	136

RESUMO

A política de reforma agrária executada no Brasil, a partir de meados da década de 1980 se caracterizou como uma política compensatória, a fim de apaziguar os conflitos rurais existentes, não alterando a alta concentração de terras do país. Tal política, caracterizada por muitos autores como “política de criação de assentamentos”, gerou nesses quase quarenta anos mais de nove mil e quatrocentos assentamentos rurais, que abrigam cerca de um milhão de famílias assentadas, demonstrando a relevância dos assentamentos no contexto do rural brasileiro. No Cerrado goiano, a criação dos assentamentos se deu predominantemente por meio da desapropriação de grandes propriedades improdutivas de pecuária, ocupadas por pastagens. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da criação dos assentamentos rurais no uso do solo das áreas de pastagens, bem como contribuir com a identificação de pastagens degradadas através de dados satelitários. Para tanto, a metodologia utilizada considerou uma pesquisa em 111 processos de criação de assentamentos rurais de Goiás (para verificar indícios de degradação das pastagens nos imóveis rurais desapropriados). Fez-se o uso de técnicas e ferramentas de geoprocessamento e classificação de imagens de satélite (Landsat), apoiados em estudos científicos sobre degradação de pastagens. As imagens de satélite utilizadas foram obtidas e pré-processadas a partir da plataforma do *Google Earth Engine*. Utilizou-se também dados geográficos georreferenciados (perímetros dos 413 assentamentos e classe de solos em Goiás) e produtos do mapeamento das pastagens elaborado pela iniciativa MapBiomas. Por fim, foram realizadas visitas aos assentamentos rurais e seus entornos, a fim de confrontar os resultados das análises de escritório (sensoriamento remoto) com as pastagens encontradas em campo, além de verificar a aplicação das políticas públicas da reforma agrária. Os resultados demonstram que o uso de técnicas de sensoriamento remoto e as adaptações metodológicas realizadas foram capazes de retratar a realidade encontrada em campo e permitiram analisar a evolução das pastagens ao longo do tempo. Porém, alguns desafios ainda precisam ser superados, como as influências das variações sazonais na percepção de degradação das pastagens. Os resultados indicaram, ainda, que os imóveis rurais que deram origem aos assentamentos, tinham um predomínio de pastagens degradadas, revelando que os assentados, muitas vezes, herdaram passivos ambientais. Da mesma forma, verificou-se que, após a criação dos assentamentos rurais, ocorreu um aumento da quantidade de pastagem no interior dos assentamentos, bem como uma melhora da qualidade das mesmas. Viu-se, também, que a grande maioria dos assentamentos rurais conseguiram melhorar suas pastagens após a sua criação, sendo que os assentamentos rurais mais antigos tiveram maior sucesso nessa melhora. Ademais, em regra, os assentamentos rurais acompanharam as tendências de melhora ou piora das pastagens do seu contexto local, com uma melhora mais expressiva no interior dos assentamentos, revelando que a criação dos assentamentos rurais teve um efeito positivo no uso do solo das áreas de pastagem analisadas no Cerrado goiano.

Palavras-chave: política de reforma agrária, assentamentos rurais, pastagem degradada, google earth engine, SIG.

ABSTRACT

The agrarian reform policy implemented in Brazil from the mid-1980s onwards was characterized as a compensatory policy to control existing rural conflicts, not altering the country's high concentration of land. Such a policy, characterized by many authors as a "settlement creation policy", has generated in these almost forty years over 8,500 rural settlements, which shelter about one million settled families, demonstrating the relevance of the settlements in the Brazilian rural context. In the Cerrado of Goiás, the creation of settlements was predominantly through the expropriation of large unproductive cattle ranching properties. In this sense, this work aimed to evaluate the effect of the creation of rural settlements on the land use of pasture areas, as well as to contribute to the identification of degraded pastures through satellite data. For that, the methodology used considered research in 111 processes of creation of rural settlements in Goiás (to verify signs of degradation of pastures in expropriated rural properties). Geoprocessing techniques and tools and satellite image classification (Landsat) were used, supported by scientific studies on pasture degradation. The satellite images used were obtained and pre-processed from the Google Earth Engine platform. We also used georeferenced geographic data (perimeters of the 413 settlements and soil class in Goiás) and products from the mapping of pastures prepared by the MapBiomias initiative. Finally, visits were made to rural settlements and their surroundings, in order to compare the results of the office analyzes (remote sensing) with the pastures found in the field, in addition to verifying the application of public policies for agrarian reform. The results showed that the use of remote sensing techniques and the methodological adaptations made were able to portray the reality found in the field and allowed to analyze the evolution of pastures over time however, some challenges still need to be overcome, such as overcoming the influences of seasonal variations in the perception of pasture degradation. The results also indicated that the rural properties that gave rise to the settlements had a predominance of degraded pastures, revealing that the settlers often inherit environmental liabilities. Likewise, it was found that after the creation of rural settlements, there was an increase in the amount of pasture within the settlements, as well as an improvement in their quality. It was also seen that the vast majority of rural settlements were able to improve their pastures after their creation, and the older rural settlements were most successful in this improvement. In addition, as a rule, rural settlements followed the trends of improvement or worsening of pastures in their local context, with a more significant improvement in the interior of the settlements, revealing that the creation of rural settlements had a positive effect on land use in pastures analyzed in the Cerrado of Goiás.

Keywords: land reform policy, rural settlements, degraded pasture, google earth engine, GIS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Espacialização dos assentamentos rurais no Brasil	30
Figura 2.2 – Percentuais da reforma agrária distribuídos nas regiões do Brasil	31
Figura 2.3 – Espacialização e densidade de Kernel dos assentamentos rurais goianos	32
Figura 2.4 – Assentamentos rurais e as classes de solos em Goiás	34
Figura 3.1 – Distribuição dos assentamentos rurais no estado de Goiás	52
Figura 3.2 – Fluxograma mostrando os principais dados e métodos	53
Figura 3.3 – Número de assentamentos rurais em relação ao ano em que foram avaliados pelo INCRA	56
Figura 3.4 – Distribuição dos assentamentos de acordo com a nota INCRA e área de pastagem (estimada de acordo com dados INCRA e classificação automática de imagens Landsat)	62
Figura 3.5 – Espacialização dos níveis de degradação das pastagens (a partir da análise de imagens satelitárias) e sua comparação com a avaliação de campo feita pelo INCRA	64
Figura 3.6 – Espacialização dos assentamentos rurais classificados quanto a depreciação (A) e a degradação (B) de suas pastagens	66
Figure 4.1 – Flowchart depicting the main data and methods considered in this study	81
Figure 4.2 – Creation of rural settlements by INCRA	83
Figure 4.3 – Number of rural settlements according to the evolution in pasture area from settlement creation to 2017	86
Figure 4.4 – Spatialization of the pasture degradation level in two rural settlements with a strong variation in the Pasture Degradation Index (PDI) (between the year of their creation and 2017)	89
Figure 4.5 – Distribution of rural settlements according to the quality evolution of their pastures, as indicated by the Pasture Degradation Index (PDI)	90
Figure 4.6 – A) Distribution of rural settlements in relation to the difference in PDI (Pasture Degradation Index) values between the year of their creation and 2017; B/C) Percentage of settlements according to the PDI variation and their creation date	90
Figura 5.1 – Agrupamento regional de assentamentos em nível municipal e a definição da área de estudo (assentamentos selecionados + entornos)	109
Figura 5.2 – Número de assentamentos rurais em relação ao ano de avaliação de suas pastagens	110
Figura 5.3 – Evolução da quantidade de pastagem nos assentamentos rurais e seus entornos	116
Figura 5.4 – Assentamentos rurais e seus entornos de acordo com a evolução da qualidade de suas pastagens, quanto ao Índice de Degradação da Pastagem (IDP)	119
Figura 5.5 – Espacialização dos níveis de degradação das pastagens nos períodos de análise, correlacionado a quantidade de imagens sem nuvens disponíveis	121
Figura 5.6 – Evolução das áreas de pastagem no interior do assentamento São Judas	121
Figura 5.7 – Classificação das pastagens e sua relação com as visitas de campo	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Parâmetros do nível de degradação de pastagem, conforme o % de cobertura vegetal da pastagem anual (CVPa)	57
Tabela 3.2 – Avaliação do estado da cobertura vegetal, conforme as cinco categorias do Índice de Degradação da Pastagem Anual (IDPa)	59
Tabela 3.3 – Total de pastagens avaliadas pelo INCRA de acordo com sua depreciação e distribuição dos imóveis rurais quanto a qualidade global de suas pastagens	60
Tabela 3.4 – Distribuição dos níveis de degradação calculados a partir da CVPa e a distribuição dos imóveis rurais desapropriados quanto ao cálculo do IDPa	65
Table 4.1 – Pasture degradation level, according to the relative pasture condition in both space and time (RPC)	84
Table 4.2 – Evaluation of the vegetative cover according to the pasture degradation index in the space-time domain (PDI)	85
Table 4.3 – Number of rural settlements in relation to the respective pasture proportions in the two periods of analysis	85
Table 4.4 – Distribution of the pasture degradation levels estimated based on the RPC for the two periods of analysis (and the difference between them)	87
Table 4.5 – Distribution of rural settlement regarding the Pasture Degradation Index (PDI) in the two periods of analysis (and their respective differences)	88
Tabela 5.1 – Nível de degradação de pastagem, conforme o % de cobertura vegetal da pastagem (CVP)	112
Tabela 5.2 – Avaliação da cobertura vegetal conforme o índice de degradação da pastagem (IDP)	112
Tabela 5.3 – Média do percentual da pastagem nos agrupamentos regionais nos três períodos analisados e suas diferenças	115
Tabela 5.4 – Projetos de Assentamento que melhoraram suas pastagens - Distribuição dos níveis de degradação da pastagem calculados a partir do CVP para os três períodos de análise e a diferença entre eles	117
Tabela 5.5 – Índice de Degradação da Pastagem (IDP) dos Projetos de Assentamentos - PAs e entornos nos três períodos de análise e a diferença entre eles	118
Tabela 5.6 – Análise de acertos do CVP em relação às pastagens em campo	123
Tabela 5.7 – Assentamentos com maior e menor percentual de solos com aptidão para uso agrícola em relação ao seu entorno	126

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC – Agricultura de Baixo Carbono
APP – Área de Preservação Permanente
CPT – Comissão Pastoral da Terra
CVP – Cobertura Vegetal da Pastagem
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GEE – Grau de Eficiência das Explorações
GEEs – Emissões de Gases de Efeito Estufa
GUT – Grau de Utilização da Terra
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDP – Índice de Degradação da Pastagem
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IR – Imóveis Rurais
LAPIG – Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento
MST – Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra
NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
POLOCENTRO – Programa de Desenvolvimento de Áreas de Cerrado dos Cerrados
RL – Reserva Legal
SIG – Sistema de Informações Geográficas
SIPRA – Sistema de Informações de Projetos de Reforma Agrária
STR – Sindicatos dos Trabalhadores Rurais
UA – Unidade Animal

APRESENTAÇÃO

A presente tese de doutorado, realizada no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB), da Universidade Federal de Goiás (UFG), é composta de três artigos científicos, e está organizada da seguinte forma:

- 1) Introdução: apresenta uma descrição geral do tema da tese, como a problematização, as hipóteses e os objetivos;
- 2) Referencial Teórico: discute os principais conceitos relacionados à composição geral da tese;
- 3) Desenvolvimento: compreende três artigos separados em apêndices, que buscam responder aos objetivos da pesquisa;
- 4) Considerações finais: faz a integração dos resultados obtidos no desenvolvimento da tese.

As revisões de literatura, metodologia, resultados e discussões são tratados em detalhe pelos respectivos artigos. Os três artigos apresentam inovações metodológicas sobre a identificação de pastagens degradadas através de dados satelitários e técnicas de sensoriamento remoto. Assim, a metodologia aqui utilizada foi evoluindo e se desenvolvendo ao longo desta tese.

O Apêndice A, “Pastagens degradadas, uma herança dos imóveis rurais desapropriados para os assentamentos rurais do Cerrado goiano”, apresenta uma comparação entre dois diferentes métodos de avaliação de pastagens. Por um lado, as avaliações realizadas pelo Governo, através do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA (que serviram de base para calibração dos critérios de avaliação dos dados satelitários), e por outro, avaliações apoiadas em estudos científicos sobre degradação de pastagens, utilizando dados satelitários e técnicas de sensoriamento remoto.

O Apêndice B, “*Landsat-based assessment of the quantitative and qualitative dynamics of the pasture areas in rural settlements in the Cerrado biome, Brazil*”, busca entender como ocorreu evolução das áreas de pastagens presentes nos assentamentos rurais, desde a criação dos mesmos até a atualidade. Para tanto, foram realizadas análises quantitativas e qualitativas, nos 413 assentamentos rurais criados no estado de Goiás pelo Instituto Brasileiro de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), entre o anos 1984 e 2017, utilizando programa computacional de produção de informações geográficas, tendo como

base o mapeamento das pastagens do estado de Goiás, bem como imagens de satélite Landsat, obtidas a partir da plataforma do *Google Earth Engine*.

O Apêndice C, “Evolução das pastagens degradadas nos assentamentos rurais, comparada a seus contextos locais no Cerrado goiano”, investigou a evolução das áreas de pastagens nos assentamentos, comparando-as com regiões do seu entorno. Assim, foram selecionados 10 assentamentos rurais (com a inclusão do seu entorno imediato - 30 km de raio) nas quatro regiões de maior concentração de assentamentos em Goiás. As análises foram realizadas com base no mapeamento das pastagens (iniciativa MapBiomias), imagens de satélites obtidas e processadas por meio da plataforma *Google Earth Engine*, visitas de campo e análises das classes de solos presentes.

A primeira parte do referencial teórico, “A criação dos assentamentos rurais no Brasil e seus desafios: algumas considerações sobre o Cerrado goiano”, e o Apêndice A, foram publicados nas revistas RP3 - Revista de Pesquisa em Políticas Públicas e Campo-Território: revista de geografia agrária, respectivamente. O Apêndice B foi submetido à revista *Applied Geography*.

1. INTRODUÇÃO

Um novo ciclo da luta pelo acesso à terra se iniciou no Brasil, após a redemocratização na década de 1980. Lentamente, foram sendo instalados assentamentos rurais em todos os estados da federação para apaziguar situações de conflitos rurais localizados (Bergamasco, 1997). Basicamente, o assentamento rural é um conjunto de unidades agrícolas independentes entre si, chamada de parcelas, lotes ou glebas (INCRA, 2019). Essas unidades agrícolas são instaladas¹ pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), através da desapropriação de imóveis rurais.

Assim, quando se cria um assentamento rural, modifica-se o tamanho da propriedade rural original, aumentando exponencialmente a quantidade de famílias detentoras de terras. Em geral, no processo de criação de assentamentos rurais, grandes propriedades são transformadas em inúmeras pequenas propriedades de base familiar, o que traz efetivas mudanças regionais, desencadeando processos de transformação econômica, política, social e ambiental (Leite *et al.*, 2004; Sparovek *et al.*, 2005). Na estruturação dos assentamentos rurais, várias ações são demandadas das entidades governamentais de todas as esferas, como demarcação dos lotes (federal), construção de habitações (federal), escolas (municipal e estadual), estradas (federal, estadual e municipal), eletrificação rural (federal e estadual), créditos (federal e estadual), assistência técnica (estadual e federal), saúde (estadual e municipal), entre outras (INCRA, 2019).

Após a conquista da terra e a gradual estruturação do assentamento, os trabalhadores rurais assentados enfrentam o desafio de tornarem suas novas propriedades produtivas e delas tirarem seu sustento. Em Goiás, o desafio de viver da terra passa pela produção pecuária e pela recuperação/restauração das pastagens existentes, visto que o estado de Goiás tem sua economia baseada na produção agropecuária, com 43% da seu território ocupado por pastagens (Scaramuzza *et al.*, 2017), possuindo o segundo maior efetivo de bovinos dentre os estados brasileiros, com cerca de 23 milhões de cabeças (IBGE, 2017). Ademais a maior parte dos assentamentos do estado foi criada em fazendas com pastagem formada (Medina *et al.*, 2016), e existem indícios de que as pastagens cultivadas no Cerrado apresentam níveis de degradação da ordem de 40 a 50% (Brito *et al.*, 2018; Pereira O. *et al.*, 2018).

Assim, o desafio dos novos proprietários de terra não é pequeno, principalmente se considerarmos o perfil socioeconômico da maioria do público beneficiário das políticas de reforma agrária, em regra, pobres rurais e urbanos com baixo nível de escolaridade, mas com experiência em atividades do meio rural. O desafio produtivo se torna ainda maior nos

¹ Existem projetos de assentamento instalados por estados e municípios. O INCRA reconhece os projetos estaduais e municipais como projetos de reforma agrária, viabilizando o acesso dos beneficiários aos direitos básicos estabelecidos para o programa de reforma agrária (INCRA, 2019).

diversos casos de imóveis rurais com acentuado grau de degradação ambiental, que são desapropriados por se caracterizarem improdutivos, e posteriormente são destinados à reforma agrária (Sparovek, 2003). Nestes casos, os trabalhadores rurais recém-assentados herdam um passivo ambiental do qual não são responsáveis. Assim, nos estudos que contemplem a mudança do regime de posse e do uso da terra, é importante e necessário considerar o momento da alteração do domínio do imóvel rural, a fim de verificar se a situação atual de degradação foi provocada antes ou depois da troca da posse e uso.

Dessa forma, essa tese visa contribuir para o entendimento do efeito da criação dos assentamentos rurais nas áreas de pastagem, ao longo dos anos; ajudar na compreensão dos impactos negativos ou dos possíveis ganhos ambientais gerados através da execução da política de reforma agrária; bem como auxiliar no aprimoramento, através de dados satelitários de sensoriamento remoto, da identificação de pastagens degradadas nesses territórios.

Por fim, acredita-se que a identificação da qualidade das pastagens no interior dos projetos de assentamentos do INCRA é essencial para uma intervenção mais assertiva de políticas públicas como o Plano de Agricultura de Baixo Carbono ("Plano ABC")² e de instituições públicas que visam a manutenção da produtividade das pastagens e a recuperação das pastagens degradadas que estão, por exemplo, sob o domínio da União, nos assentamentos rurais.

1.1 Problema de Pesquisa

Avaliar o efeito da criação dos assentamentos rurais na dinâmica quantitativa-qualitativa das áreas de pastagens no Cerrado goiano.

1.2 Hipótese

A implementação de assentamentos rurais resulta em ganhos sociais, econômicos e ambientais. Assim, as áreas de pastagem tendem a melhorar após a criação dos assentamentos rurais.

² É uma política pública que apresenta o detalhamento das ações de mitigação e adaptação às mudanças do clima para o setor agropecuário, e aponta de que forma o Brasil pretende cumprir os compromissos assumidos de redução de emissão de gases de efeito estufa neste setor. Entre outras ações, disponibiliza crédito subsidiado para a restauração de pastagens, com a meta de recuperar 15 milhões de hectares de pastagens degradadas até 2030, por meio de manejo e fertilização adequados (Brasil, 2012).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral:

Analisar o efeito da criação dos assentamentos rurais do INCRA sobre as áreas de pastagens existentes nas propriedades originais.

1.3.2 Objetivos específicos:

- a) Avaliar o potencial dos dados satelitários e técnicas de sensoriamento remoto para determinar as condições produtivas das pastagens;
- b) Avaliar a condição das pastagens no momento da desapropriação dos assentamentos;
- c) Entender como se deu a evolução das áreas de pastagens presentes nos assentamentos rurais, desde a sua criação até a atualidade.

Referências

Bergamasco, S.M.P.P., 1997. A realidade dos assentamentos rurais por detrás dos números. **Estudos avançados**, v.11, n.31, p.37-49.

Brasil, 2012. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: **plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília: MAPA/ACS,173 p. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>>. Acesso em: 01 mai. 2019.

Brito, J.L.S., Arantes, A.E., Ferreira, L.G., Sano, E.E., 2018. MODIS estimates of pasture productivity in the Cerrado based on ground and Landsat-8 data extrapolations. **Journal of Applied Remote Sensing**, v.12, n.2.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística., 2017. Em: **Produção da Pecuária Municipal - 2017**, Rio de Janeiro. v.45, p.1-8. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=784>>. Acesso em: 03 jan. 2019.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária., 2019. O que é um assentamento? Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/assentamento>>. Acesso em: 09 mai. 2019.

Leite, S., Heredia, B., Medeiros, L., Palmeira, M., Cintrão, R., 2004. Impacto dos assentamentos: um estudo sobre o meio rural brasileiro. Brasília: **IICA/NEAD**; São Paulo: Editora: UNESP, 392p

Marés, C.F., 2010. Função Social da Propriedade. In: Reforma Agrária e Meio Ambiente: Teoria e prática no estado do Paraná. Sonda, Claudia; Trauczynski, Silvia Cristina (Organizadoras). Curitiba: **ITCG**, 2010, p. 344. Disponível em:

<<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=79> > Acesso em: 25 Mai. 2020.

Medina, G., Camargo, R., Silvestre, W., 2016. Retratos da agricultura familiar em Goiás: relevância, sistemas de produção e alternativas para sua consolidação. In: Medina, G. (Org.). Agricultura familiar em Goiás: lições para o assessoramento técnico, p.15-39. 3. Ed. ver. e ampl. Goiânia, Editora UFG, 285 pp.

Pereira, O., Ferreira, L., Pinto, F., Baumgarten, L., 2018. Assessing pasture degradation in the Brazilian Cerrado based on the analysis of MODIS NDVI time-series. **Remote Sensing**, v.10, p.1761.

Scaramuzza, C.A.M., Sano, E., Adami, M., Bolfe, E., Coutinho, A.C., Silva, E.B., Valeriano, D., Esquerdo, J.C.D.M., Maurano, L.E., 2017. Land-use and land-cover mapping of the Brazilian Cerrado based mainly on landsat-8 satellite images. *Revista Brasileira de Cartografia (Online)*, V.69, P.1041-1051.

Sparovek, G.A., 2003. Qualidade dos assentamentos da reforma agrária brasileira. **Páginas & Letras**. Editora e Gráfica, v.1, 204 p.

Sparovek, G., Alberto G.O., Barretto, P., Maule, R.F., Martins S.P., 2005. Análise territorial da produção nos assentamentos. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário: **NEAD**. Disponível em:

<<http://frentedagastronomiamineira.org/livros/analise-territorial-da-producao-nos-assentamentos.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A criação dos assentamentos rurais no Brasil e seus desafios: algumas considerações sobre o Cerrado goiano³

“Mas eu pejei muito para ter essa terra. Sabe como é, a gente fraco, não pode comprar, só mesmo o governo dando. Mas para ganhar terra a gente tem que ter muita fé.”

Sr. Onofre.

Entrevista de Delma Pessanha Neves em 1999
(Neves, 2013).

O presente texto discorre sobre a imensa desigualdade da distribuição de terras no país; o modelo da política pública de reforma agrária instalado no Brasil após a redemocratização; e os desafios enfrentados pelos assentados frente às adversidades das terras recém-conquistadas, muitas vezes, impróprias para a exploração agropecuária, seja pelas características físicas da área (solo e relevo), seja por passivos ambientais herdados dos antigos proprietários. O sonho de ter um pedaço de terra se transforma em um sentimento forte, que pode tanto auxiliar os trabalhadores rurais a superar as adversidades, quanto a impulsioná-los a aceitar as terras “disponibilizadas” pelo Estado brasileiro, como em alguns casos presenciados pelo presente autor em trabalhos de parcelamento⁴ em assentamentos rurais de Goiás.

Assim a análise aqui realizada se exemplifica em casos de assentamentos rurais localizados no estado de Goiás e visa contribuir com o debate da necessidade de uma política de reforma agrária bem planejada no país, de forma que os ônus físicos e ambientais das propriedades adquiridas não recaiam exclusivamente sobre os assentados. Afinal os mesmos são o elo mais “frágil” do processo de reforma agrária e não podem ser responsabilizados sozinhos pelos casos de passivos ambientais, abandono/vendas de parcelas e baixas produções, realizadas, muitas vezes, em assentamentos rurais advindos de propriedades com condições duvidosas para a exploração agropecuária das unidades familiares.

Dito isso, faz-se necessário uma breve contextualização dos processos que levaram a criação de assentamentos rurais em todo o país, após a redemocratização. Inicialmente vale ressaltar que ainda hoje, o Brasil é um dos países mais desiguais do mundo (PNUD, 2016), com uma estrutura fundiária altamente concentrada, fruto do processo histórico de ocupação de suas terras pelo sistema de capitania hereditárias e sesmarias; e pela

³ Este texto foi publicado na Revista **RP3 - Revista de Pesquisa em Políticas Públicas**, disponível em <https://periodicos.unb.br/index.php/rp3/article/view/34177>, em 17 de setembro de 2020. DOI: 10.18829/2108.

⁴ Basicamente, o assentamento rural é um conjunto de unidades agrícolas independentes entre si, instaladas pelo INCRA. Cada uma dessas unidades é chamada de parcelas, lotes ou glebas (INCRA, 2019).

implementação da lei de terras de 1850, que garantiu a legalidade do direito à propriedade privada da terra, e restringiu o acesso à terra apenas as pessoas que pudessem comprá-la, impedindo que grande parte da população rural pobre adquirisse a posse onde residia (Mattei, 2013). Da mesma forma, o modelo de “desenvolvimento” instituído no Brasil, com seus diversos ciclos econômicos voltados para a exportação de produtos primários, sempre priorizou as grandes propriedades em detrimento às pequenas propriedades de base familiar.

Esses ciclos econômicos ganharam novo fôlego a partir da década de 1970, quando o bioma Cerrado, e especialmente o estado de Goiás, começou a ser ocupado de forma intensiva visando à produção de grãos para exportação (Jepson, 2005; Klink & Machado, 2005). Assim a agricultura em larga escala iniciou um processo de expansão no Cerrado, especialmente devido às política de crédito agrícola e da implantação de infraestrutura regional, através de programas federais como o Programa de Desenvolvimento de Áreas de Cerrado (POLOCENTRO); aliado a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) que desenvolveu as bases para a agricultura “moderna” ou “revolução verde”. Agricultura essa, calcada no uso de fertilizantes sintéticos para correção da fertilidade e acidez do solo; no melhoramento genético de espécies exóticas que fossem produtivas em condições edafoclimáticas do Cerrado; no uso intensivo de agrotóxicos; e pela mecanização.

O Cerrado experimentou assim a “modernização conservadora”, com aumento exponencial de produção e produtividade, sem alterar a estrutura agrária vigente. Em Goiás, o que se verificou na verdade, foi um considerável aprofundamento das condições de concentração fundiária a partir da consolidação do modelo do latifúndio (Inocêncio & Calaça, 2009). Assim, os pobres do campo, em regra, foram “expulsos” de suas pequenas posses para dar lugar a grandes fazendas produtoras de *commodities*, sendo o êxodo rural uma das consequências da expansão da fronteira agrícola no Cerrado.

É nesse contexto de concentração de terras e de exclusão social, aliado ao período de redemocratização do Brasil, com o fim da ditadura militar, a reorganização dos Sindicatos dos Trabalhadores Rurais (STR) e o surgimento de novos movimentos sociais do campo, como o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), que se inicia um novo período da luta pela terra no Brasil. Assim, a partir de meados dos anos 1980 registra-se, de forma lenta e irregular, a implementação de assentamentos rurais em todos os estados da federação, tendo como objetivo principal apaziguar situações de conflitos localizados, sem partir de uma política realmente estrutural que resgatasse o potencial produtivo da agricultura familiar (Bergamasco, 1997). É nesse período também, que surgem os primeiros assentamentos rurais em Goiás, instalados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), frutos em sua grande maioria, da desapropriação

por interesse social, de fazendas consideradas improdutivas, processo esse ancorado no estatuto da terra de 1964 que instituiu o conceito da função social da terra⁵.

Dessa forma, pode-se dizer que os assentamentos rurais criados após a redemocratização do Brasil, são fruto do modelo econômico implantado no campo brasileiro (que priorizou a produção em larga escala para exportação de *commodities*, contribuindo com a exclusão social e o êxodo rural); da altíssima concentração de terras do país; e dos conflitos rurais e ocupações de terras resultantes dos fatores elencados anteriormente (Mattei, 2013; Binkowski, 2018). Ou seja, essa nova “onda” de criação de assentamentos rurais a partir da década de 1980, se caracterizou como uma reação do Estado brasileiro às pressões dos movimentos reivindicatórios pela reforma agrária, se constituindo mais como uma forma de atenuar os conflitos sociais, do que reduzir situações de pobreza e exclusão social (Norder, 1997).

Esse modelo de reforma agrária, realizada pelo “Estado reativo” às pressões sociais do campo, não conseguiu implementar a proposta do primeiro Plano Nacional de Reforma Agrária (I PNRA) de 1985, que visava o estabelecimento de zonas prioritárias de reforma agrária, nem conseguiu fiscalizar de forma eficiente o cumprimento da função social da propriedade rural, estabelecido no Estatuto da Terra (Lei 4.504, de 30/11/1964). Culminando assim na “política de criação de assentamentos rurais”, que foi ineficiente para alterar o quadro de concentração fundiária do país.

Podemos verificar, através do índice de Gini⁶, que a concentração de terras no Brasil permaneceu praticamente inalterada nas últimas décadas, com o índice de Gini elevado, desde 1975, em torno de 0,86. Além disso, a Oxfam Brasil (2016) revelou que 1% dos grandes proprietários de terras detêm 45% de toda a área rural, enquanto os pequenos proprietários de terras, com menos de 10 hectares, possuem menos de 2,3% da área total do país. Esses dados revelam que, embora o esforço governamental para assentar famílias no campo tenha sido importante, não foi suficiente para reduzir a desigualdade no acesso à terra.

Essa alta concentração de terras não é exclusividade do Brasil, Frankema (2010) observa que os níveis de desigualdade de terra na América Latina, estão entre os mais altos do mundo, existindo evidências qualitativas abundantes de que as mudanças na

⁵ A função social da terra é cumprida quando a propriedade rural atende simultaneamente aos seguintes requisitos: aproveitamento racional e adequado; utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do ambiente; observância das disposições que regulam as relações de trabalho; e exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e trabalhadores (Maia *et al.*, 2016). A terra deve cumprir sua função social, nos aspectos produtivos, ambientais e sociais.

⁶ Índice que varia de 0 (zero) a 1. O valor zero representa uma situação hipotética em que todos possuem exatamente a mesma quantidade de terra, e o valor 1, uma situação em que todas as terras estariam concentradas na mão de uma única pessoa. Assim, quanto mais próximo de 1, maior será a concentração de terras (IBGE, 2006).

distribuição da terra foram limitadas na era pós-colonial. Já na América do Sul, o Brasil foi classificado como o quinto país mais desigual em relação à distribuição de terra na região, onde o Paraguai apareceu com o pior índice de Gini (0,93), seguido do Chile (0,91) e da Venezuela e Colômbia (0,88) (Guereña & Burgos, 2016).

Fica evidente o quão desigual é o Brasil em termos de distribuição de terras. Sparovek (2003), ao analisar o histórico do índice de Gini no Brasil, observou não ver tendência de redução da desigualdade da distribuição da posse da terra. O autor afirma ainda que, “mesmo com intervenções fundiárias por parte do governo, através de projetos de assentamento, colonização e de programas de crédito, a estrutura fundiária brasileira não vem sofrendo alterações mensuráveis com índices integradores”. Da mesma forma, Leite *et al.* (2004) observaram que a criação dos assentamentos não alterou a situação de concentração fundiária, sendo que as alterações são visíveis apenas em nível local, motivo pelo qual não se pode classificar a política de assentamentos rurais como um profundo processo de reforma da estrutura fundiária.

Segundo Heredia *et al.* (2002), a política de criação de assentamentos acabou proporcionando o surgimento de “manchas territoriais” com uma concentração relativamente elevada de assentamentos, tanto em número de projetos, quanto em número de famílias e em área ocupada, caracterizando-se, de certa forma, como um avanço em relação aos processos isolados de criação de assentamentos rurais. Os autores relatam que o sucesso da criação dos assentamentos rurais estimulou trabalhadores a seguirem o mesmo caminho, forçando novas desapropriações e adensando os assentamentos em determinadas áreas. Assim foram surgindo “áreas reformadas” a posteriori. No estudo identificou-se também, que existe uma estreita relação entre a ação dos movimentos dos trabalhadores e as desapropriações para a criação de assentamentos, onde 96% dos assentamentos pesquisados surgiram a partir de conflitos rurais.

Parece existir uma relação entre os conflitos e a criação dos assentamentos rurais. O estudo de Caume (2000) demonstra que a política de reforma agrária só começou a se desenvolver na prática, após a pressão dos movimentos sociais por meio de ocupações de latifúndios. O autor analisou e comparou os dados da luta pela terra e das políticas de reforma agrária do estado de Goiás, e verificou que os assentamentos de reforma agrária criados, a partir de 1985, foram muito mais o reflexo de uma resposta do Estado aos conflitos no campo, do que um exemplo de política pública planejada e concebida com o objetivo de alterar a configuração da distribuição de terras no Brasil (Caume, 2000). Neste mesmo sentido, Verano *et al.* (2018), usando ferramentas estatísticas, afirmam que o “Estado não tem um projeto estabelecido de reforma agrária, mas sim um conjunto de ações desordenadas que visam apenas responder à sociedade quando um violento conflito acontece”. Segundo os autores, “o teste da causalidade de Granger demonstrou que o

Estado só assenta um número significativo de famílias um período depois de ocorrer um grande número de homicídios”.

Nesse sentido, a Comissão Pastoral da Terra (CPT), órgão ligado à Conferência Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB), vem coletando dados desde 1985 sobre os conflitos rurais no país, e entre 1985 e 2016 foram registrados 1.833 assassinatos no campo. Binkowski (2018) afirma que “desde a década de 1980, os conflitos agrários no Brasil apresentam a mesma tônica: chacinas, massacres, uma violência que atinge as minorias, cujo vencedor tem sido o capital e as lógicas territoriais perversas do capitalismo”. O relatório “Conflitos no Campo Brasil 2016” (CPT, 2016), demonstra também que a violência cresceu 26% de 2015 a 2016. O aumento dessa violência estaria relacionado à expansão do agronegócio, ao avanço de grandes corporações econômicas nos espaços rurais, às obras de infraestrutura que avançam sobre o território de comunidades tradicionais e à impunidade (Binkowski, 2018).

Era de se esperar, portanto, um aumento do número de assentamentos rurais após esse crescente aumento de violência no campo. No entanto, o que Verano *et al.* (2018), observaram foi exatamente o contrário. Os autores afirmam que nesse último período, apesar da violência no campo aumentar acentuadamente, o número de famílias assentadas caiu rapidamente, e em 2017, nenhuma família foi assentada. Para os autores, isso demonstra uma nova postura institucional: “a insensibilidade do Estado aos conflitos”, antes o “Estado reativo” apaziguava os conflitos através da criação de assentamentos rurais, agora o mesmo se encontra inerte aos conflitos deflagrados.

É necessário observar que a violência aqui relatada, sob o termo “conflito”, não se resume somente a assassinatos, mas inclui também as ameaças de morte e tentativas de assassinatos e demais formas de coação. Um exemplo de coação e intimidação ocorreu no caso emblemático da ocupação da Sesmária Santo Antônio do Mosquito, formada por terras devolutas, a mesma se tornou o primeiro assentamento rural do gênero em Goiás. Pessoa (1999) relata que a criação do assentamento Mosquito foi uma experiência que uniu a resistência na posse e a ocupação organizada. Cerca de 60 famílias participaram da ocupação da terra, e com o apoio dos sindicatos de Itapuranga e de Itapirapuã, também da Diocese de Goiás e da Fetaeg, os posseiros resistiram aos ataques dos capangas do fazendeiro, à queima de ranchos e de plantações, até que, em 12 de agosto de 1986, a área foi desapropriada e foram assentadas 42 famílias no Projeto de Assentamento (PA) Mosquito – as sete famílias de antigos posseiros, e mais 35 famílias provenientes de outros lugares (Silva, 2006).

Por esses casos e tantos outros, que Bergamasco & Norder (1996) afirmam que, no Brasil, os assentamentos surgem da luta dos trabalhadores rurais, e são definidos como a “criação de novas unidades de produção agrícola por meio de políticas governamentais,

visando o reordenamento do uso da terra, em benefício de trabalhadores rurais sem terra ou com pouca terra”. Todas essas lutas e conflitos, construíram a “política de criação de assentamentos rurais”, de forma desordenada, ao sabor dos conflitos e dos interesses políticos/econômicos de ocasião.

Assim, a partir de 2004, o aumento de conflitos rurais, aliado ao grande número de ocupações, “impulsionou” a reforma agrária. Segundo dados do governo federal (INCRA, 2012), no período 2004-2011, o número de assentamentos aumentou 48%; a área total ocupada por projetos da reforma agrária no Brasil foi ampliada em 88%, e o número de famílias assentadas cresceu 72% (Oliveira, 2013).

Atualmente encontramos assentamentos rurais espalhados por todo o território nacional. De acordo com o INCRA, em 2015, havia no Brasil, 8.763 assentamentos rurais, ocupando aproximadamente 86 milhões de hectares e com 924 mil famílias assentadas (Medina *et al.*, 2016). Estes dados demonstram o avanço da política agrária e a relevância dos assentamentos no contexto atual do rural brasileiro. No entanto, os assentamentos rurais no Brasil estão distribuídos de forma desigual entre as regiões do país, como pode ser visualizado na figura 1.



Figura 2.1 – Espacialização dos assentamentos rurais no Brasil. Fonte: INCRA, 2017

Gosch *et al.* (2014) relatam que a reforma agrária foi executada com maior vigor na região norte do país, onde se encontram 76% de toda a área incorporada à reforma agrária e 41% de todas as famílias assentadas, como pode ser visto na figura 2. Quase a totalidade da área incorporada à reforma agrária (97%) e das famílias assentadas (91%) se localizam em três regiões do país: Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

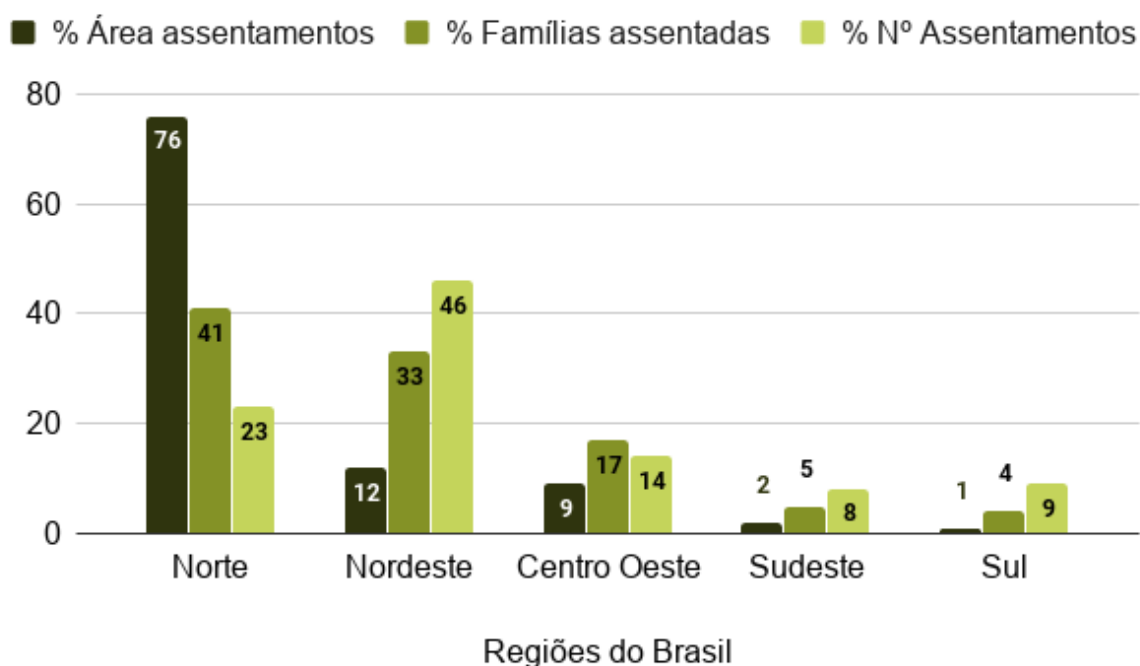


Figura 2.2 – Percentuais da reforma agrária distribuídos nas regiões do Brasil.

Fonte: Gosch *et al.* (2014)

Essa distribuição desigual das ações da reforma agrária foi ressaltada, já em 1996, por Bergamasco & Norder, sendo relatado que “a política agrária nacional tentou de forma clara deslocar a luta pela terra para locais mais afastados e desabitados do país, como na região amazônica e, sobretudo, em áreas de fronteira agrícola”.

Em Goiás a política de reforma agrária implantada seguiu o mesmo padrão, isto é, a criação de assentamentos rurais ocorreu preferencialmente longe do eixo econômico e produtivo do estado, especialmente longe das regiões produtoras de grãos (mesorregião sul de Goiás), deslocando os assentamentos para regiões menos desenvolvidas economicamente. Em 2015 existiam 421 assentamentos rurais no estado, ocupando aproximadamente um milhão de hectares e abrigando mais de 22 mil famílias (Medina *et al.*, 2016). Esses assentamentos se concentram em quatro regiões do estado (ver figura 3),

formando em escala menor as já citadas “manchas territoriais”, caracterizadas por Heredia *et al.* (2002).

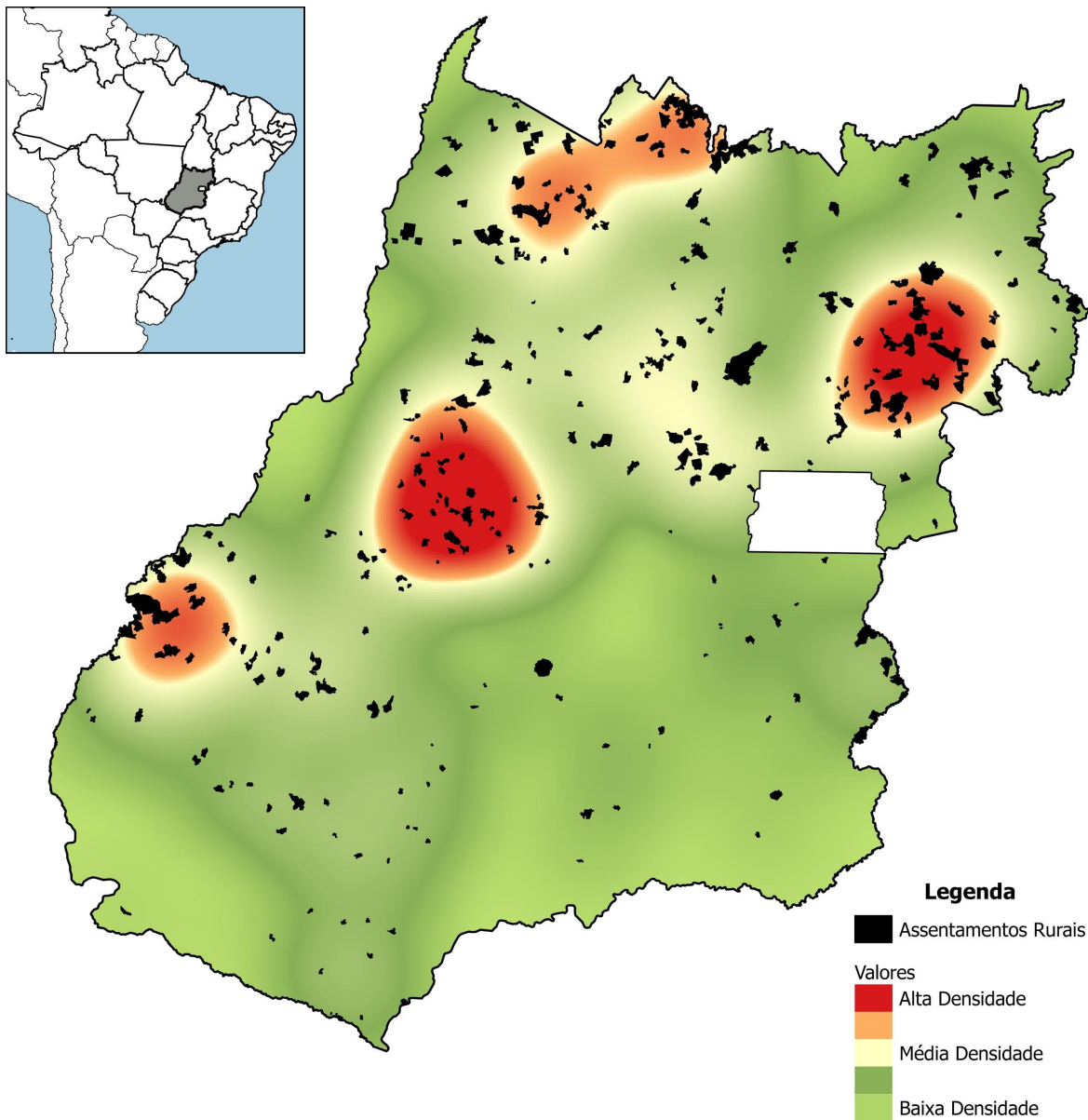


Figura 2.3 – Espacialização e densidade de Kernel dos assentamentos rurais goianos

Fonte: INCRA, 2017.

A distribuição dos assentamentos rurais em Goiás foi relatada por Oliveira (2013), que descreve que na região norte de Goiás existe uma concentração de assentamentos relativamente grandes em área, abrigoando, portanto muitas famílias. Na região noroeste existem poucos assentamentos, mas com área extensa, abrigoando também muitas famílias; e na região central do estado existem muitas famílias assentadas distribuídas em vários

pequenos assentamentos. Já Santos & Castro (2016), observaram a alta concentração de assentamentos rurais no nordeste goiano, região de baixa aptidão agrícola e menos desenvolvida economicamente, em contraposição a baixa densidade de assentamentos na porção sul do estado, justamente a região com melhores condições de aproveitamento agropecuário das terras e com um maior desenvolvimento econômico e social, situação que corrobora a descrição realizada por Bergamasco & Norder (1996). Essa disparidade regional de Goiás é descrita, em certa medida, por Ferreira *et al.* (2009), que destacam que é justamente a porção norte do estado onde são encontrados os maiores índices de pobreza, os menores valores de terra e os maiores volumes de remanescentes do Cerrado.

Assim, os assentamentos rurais goianos foram implantados em sua maioria no “eixo centro-norte” do estado (ver figura 3), região distante da infraestrutura produtiva do sul de Goiás, menos desenvolvida economicamente, com terras mais baratas e com solos e relevo menos favoráveis à produção agropecuária, em comparação às condições do sul do estado.

Na Figura 4 é possível observar a distribuição dos assentamentos rurais em relação às classes de solo de Goiás. Observa-se que 51,9% das terras do estado são classificadas como Latossolo; 21,7% são da classe Cambissolo; e 8% são solos da classe Plintossolo. Já as terras dos assentamentos de Goiás se dividem de forma diferente quanto a sua classificação. Assim, 38,9% das terras dos assentamentos de Goiás são da classe Latossolo; 25,9% são da classe Cambissolo; e 16,9% são solos da classe Plintossolo.

Percebe-se menor percentual de Latossolos nos assentamentos rurais em relação às terras do estado e um maior percentual de solos das classes Cambissolos e Plintossolo. É sabido que os Latossolos têm em geral, boas condições físicas e relevos mais suaves, apresentando alto potencial para o uso agrícola. Já os Cambissolos são pouco desenvolvidos, apresentando ainda as características do material originário (rocha), estando normalmente associados a áreas de relevos muito movimentados (ondulados a montanhosos); e os Plintossolos são normalmente mal drenados com baixa fertilidade natural e acidez elevada (EMBRAPA, 2020). Dessa forma o conjunto de assentamentos rurais tem percentualmente menos terras com aptidão agrícola em comparação ao conjunto de terras do estado de Goiás.

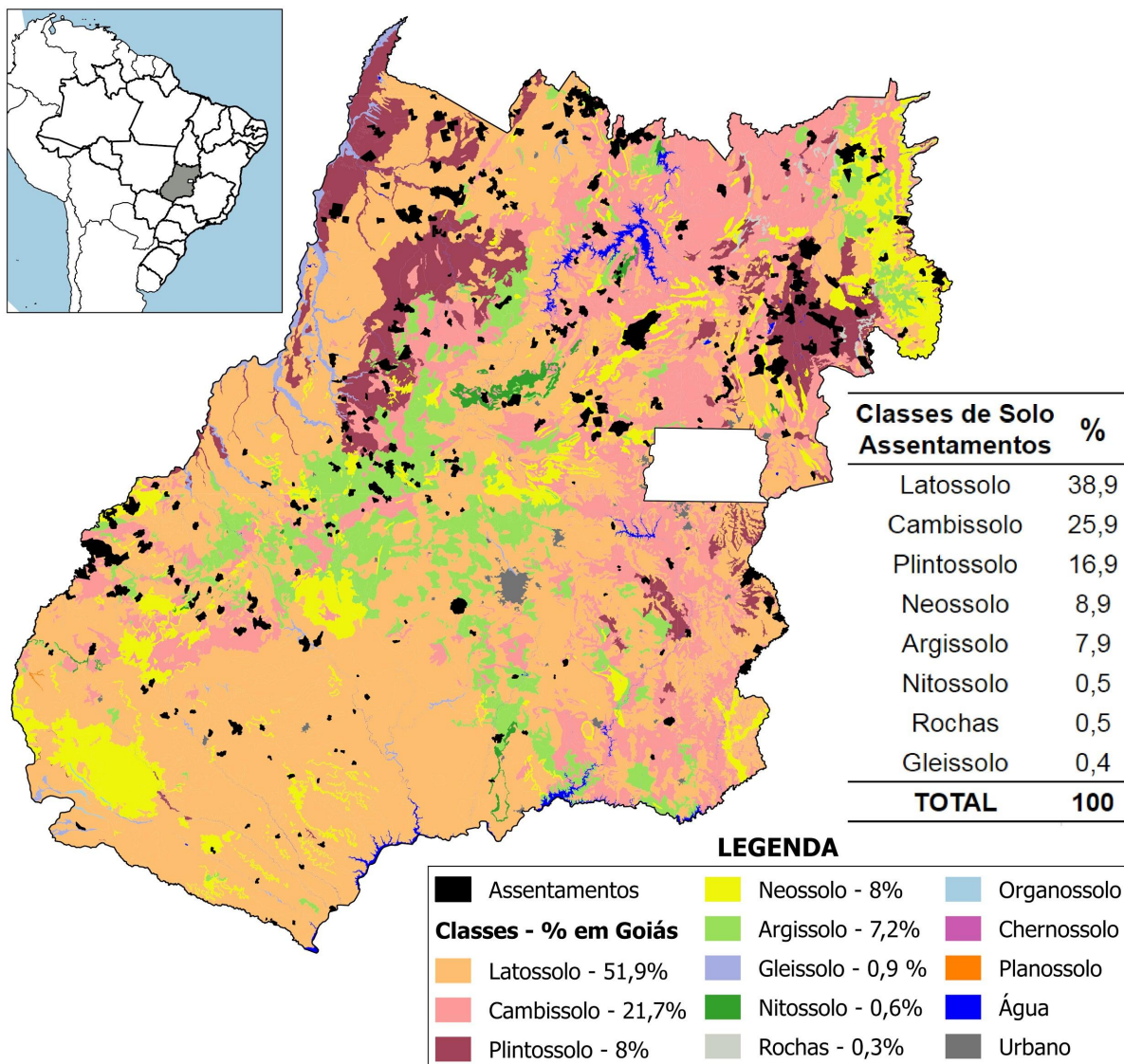


Figura 2.4 - Assentamentos rurais e as classes de solos em Goiás.

Fonte: EMATER, 2016; INCRA, 2017

A localização de assentamentos rurais em regiões como pouca aptidão agrícola e distante de mercados dinâmicos, em especial o norte e nordeste goiano, pode ter influência negativa no processo de desenvolvimento dos assentamentos. Visto que a localização (quadro natural, contexto socioeconômico e produtivo do entorno e acesso a infraestrutura) é um dos fatores determinantes para o sucesso econômico das famílias assentadas, como descrito por Bittencourt *et al.* (1999).

No seu estudo, Bittencourt *et al.* (1999) relatam que o nível de interação entre diversos fatores determinam o desenvolvimento socioeconômico dos assentamentos rurais. Dentre os fatores que mais influenciaram negativamente no desenvolvimento dos assentamentos se destacaram, as limitantes condições do quadro natural (relevo, solo e água); as péssimas condições das estradas internas ou de acesso aos assentamentos, que

dificultam ou impedem o escoamento da produção e a relação com os mercados locais; a falta ou ineficiência de assistência técnica; e a deficiência na organização interna. Os autores ressaltam que a baixa qualidade do quadro natural seria o fator mais importante a ser considerado, pois qualquer intervenção de cunho produtivo fica condicionada às restrições naturais da área; e concluem que a escolha de áreas com boas condições produtivas é fundamental para o bom desenvolvimento dos assentamentos.

Nesse sentido, Gosch *et al.* (2020) colocam em dúvida as boas condições produtivas dos imóveis rurais adquiridos pela política pública da reforma agrária, a partir de estudo realizado em assentamentos de Goiás. Segundo os autores, $\frac{3}{4}$ das pastagens presentes nos imóveis que deram origem aos assentamentos rurais tinham algum grau de degradação, sendo que 54% das pastagens avaliadas foram classificadas como fortemente ou moderadamente degradadas. A partir dessa constatação os autores afirmam que os assentados herdaram passivos ambientais e não tem incentivo financeiro para corrigi-los, visto que esse passivo é descontado do valor pago pelas benfeitorias ao antigo proprietário e não retorna aos assentamentos rurais para serem investidos na recuperação das pastagens degradadas.

Em realidade à política de reforma agrária praticada no país, via de regra priorizou a alocação de recursos para a aquisição de terras em oposição a investimentos em ações para melhorar a qualidade de vida ou impulsionar o desenvolvimento econômico dos assentados (infraestruturas sociais e produtivas) (Sauer, 2005), ou mesmo corrigir passivos preexistentes. Mesmo essa priorização de recursos sofreu “desidratação” na última década, e as desapropriações passaram a priorizar áreas com preços de terras mais baixos, resultando em gastos públicos com um retorno maior de famílias beneficiadas (Ferreira, 2015).

Assim, o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) chegou a publicar a portaria nº 7, de 31/01/2013 (Brasil, 2013), limitando a desapropriação de imóveis rurais que excedessem o valor de referência, por região geográfica e bioma incidente. Tendo como valor mínimo 40 mil reais por família, nos biomas Cerrado e Caatinga – Região Nordeste, e máximo de 140 mil reais por famílias assentadas em outras regiões do país. Esses critérios internos restringiram a aquisição de imóveis rurais, obrigando de certo modo, a instituição agrária a aumentar o número de famílias assentadas num mesmo imóvel, ou seja, reduzindo o tamanho das parcelas; e/ou a buscar terras que se enquadrassem nas restrições financeiras impostas, ou seja, terras menos valorizadas localizadas em regiões distantes das infraestruturas produtivas e/ou provavelmente com restrições em seu quadro natural.

Outra situação que impactou negativamente na execução de políticas de reforma agrária foi o acórdão do TCU 775/2016 – Plenário (Brasil, 2016). O mesmo determinou a

paralisação dos processos de seleção de famílias a serem assentadas, alegando irregularidades nos ritos de seleção e falta de transparência, além de contribuir com o bloqueio massivo do acesso de milhares de famílias assentadas às políticas públicas como emissão de Declarações de Aptidão ao Pronaf (DAP), créditos, construção de moradia, dentre outras. Assim inúmeros trabalhadores rurais foram prejudicados. Como ocorrido no assentamento São Domingos de Gusmão no município de Goiás, último Projeto criado pela superintendência do INCRA em Goiás, em 2017. O mesmo não teve ainda a homologação das famílias pré-assentadas no imóvel. Levando as mesmas a não receberem os créditos iniciais do INCRA, fato que aumenta as dificuldades enfrentadas pelas famílias, e pode levá-las à desistência ou mesmo à exploração excessiva dos recursos naturais do assentamento rural.

Para além da paralisia na criação de assentamentos rurais do último período, observa-se que uma das consequências desse *modus operandi* da política agrária, são os inúmeros relatos sobre problemas da baixa qualidade dos solos nos assentamentos rurais e da falta de critérios na seleção das áreas a serem destinadas à reforma agrária, algumas adquiridas pelo Estado brasileiro já com ônus ambientais diversos, como descrito por vários autores, a saber: Ferreira (1994); Curado (1998); Sparovek (2003); Silva (2006); Ipea (2013); Ferreira (2015); Gosch *et al.* (2017); Santos (2018).

Especificamente Silva (2006) relata que em muitas regiões, o problema ambiental é anterior aos assentamentos, que herdaram solos desmatados, pouco férteis, desgastados e/ou carentes de recursos hídricos, a autora, cita ainda o exemplo dos assentamentos São Felipe e Acaba Vida, ambos no município de Goiás, que apresentam solos bastante inférteis e pedregosos, impróprios à produção agrícola.

A conjunção desses fatores adversos como: a localização dos assentamentos em regiões menos desenvolvidas, as limitações do quadro natural, a falta de investimentos em infraestruturas sociais e produtivas, e a demora na disponibilização dos créditos iniciais as famílias, demonstram em parte a complexidade dos desafios enfrentados pelo público beneficiário da reforma agrária, em regra, pobres rurais e urbanos com baixo nível de escolaridade, mas com experiência em atividades do meio rural. Não obstante a manutenção dos beneficiários nas áreas reformadas se torna um dos grandes desafios da presente política, visto que o índice de evasão dos assentamentos rurais é de cerca de 30% em todo o Brasil, sendo que este valor varia entre as regiões, tendo a região Norte o maior índice (41,8%) e a região Sudeste o menor índice (12,1%) (Guanziroli *et al.*, 2001; Ondetti, 2016).

Para os 70% das famílias que não abandonam os assentamentos rurais, o desafio ultrapassa a permanência na terra e ganha a dimensão de melhoria da qualidade de vida. Para tanto, os assentados enfrentam desafios de organização política e produtiva. Política

no sentido de garantir que as políticas públicas (créditos, assistência técnica, infraestrutura social e produtiva) cheguem aos assentamentos rurais e viabilizem a sua permanência e a produção rural. E produtiva no sentido de tirar seu sustento das atividades rurais desenvolvidas na nova propriedade, vinculando sua produção agropecuária a mercados consumidores locais e regionais, proporcionando assim renda e bem-estar social à sua família.

Nesse sentido, a pura e simples conquista da terra tão sonhada e concretizada por milhares de posseiros, arrendatários, meeiros e assalariados rurais em si só não é garantia e certeza de emancipação dos trabalhadores outrora excluídos. É sim uma possibilidade, cuja realização demanda o auxílio do Estado, no tocante a implementar uma política de reforma agrária que contemple as demandas produtivas, sociais e ambientais que permeiam a realidade dos assentamentos rurais.

Dessa forma, é preciso alterar o atual modelo de reforma agrária instalado desde a redemocratização. A política de reforma agrária como mero instrumento para apaziguar conflitos sociais deve deixar de existir para dar lugar a uma reforma agrária eficaz e eficiente. Onde o Estado brasileiro consiga planejar as ações de criação de assentamentos rurais em zonas prioritárias de reforma agrária, tal qual estabelecido no primeiro Plano Nacional de Reforma Agrária (I PNRA) de 1985.

Pois, embora os avanços sejam significativos do ponto de vista do número de assentamentos e de quase um milhão de famílias assentadas, eles parecem pequenos frente à concentração atual da terra e a manutenção da estrutura fundiária brasileira. Neste sentido, Bergamasco & Norder (1996) ainda são atuais ao afirmarem que “A reforma agrária ainda está por ser feita. Os assentamentos já instalados representam uma conquista parcial, e são a formação de algumas ilhas entre enormes latifúndios”.

Assim para alterar o quadro atual, faz-se necessário uma massiva fiscalização do cumprimento da função social da propriedade rural; a atualização dos índices de produtividade utilizados pelo INCRA para mensurar se uma propriedade rural é considerada produtiva ou não, já que os dados usados são da agropecuária brasileira de 1975; e uma profunda reestruturação da autarquia agrária nacional, priorizando a governança agrária, com uma base de dados integrada. Enfim, é necessário dar condições para que o INCRA cumpra sua missão institucional contemplada na carta magna brasileira, a Constituição Federal de 1988, possibilitando assim reduzir a concentração de terras e as desigualdades sociais no Brasil.

Referências

- Bergamasco, S.M.P.P., 1997. A realidade dos assentamentos rurais por detrás dos números. **Estudos avançados**, v.11, n.31, p.37-49.
- Bergamasco, S.M., Norder, L.A.C., 1996. **O que são assentamentos rurais**. Ed. Brasiliense, São Paulo, 87 pp.
- Binkowski, P., 2018. **Análise de conflitos e relações de poder em espaços rurais**. (DERAD600). PLAGEDER. Ed. UFRGS. 88 p. pdf. ISBN 978-85-386-0429-7.
- Bittencourt, G., Borges de Castilhos, D., Bianchini, V., Correa da Silva, H., Guanziroli, C., 1999. Principais fatores que afetam o desenvolvimento dos assentamentos de reforma agrária no Brasil. **Projeto de cooperação técnica INCRA/FAO**, Brasília, 1999.
- BRASIL., 2013. Portaria MDA nº 7, de 31 de janeiro de 2013. Brasília. **DOU Diário Oficial da União** – seção 1, ISSN 1677-7042, p. 87. Publicado no D.O.U. de 1 de fevereiro de 2013.
- BRASIL., 2016. Tribunal de Contas da União. **Acórdão do TCU - 775/2016 – PLENÁRIO**. Disponível em: <https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/#/documento/acordao-completo/*/KEY%253AACORDAO-COMPLETO-1718418/DTRELEVANCIA%2520desc/0/sinonimos%253Dfalse> Acesso em: 16 jul. de 2020.
- Caume, D.J., 2000. Conflito social e reforma agrária em Goiás. **In Estudos**. Goiânia: UCG v.27 n.1. jan-mar.
- CPT - Comissão Pastoral da Terra., 2016. **Conflitos no Campo – Brasil**. Goiânia: CPT Nacional – Brasil, 2016.
- Curado, F.F., 1998. Ocupação e assentamento na Fazenda Rio Vermelho: a constituição do agricultor assentado na região de Goiás. **Dissertação** (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade (CPDA). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Rio de Janeiro.
- EMATER - Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária. 2016. Classes de solos dos municípios Goianos. **Distribuição dos solos de Goiás**. Responsável técnico Eng.º Agr.º Márcio de Jesus Guimarães Resende. Disponível em: <<http://www2.sieg.go.gov.br/post/ver/226836/mapeamento-desolos-1:250.000>>. Acesso em: 13 set. 2018.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Solos., 2020. Agência Embrapa de Informação Tecnológica - Ageitec. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_11_2212200611540.html>. Acesso em: 19 de mar. de 2020.
- Frankema, E., 2010. The colonial roots of land inequality: geography, factor endowments, or institutions?. **The Economic History Review**, v.63, n.2, p.418-451.
- Ferreira, B., 1994. Estratégias de intervenção do Estado em áreas de assentamento: as políticas de assentamento do Governo Federal. pp.29 – 48. In: Medeiros, L. *et al.* (Org.) **Assentamentos rurais: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista.

- Ferreira, G.C.V., 2015. Assentamentos Rurais no Vale do Araguaia mato-grossense: adaptação e permanência. 118 f. **Dissertação** (Mestrado em Extensão Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Ferreira, M.E., Miziara, F., Ferreira, L.G., Ribeiro, F.L., Ferreira, N.C., 2009. Ativos ambientais do bioma Cerrado: uma análise da cobertura vegetal nativa e sua relação com o preço da terra no Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Cartografia** (Impresso), Brasília, n.61/1, pp.37-50.
- Guanziroli, C., Bruno, R., Medeiros, L. (Coords)., 2001. Percentuais e Causas das Evasões nos Assentamentos Rurais. Ministério do Desenvolvimento Agrário: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Brasília, 2001.
- Guereña, A., Burgos, S.O., 2016. Desterrados: Tierra, poder y desigualdad en América Latina. **Oxfam 2016**. Disponível em: <https://oxfam.org.br/projetos/desterrados-tierra-poder-y-desigualdad-en-america-latina/> Acesso em: 05 out. 2019.
- Gosch, M.S., Ferreira, M.E., Medina, G.S., 2014. A Espacialização dos Assentamentos Rurais da Reforma Agrária nos Biomas e Regiões do Brasil. In: 11º Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão - XI Seminário de pós-graduação. Goiânia. **Anais do XI CONPEEX** Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2014. v. XI. p.2383-2387.
- Gosch, M.S., Ferreira, M.E., Medina, G.S., 2017. The role of the rural settlements in the Brazilian savanna deforesting process. **Journal of Land Use Science**, v.12, n.1. p.55-70.
- Gosch, M.S., Parente, L.L., Ferreira, N.C., de Oliveira, A.R., Ferreira, L.G., 2020. Pastagens degradadas, uma herança dos imóveis rurais desapropriados para os assentamentos rurais do Cerrado goiano. **Campo-Território: revista de geografia agrária**, v.15, n.35 Abr., p.202-229.
- Heredia, B., Medeiros, L.S., Palmeira, M., Cintrão, R., Leite, S.P., 2002. Análise dos impactos regionais da reforma agrária no Brasil. **Estudos Sociedade e Agricultura**. p.73-11.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados do Censo 2006**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/indice_de_gini.shtm>. Acesso em: 01 de out. de 2019.
- INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária., 2012. **Reforma Agrária**. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/pt/n%C3%BAmeros-da-reforma-agr%C3%A1ria.html>>. Acesso em 11 de março de 2013.
- INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária., 2017. **Acervo Fundiário**. Disponível em: <<http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>>. Acesso em: 20 abr. 2017.
- INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária., 2019. O que é um assentamento? Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/assentamento>>. Acesso em: 09 mai. 2019.
- Inocêncio, M.E., Calaça, M., 2009. Cerrado: fronteira da produção capitalista do século XX. In: **Anais** - XIX Encontro Nacional de Geografia Agrária - XIX ENG, 2009, USP - SP.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada., 2013. Avaliação da situação de Assentamentos de Reforma Agrária no Estado de São Paulo: fatores de sucesso ou insucesso. Brasília, 121p.

Jepson, W., 2005. A disappearing biome? Reconsidering land cover change in the Brazilian savanna. **Geographical Journal**, v.17, p.99–111.

Klink, C.A., Machado, R.B., 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v.19, p.707-713.

Leite, S., Heredia, B., Medeiros, L., Palmeira, M., Cintrão, R., 2004. Impacto dos assentamentos: um estudo sobre o meio rural brasileiro. Brasília: **IICA/NEAD**; São Paulo: Editora: UNESP, 392p.

Mattei, L., 2013. Questão agrária, desenvolvimento e a pertinência da reforma agrária no Brasil contemporâneo. In: MATTEI, L. (Org.). **A questão agrária no desenvolvimento brasileiro contemporâneo**, p.15-27. Florianópolis, Editora Insular, p.120.

Medina, G., Camargo, R., Silvestre, W., 2016. Retratos da Agricultura Familiar em Goiás: Relevância, Sistemas de Produção e Alternativas Para sua Consolidação. In: Medina, G. (Org.). **Agricultura Familiar em Goiás: lições para o assessoramento técnico**, p.15-39. 3. Ed. Ver. E ampl. Goiânia, Editora UFG, 285 pp.

Neves, D.P., 2013. Getúlio Vargas e os muitos oestes brasileiros: colônias agrícolas no estado do Rio de Janeiro. In: Marim, J.O.B., Neves, D.P (Org.). **Campesinato e Marcha para Oeste**, p.101-143. Santa Maria, Editora da UFSM, p.503.

Norder, L., 1997. Assentamentos rurais: casa, comida e trabalho. **Dissertação** de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 143 p.
<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/278983>

Oliveira, V.T., 2013. Conflito de usos em áreas de preservação permanente de assentamentos rurais e demais áreas em bacias hidrográficas de Goiás **Dissertação** de Mestrado. PPGEMA, UFG, Goiânia. 125 p. Retrieved from <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/3190/5/Oliveira,Victor%20Tomaz%20de-2013-disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>

Ondetti, G., 2016. The social function of property, land rights and social welfare in Brazil. **Land Use Policy**, v.50, p.29-37.

OXFAM BRASIL., 2016 **Terrenos da desigualdade**: terra, agricultura e desigualdades no Brasil rural. nov de 2016. Informe da Oxfam Brasil. Disponível em: https://www.oxfam.org.br/sites/default/files/arquivos/relatorio-terrenos_desigualdade-brasil.pdf. Acesso em: 10 Out. 2019.

Pessoa, J.M., 1999. **A revanche camponesa**. Goiânia: Editora da UFG, 351 p.

PNUD., 2016. Human Development Report 2016. Work for Human Development. UNDP. **United Nations Development Programme**. UN Plaza, New York, NY 10017 USA. Disponível em: http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016_human_development_report.pdf. Acesso em: 07 out. 2019.

Santos, J.G.R., 2018. Sustentabilidade de assentamentos rurais no estado de Goiás: avaliação comparada entre os assentamentos do nordeste e do sul goiano. 2018. 222 p. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Santos, J.G.R., Castro, S.S., 2016. Influência do meio físico na produção dos assentamentos rurais das Regiões do Sul e do Nordeste Goiano. **Sociedade & Natureza**, v.28, n.1, p.95-115.

Sauer, S., 2005. O significado dos assentamentos de reforma agrária no Brasil. In: França, C.G., Sparovek, G. (Coord.). **Assentamentos em debate**. Brasília: NEAD. p.57-74.

Silva, M.A.D., 2006. Natureza e (re)produção: sustentabilidade em assentamentos rurais goianos. 2006. **Tese** doutorado em ciências ambientais - CIAMB/UFG, Goiânia, 207 pp.

Disponível em:

<https://ciamb.prg.ufg.br/up/104/o/tese_completa_MARIA_APARECIDA_DANIEL_DA_SILVA.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2018.

Sparovek, G.A., 2003. **Qualidade dos assentamentos da reforma agrária brasileira**. Páginas & Letras. Editora e Gráfica, v.1, 204p.

Verano, T.C., Gosch, M.S., Figueiredo, R.S., 2018. Assassinatos no campo e reforma agrária: uma análise estatística e espacial do período de 1995 a 2017. In: Antônio Canuto; Cássia Regina da Silva Luz; Thiago Valentim. (Org.). **Conflitos no Campo Brasil 2017**. 01ed.: 2018, v. p.109-117.

2.2 As pastagens e o sensoriamento remoto

O Brasil realizou o primeiro grande projeto, em âmbito nacional, de mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal na década de 1970, com o projeto RadamBrasil, utilizando imagens de RADAR (sensor ativo), seguido posteriormente pelos projetos Probio em 2002 (MMA, 2002) e TerraClass em 2015 (MMA, 2015), dentre alguns outros projetos. Esses mapeamentos foram realizados principalmente através de interpretação visual das diversas classes de cobertura e uso do solo (inclusive pastagens).

Há alguns anos surgiu no Brasil uma nova metodologia para realizar mapeamentos através de imagens de sensoriamento remoto, produzido pela iniciativa MapBiomas (Souza *et al.*, 2020), uma rede colaborativa de co-criadores formado por ONGs, universidades e empresas de tecnologia organizados por biomas e temas transversais (agricultura, pastagem, zona costeira, entre outros). Dentre os objetivos desta iniciativa, destaca-se a geração de séries históricas de mapas anuais de cobertura e uso da terra de todo o Brasil. A inovação metodológica utilizada para esse mapeamento utiliza algoritmo de classificação como o *Random Forest* e o processamento de imagens Landsat em “nuvens” através da ferramenta *Google Earth Engine* (Gorelick *et al.*, 2017), uma plataforma de computação em “nuvem” capaz analisar dados científicos em escala planetária.

Essa iniciativa apoia e incorpora inúmeros trabalhos acadêmicos, nos mais variados temas de uso do solo. Assim como o trabalho de Parente *et al.* (2019), que mapeou anualmente e de forma inédita a totalidade das pastagens brasileiras, de 1985 a 2017. Os 33 mapas produzidos, a partir de imagens Landsat, têm resolução espacial de 30 metros e uma acurácia global de ~90%, o que já é um valor muito consistente. Recentemente lançada em 2020, a coleção 5.0 da iniciativa MapBiomas tem uma acurácia média global para as pastagens de ~92%, indicando que o mapeamento vem se aprimorando cada vez mais.

Paralelo a esse esforço de mapear a totalidade das áreas de pastagens no Brasil, existem tentativas de qualificar essas pastagens através de dados de sensoriamento remoto, isto é, identificar se as mesmas se encontram com algum grau de degradação. Grande parte desses estudos utiliza índices de vegetação em suas análises, que são modelos matemáticos desenvolvidos para avaliar a cobertura vegetal e diagnosticar índice de área foliar, biomassa, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade (Marcussi *et al.*, 2010).

Os índices de vegetação se baseiam na resposta fotossintética da vegetação, ou seja, na relação entre a absorção e reflexão da radiação eletromagnética nos intervalos do visível - vermelho (400 a 700 nm) e infravermelho próximo (700 a 1000 nm) (Ponzoni *et al.*,

2010). Dentre os diversos índices propostos, o mais utilizado é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), que é sensível às características biofísicas da vegetação e tem sido muito utilizado na estimativa da quantidade de vegetação, sendo de fundamental importância para a identificação de mudanças do uso e cobertura da terra (Liu *et al.*, 2010)

O NDVI foi proposto por Rouse *et al.* (1973), conforme equação 2.1:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

(Equação 2.1)

Onde: NDVI = índice de vegetação por diferença normalizada, adimensional; NIR e RED são, respectivamente, os valores de reflectância no infravermelho próximo e do vermelho para o pixel analisado.

O princípio físico do NDVI se baseia na assinatura espectral das plantas que absorvem fortemente radiação solar na região do RED, utilizando-a como fonte de energia na fotossíntese. Em contrapartida, suas células refletem fortemente na região do NIR. As porções absorvidas no RED e refletidas no NIR variam de acordo com as condições das plantas. Quanto mais verdes, nutridas, saudáveis forem as plantas, maior será a absorção do RED e maior será a reflectância do NIR. Assim a diferença entre as reflectâncias das bandas do RED e do NIR será tanto maior quanto mais verde for a vegetação (Fonseca & Locatelli, 2018).

Os resultados obtidos pela equação do NDVI variam entre -1 e 1, onde os valores próximos a 1 representam uma vegetação mais densa e com maior vigor, os valores próximos a zero representam áreas menos densas ou desnudas, e os valores de zero e negativos representam água ou nuvens.

Dessa forma, diversos estudos utilizam o NDVI para investigar o comportamento espectral das pastagens e definir seus possíveis níveis de degradação, como as pesquisas de Numata *et al.* (2007); Wang *et al.* (2009), Fonseca & Locatelli (2018). Outros estudos utilizam séries temporais de imagens índice de vegetação de NDVI, associado a métodos de análise de tendência e/ou métricas sazonais para verificar a ocorrência de degradação da pastagem, como as pesquisas de Li *et al.* (2013); Andrade *et al.* (2015, 2017); Aguiar *et al.* (2017); Pereira, O. *et al.* (2018).

Apesar da sua popularização e simplicidade, o NDVI apresenta algumas limitações, sendo influenciado pelos efeitos da atmosfera e variações de fundo, como os diferentes tipos de solo (Huete *et al.*, 2011). Assim, outros Índices de vegetação foram desenvolvidos para corrigir essas limitações, como o Índice de Vegetação Aprimorado (EVI) (que reduz as influências atmosféricas) e o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) (que minimiza os efeitos do solo no sinal da vegetação) (Marcussi *et al.*, 2010).

Neste sentido, visando o aprimoramento do NDVI para a identificação de níveis de degradação das pastagens, através do seu comportamento espectral, Gao *et al.* (2006) propuseram utilizar o NDVI normalizado, segundo a equação 2.2:

$$VC = (NDVI - NDVI_{\min}) / (NDVI_v - NDVI_{\min}) \times 100 \text{ (Equação 2.2)}$$

Onde: VC é a cobertura vegetal, NDVI_{min} é o valor mínimo de NDVI do solo descoberto na área de estudo, e NDVI_v é o NDVI médio da vegetação pura ou o valor máximo da NDVI.

Gao *et al.* (2006) desenvolveram essa pesquisa nas condições de campo do norte do Tibet e, portanto, os parâmetros utilizados para classificar os níveis de degradação das pastagens foram adequados ao seu contexto local. A adaptação desses parâmetros às condições brasileiras foi realizada inicialmente por Andrade *et al.* (2013), no oeste paulista, no bioma Mata Atlântica, próximo ao bioma Cerrado. Esses parâmetros foram novamente readequados às condições locais da Mata Atlântica do sul do estado de Minas Gerais por Pereira *et al.* (2018).

A pesquisa de Andrade *et al.* (2013) analisou as pastagens em apenas um momento, utilizando uma imagem de satélite do mês de fevereiro de 2010, os autores concluíram que “o método utilizado se mostrou com potencial para diferenciação de três níveis de degradação, ou seja, não degradado, fortemente degradado e uma classe intermediária que inclui as classes levemente e moderadamente degradadas”. Já Pereira *et al.* (2018), além de readequarem os parâmetros às suas condições locais, analisaram as pastagens durante o ciclo hidrológico de 2016/2017, com três observações no período seco e três observações no período das chuvas. Assim, os autores verificaram que a variação sazonal da pastagem ao longo do ciclo hidrológico influencia diretamente nos valores de NDVI e a percepção de degradação das pastagens.

Percebe-se que a identificação de pastagens degradadas através de dados satelitários não é uma atividade simples e trivial, não estando ainda totalmente resolvida. Alguns desafios precisam ser vencidos, como a adequação dos parâmetros de níveis de degradação das pastagens às condições locais de cada bioma e regiões do Brasil; é preciso também aprofundar o entendimento da resposta espectral das pastagens ao longo do ano, para superar as influências das variações sazonais na percepção de degradação das pastagens; da mesma forma, faz-se necessário mais trabalhos de campo, a fim de validar os resultados encontrados nas análises através do sensoriamento remoto.

Nos apêndices “A”, “B” e “C”, a metodologia utilizada tem como base a pesquisa realizada por Gao *et al.* (2006) e suas adaptações à realidade brasileira. Parte dos desafios elencados acima foram tratados, especialmente a influência das variações sazonais na percepção da degradação das pastagens e a correção/equalização da disponibilidade de

dados satelitários ao longo de um ano. Assim, os procedimentos metodológicos utilizados nesta tese foram se desenvolvendo ao longo dos três apêndices.

Referências

- Aguiar, D.A., Mello, M.P., Nogueira, S.F., Gonçalves, F.G., Adami, M., Rudorff, B.F.T., 2017. MODIS Time Series to Detect Anthropogenic Interventions and Degradation Processes in Tropical Pasture. **Remote Sensing**, v.9, n.73, p.1-20.
- Andrade, R.G., Bolfe, E.L., Victoria, D.D.C., Nogueira, S.F., 2017. Avaliação das condições de pastagens no cerrado brasileiro por meio de geotecnologias. **Embrapa Gado de Leite-Artigo em periódico indexado (ALICE)**.
- Andrade, R.G., Rodrigues, C.A.G., Sanches, I.D.A., Torresan, F.E., Quartaroli, C.F., 2013. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, v.21, n.3, p.234-243.
- Andrade, R.G., Teixeira, A.D.C., Leivas, J.F., Da Silva, G.B.S., Nogueira, S.F., Victoria, D.D.C., ... & Bolfe, É.L., 2015. Indicativo de pastagens plantadas em processo de degradação no bioma Cerrado. In **Embrapa Territorial-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015.
- Fonseca, E.L., Locatelli, M., 2018. NDVI aplicado na detecção de degradação de pastagens cultivadas. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie / Revista franco-brasileira de geografia*, n.35.
- Gao, Q., Li, Y.E., Wan, Y., Lin, E., Xiong, W., Jiangcun, W., Wang, B., Li, W., 2006. Grassland degradation in Northern Tibet based on remote sensing data. **Journal of Geographical Sciences**, v.16, n.2, p.165-173.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v.202, p.18-27.
- Huete, A.R., Didan, K., Van Leeuwen, W., Miura, T., Glenn, E., 2011. MODIS Vegetation Indices. In: Ramachandran, B., Justice, C.O., Abrams, M.J. (Eds.), 2011. **Land Remote Sensing and Global Environmental Change: NASA's Earth Observing System and the Science of ASTER and MODIS**. Nova York: Springer, p.1-50
- Li, Z., Huffman, T., Mcconkey, B., Townley-smith, L., 2013. Monitoring and modeling spatial and temporal patterns of grassland dynamics using time-series MODIS NDVI with climate and stocking data. **Remote Sensing of Environment**, v.138, p.232- 244.
- Liu, S., Wang, T., Guo, J., Qu, J., An, P., 2010. Vegetation change based on SPOT-VGT data from 1998-2007, northern China. **Environmental Earth Sciences**, v.60, p.1459-1466.
- Marcussi, A.B., Bueno, C.R.P., Miqueloni, D.P., Arraes, C.L., 2010. Utilização de Índices de Vegetação para os Sistemas de Informação Geográfica. **Caminhos de geografia**, v.11, n.35.
- MMA, 2002. Projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira: relatório de atividades do Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2002.
- MMA, 2015. Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013, Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2015.

Numata, I., Roberts, D.A., Chadwick, O.A., Schimel, J., Sampaio, F.R., Leonidas, F.C., Soares, J.V., 2007. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v.109, p.314-327.

Parente, L., Mesquita, V., Miziara, F., Baumann, L., Ferreira, L., 2019. Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: a novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing. **Remote Sensing of Environment**, v.232, p.111301. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111301>

Pereira, L.F., Ferreira, C.F.C., Guimarães, R.M.F., 2018. Manejo, qualidade e dinâmica da degradação de pastagens na Mata Atlântica de Minas Gerais Brasil. **Nativa**, Sinop, v.6, n.4, p.370-379, jul/ago.

Pereira, O., Ferreira, L., Pinto, F., Baumgarten, L., 2018. Assessing Pasture Degradation in the Brazilian Cerrado Based on the Analysis of MODIS NDVI Time-Series. **Remote Sensing**, v.10, p.1761.

Ponzoni, F.J., Kuplich, T.M., Shimabujuro, Y.E., 2010. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. 2ª Ed. **Oficina de Textos**.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **Symposium of Significant Results Obtained with ERTS-1**, 3., Greenbelt, Maryland. Proceedings... Washington: NASA SP-351, 1973. p.309-317.

Souza, C.M., Z Shimbo, J., Rosa, M.R., Parente, L.L., Alencar, A., Rudorff, B.F., ... & De Oliveira, S.W., 2020. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, 12(17), 2735.

Wang, G., Fu, M., Xiao, Q., Wang, Z., 2009. Monitoring Desertification around Huolinguole Using Multi-temporal Remotely Sensed Imagery. In: The Sixth International Symposium on Digital Earth, Beijing, China.

3. APÊNDICE A

Pastagens degradadas, uma herança dos imóveis rurais desapropriados para os assentamentos rurais do Cerrado goiano

Artigo publicado na Revista **Campo-Território: revista de geografia agrária**, em 30 de junho de 2020, v.15, n.35, p.202-229 - <https://doi.org/10.14393/RCT153508>

**PASTAGENS DEGRADADAS, UMA HERANÇA DOS IMÓVEIS
RURAIS DESAPROPRIADOS PARA OS ASSENTAMENTOS
RURAIS DO CERRADO GOIANO**

**DEGRADED PASTURES, A LEGACY OF RURAL PROPERTIES
EXPROPRIATED FOR RURAL SETTLEMENTS IN THE
CERRADO OF GOIÁS**

Marcelo Scolari Gosch

Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA
celosgosch@yahoo.com.br

Leandro Leal Parente

Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento – LAPIG, Universidade Federal de Goiás
– UFG / IESA
leal.parente@gmail.com

Nilson Clementino Ferreira

Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento – LAPIG, Universidade Federal de Goiás
– UFG / IESA
nclferreira@gmail.com

Adriano Rodrigues de Oliveira

Instituto de Estudos Socioambientais - IESA, Universidade Federal de Goiás – UFG
adriano.ufg@gmail.com

Laerte Guimarães Ferreira Júnior

Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento – LAPIG, Universidade Federal de Goiás
– UFG / IESA
lapig.ufg@gmail.com

Resumo

O presente artigo está pautado em dois objetivos: I) verificar a predominância de pastagens degradadas nos imóveis rurais desapropriados por meio da política de reforma agrária no estado de Goiás; e II) avaliar o potencial dos dados satelitários quanto a determinação das condições produtivas da terra. Assim, o estudo apresenta uma comparação entre diferentes métodos de avaliação de pastagens. De um lado, as avaliações realizadas pelo governo federal através de inspeção visual em campo, e de outro, avaliações apoiadas em estudos científicos sobre degradação de pastagens, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e imagens de satélite Landsat-5, obtidas a partir da plataforma do *Google Earth Engine*. Os resultados demonstraram que $\frac{3}{4}$ das pastagens presentes nos imóveis que deram origem aos assentamentos rurais, tinham algum grau de degradação, revelando que os assentados, muitas vezes, herdaram passivos ambientais. Os resultados demonstraram ainda, que o uso de técnicas de sensoriamento remoto e as adaptações metodológicas realizadas foram capazes de retratar a realidade em campo e que futuras avaliações de imóveis rurais realizadas pelo governo poderiam incorporar, mesmo que parcialmente, os métodos aqui apresentados.

Palavras-chave: Pastagem Degradada. Política de Reforma Agrária. Assentamentos Rurais. Google Earth Engine. SIG.

Abstract

This article aims to: I) verify the predominance of degraded pastures in expropriated rural properties through the agrarian reform policy in the state of Goiás; and II) evaluate the potential of satellite data regarding the determination of the productive conditions of the land. The study presents a comparison between different methods of evaluating pastures. On the one hand, the assessments carried out by the federal government through visual inspection in the field, and on the other, assessments supported by scientific studies on pasture degradation, using remote sensing techniques and Landsat-5 satellite images, obtained from the platform. Google Earth Engine. The results showed that $\frac{3}{4}$ of the pastures present in the rural properties that gave rise to the rural settlements, had some degree of degradation, revealing that the settlers often inherit environmental liabilities. The results also demonstrated that the use of remote sensing techniques and the methodological adaptations made were able to portray the reality found in the field and that future evaluation of rural properties carried out by the government could incorporate, even partially, the methods presented here.

Keywords: Degraded Pasture. Agrarian Reform Policy. Rural Settlements. Google Earth Engine. GIS.

Introdução

O Brasil é atualmente o maior produtor de carne bovina do mundo (USDA, 2020, p.3), com um rebanho de aproximadamente 215 milhões de cabeças (IBGE, 2015, p.13), ocupando os mais de 178 milhões de hectares de pastagens presentes no país (PARENTE *et al.*, 2019, p.4). Em particular, o estado de Goiás que é considerado uma área *core* do bioma Cerrado, desempenha papel central na atividade pecuária brasileira, possuindo o segundo maior efetivo de bovinos dentre os estados brasileiros, com cerca de 23 milhões de cabeças (IBGE, 2017, p.180).

Esse cenário produtivo pode ser comprometido pelo “baixo investimento no uso de tecnologias e insumos na formação e no manejo das áreas de pastagens brasileiras” (DIAS-FILHO, 2014, p.11). Há indícios de que a “produtividade das pastagens brasileiras está diminuindo, com cerca de 30% das pastagens nacionais e 50% das pastagens do Cerrado apresentando algum nível de degradação” (BRITO *et al.*, 2018, p.2).

A degradação destas áreas é um processo de “perda a longo prazo da função do ecossistema e serviços causados por distúrbios dos quais o sistema não pode se recuperar

completamente, com a diminuição de carbono, água e nutrientes armazenados no solo” (PEREIRA *et al.*, 2018b, p.1). Além dos efeitos locais, suas consequências causam prejuízos econômicos em toda a cadeia pecuária, pressionando a abertura de novas áreas de pastagens extensivas e contribuindo para o aumento das emissões de gases de efeito estufa (ANDRADE *et al.*, 2017, p.35). O processo de degradação de pastagens é particularmente comum em áreas de fronteira agrícola, estando diretamente associado à baixa produtividade da pecuária e ao aumento do desmatamento (MACEDO, 2005, p.17; DIAS-FILHO, 2011a, p.18).

Nesse sentido, imóveis rurais com baixa produtividade pecuária invariavelmente podem estar com suas pastagens degradadas. Ademais podem também não estar cumprindo a sua função social da terra, conceito “explicitamente incorporado, ao longo do século XX, na maioria das constituições da América Latina” (ANKERSEN & RUPPERT, 2006, p.99). No Brasil, desde o Estatuto da Terra regulamentado pela Lei 4.504 de 30/11/1964, caso a terra não cumpra sua função social, nos aspectos produtivos, ambientais e sociais, pode ser desapropriada para fins da política pública da reforma agrária (BRASIL, 1964).

A definição da função social da propriedade surge no estatuto da terra “como uma resposta à estrutura fundiária vigente no país” (MAYWALD & JÚNIOR, 2013, p.76), historicamente muito concentrada (isto é, com índice de Gini¹ igual a 0,854 - IBGE, 2006). Porém, a partir da constituição de 1988, o instrumento do Estado brasileiro que restou para buscar diminuir as desigualdades da estrutura agrária, foi a implantação de assentamentos rurais nas grandes propriedades consideradas improdutivas (SILVA, 2011, p.3), sejam de agricultura ou de pecuária.

Segundo Bergamasco & Norder (1996, p.7), no Brasil os assentamentos surgem da luta dos trabalhadores rurais, e podem ser definidos como a “criação de novas unidades de produção agrícola por meio de políticas governamentais visando o reordenamento do uso da terra, em benefício de trabalhadores rurais sem terra ou com pouca terra”. De acordo com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária -INCRA, órgão federal responsável pela política de reforma agrária no Brasil, havia em 2015, 8.763 assentamentos rurais, ocupando aproximadamente 86 milhões de hectares e com 924 mil famílias assentadas. Especificamente no estado de Goiás, no mesmo ano, existiam 421

assentamentos rurais, ocupando cerca de 1 milhão de hectares e abrigando mais de 22 mil famílias.

O presente estudo se debruça sobre os imóveis rurais que não cumpriram sua função social e foram desapropriados através da política pública da reforma agrária em Goiás. Essas desapropriações se baseiam prioritariamente no aspecto de produtividade, haja vista, que Ondetti (2016, p.32) ressalta que os aspectos trabalhistas e ambientais da função social têm sido ignorados no Brasil. Assim, considerando também que os assentamentos rurais de Goiás são predominantemente ocupados por áreas de pastagem desde sua criação (MEDINA *et al.*, 2016, p.22), espera-se que esses imóveis rurais tenham sido classificados como improdutivos devido a subutilização de suas áreas de pastagens, em parte, por estas estarem degradadas. Ademais, existem relatos na literatura sobre imóveis rurais com acentuado nível de degradação ambiental, que são desapropriados justamente por se caracterizarem improdutivos (SPAROVEK, 2003, p.127). Desta forma, faz-se necessário verificar a existência de passivos ambientais, como pastagens degradadas, nos imóveis rurais que deram origem aos assentamentos rurais em Goiás. A fim de estabelecer se a degradação ocorreu antes da criação dos assentamentos rurais. Essa questão, em particular, levanta dúvidas sobre a qualidade dos imóveis rurais adquiridos pela política pública da reforma agrária no Brasil.

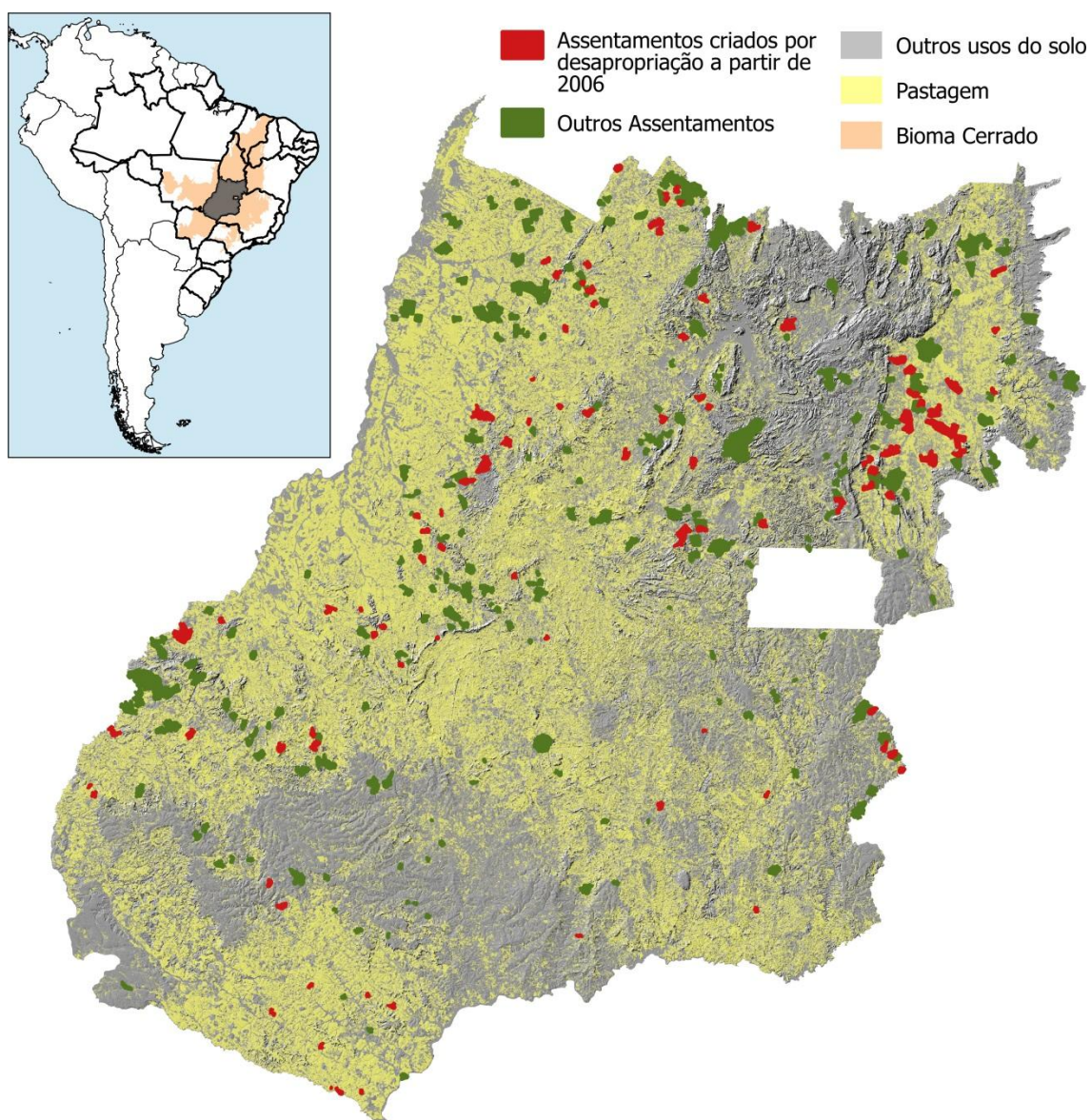
Assim, entendendo que os assentamentos rurais são relevantes no contexto rural brasileiro, fazem parte da ocupação antrópica do bioma Cerrado, e demandam de um melhor entendimento quanto aos níveis produtivos de suas áreas de pastagem. Esse artigo tem como objetivos: I) verificar se os assentamentos rurais do cerrado goiano herdaram pastagens degradadas dos imóveis desapropriados através da política de reforma agrária; II) avaliar o potencial dos dados satelitários na determinação das condições produtivas da terra, recebida pelos trabalhadores rurais recém-assentados.

Metodologia

A área de estudo compreendeu os assentamentos rurais criados no estado de Goiás pelo INCRA, por meio de desapropriação de imóveis rurais que não cumpriram sua função social. Os assentamentos rurais foram selecionados através do Sistema de Informações de Projetos de Reforma Agrária – SIPRA, considerando o ano de criação

dos mesmos, a partir de 2006, ano de regulamentação da nova versão do manual de obtenção de terras e perícia judicial do INCRA. Assim, a pesquisa considerou 111 assentamentos rurais, de um total de 421 no estado de Goiás (figura 1).

Figura 1 – Distribuição dos assentamentos rurais no estado de Goiás, com destaque (em vermelho) para os assentamentos criados a partir de 2006 e considerados nesta análise.

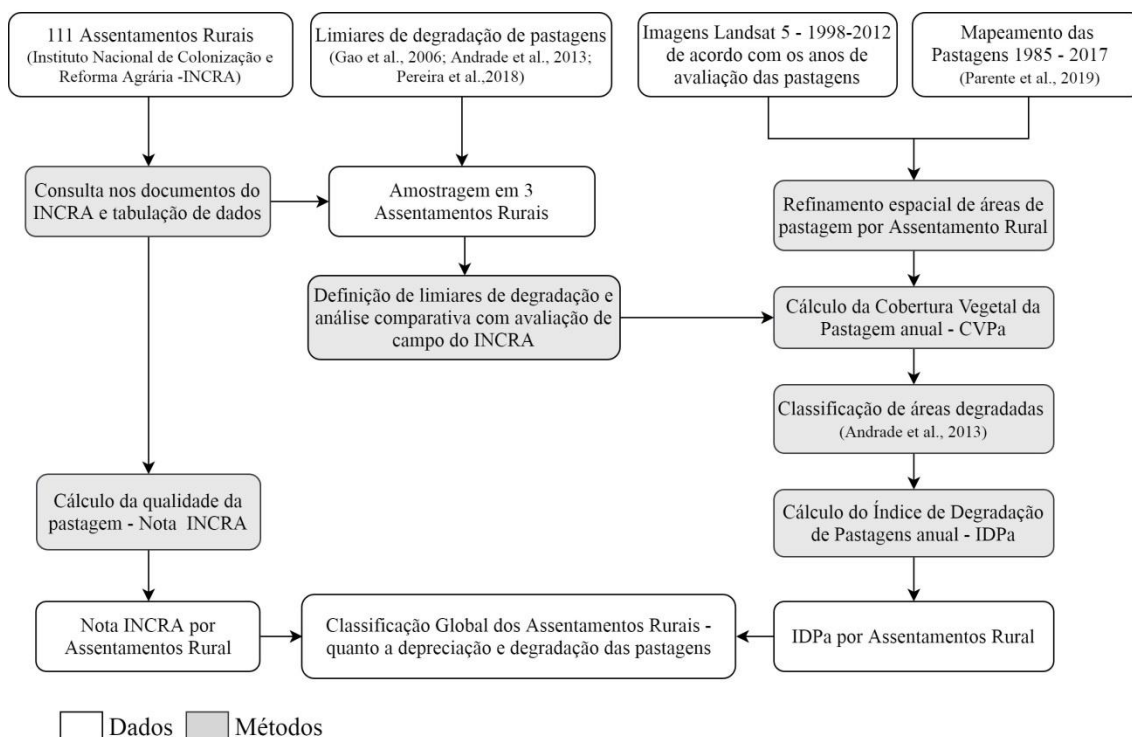


Fonte: LAFIG, 2000; INCRA, 2017; PARENTE *et al.*, 2019, p.5.

Org.: Os autores

Para analisar a condição das pastagens existentes nos imóveis rurais desapropriados que deram origem aos assentamentos rurais, realizou-se uma pesquisa em documentos oficiais da União, bem como análises baseadas em imagens Landsat (ver figura 2).

Figura 2 - Fluxograma mostrando os principais dados e métodos considerados neste estudo para realizar a classificação global dos assentamentos rurais.



Org.: Os autores, 2019.

Documentos oficiais da União

A pesquisa documental considerou os 111 processos de criação dos assentamentos rurais, conjuntamente aos laudos agrônômicos de vistoria e avaliação, disponíveis nas duas Superintendências do INCRA existentes em Goiás. O método utilizado pelo INCRA para avaliar a qualidade das pastagens se baseia em amostragem por inspeção visual e está descrito em seu manual de obtenção de terras, seguindo as recomendações de Rossi (2005). Para estes assentamentos rurais, foram considerados os seguintes itens na avaliação das pastagens no momento da vistoria: incidência de ervas

daninha; falhas na formação ou claros na pastagem; processos erosivos; presença de cupinzeiros ou saueiros; baixo nível de manejo; aspecto vegetativo ruim, com as plantas não atingindo a altura média da espécie.

Em geral, nos processos de criação dos assentamentos rurais, encontraram-se as pastagens classificadas de acordo com seu nível de depreciação, como segue abaixo:

- Ótimo (1) - não ocorrência de nenhum item considerado na avaliação;
- Bom (0,8) - ocorrência de 1 item considerado na avaliação;
- Regular (0,6) - ocorrência de 2 itens considerados na avaliação;
- Precário (0,4) - ocorrência de 3 itens considerados na avaliação;
- Mau (0,2) - ocorrência de 4 itens considerados na avaliação;
- Péssimo (0) - ocorrência de 5 ou 6 itens considerados na avaliação.

Além desses parâmetros, foram coletados dados sobre a época do ano da avaliação do imóvel, espécies forrageiras encontradas, total de área em hectares, efetivo pecuário e a presença de pastagem nativa ou agricultura na área.

Após essa etapa, realizou-se a tabulação dos dados coletados e o cálculo pela média dos níveis de depreciação (ponderados em relação à área ocupada), com vistas a classificar os assentamentos rurais conforme a qualidade global de suas pastagens, atribuindo-os uma “nota INCRA”.

Mapeamento digital e análises espaciais

As análises das imagens de satélite foram realizadas nos softwares QGIS e ARCGIS, em conjunto com dois mapas digitais (em formato vetorial), contendo, respectivamente, a delimitação dos assentamentos rurais (INCRA, 2017) e a série histórica de mapeamento das pastagens no estado de Goiás entre 1985 a 2017 (PARENTE *et al.*, 2019, p.5). A partir da sobreposição dos dois mapas vetoriais, foi possível obter a área de pastagem por assentamento rural, considerando o ano da vistoria do INCRA. Da mesma forma, foi possível verificar, para cada assentamento rural, a diferença na área de pastagem estimada, conforme os dados de campo do INCRA e àqueles obtidos a partir da classificação automática de imagens Landsat.

As imagens utilizadas neste estudo foram obtidas pelo sensor TM (*Thematic Mapper*) do satélite Landsat-5, com 30 metros de resolução espacial e processadas, com valores de reflectância em topo de atmosfera, no *Google Earth Engine* (GORELICK *et al.*, 2017, p.18), uma plataforma de computação em nuvem capaz analisar dados científicos em escala planetária.

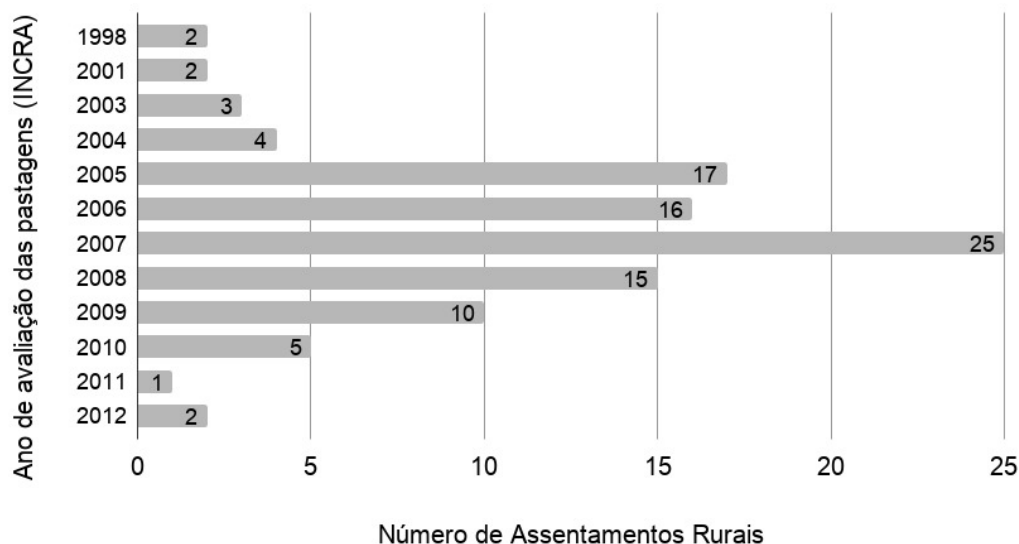
A metodologia utilizada para a detecção de processos de degradação em áreas de pastagens por meio de dados satelitários foi proposta inicialmente por Gao *et al.* (2006, p.167), adaptada às condições brasileiras por Andrade *et al.* (2013, p.237) e utilizada posteriormente por Pereira *et al.* (2018a, p.372), e tem por base a utilização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), proposto por Rouse *et al.* (1973, p.309), conforme equação 1:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: NDVI = índice de vegetação por diferença normalizada, adimensional; e NIR e RED são, respectivamente, os valores de reflectância no infravermelho próximo e do vermelho para o pixel analisado.

Assim, para cada assentamento rural, e conforme o ano em que ocorreu a avaliação de depreciação das pastagens, obteve-se uma imagem síntese a partir do cálculo da mediana do NDVI, considerando todas as imagens landsat 5 disponíveis ao longo de um ano, filtradas, quanto a contaminações por nuvens e sombras de nuvens, com base no “*Band Quality Assessment*” (ROY *et al.*, 2014, p.154) (ver figura 3). A rotina de processamento utilizada para esta análise está disponível em <https://code.earthengine.google.com/881c494336d42793c65170cfe62064b6>.

Figura 3 - Número de assentamentos rurais em relação ao ano em que foram avaliados pelo INCRA.



Org.: Os autores, 2019.

Optou-se por utilizar uma imagem síntese, com a mediana do NDVI Anual (NDVI_a), ao invés de uma única imagem da data de avaliação, para homogeneizar os efeitos da sazonalidade nas áreas de pastagens ao longo do ciclo hidrológico, característica esta que influencia diretamente os valores de NDVI e a percepção de degradação das pastagens, conforme demonstrado por Pereira *et al.* (2018a, p.373). Com essa adaptação realizada na metodologia proposta por Gao *et al.* (2006, p.167) foi possível realizar uma comparação mais homogênea de todos os assentamentos rurais, independentemente da data em que foi realizada a avaliação de depreciação de suas pastagens, corrigindo de certo modo, a influência da sazonalidade nas análises realizadas.

Posteriormente, utilizou-se os valores do NDVI_a, pixel a pixel, para calcular a Cobertura Vegetal da Pastagem Anual (CVPa), adaptado de Gao *et al.* (2006, p.167), conforme a equação 2:

$$CVPa = (NDVI_a - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s) \times 100\% \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: NDVI_s = menor valor de NDVI_a encontrado entre os pixels representativos de áreas com solo exposto, por assentamento rural analisado; e NDVI_v = maior valor de NDVI_a encontrado entre os pixels da área de pastagem, por assentamento rural analisado.

Com o objetivo de atender ao parâmetro NDVI_v da equação 2, foram realizados ajustes nos mapeamentos das áreas de pastagens, devido a presença de vegetação nativa nas bordas das áreas de pastagem, especificamente em limites com áreas de preservação permanente ao longo da drenagem, e no interior de piquetes de pasto, com alguns pixels referentes ao agrupamento de árvores. Estas inconsistências foram solucionadas retirando-se uma faixa de 30 metros ao longo das bordas das áreas de pastagens e removendo pixels internos, tendo por referência de corte a subtração do valor de um desvio padrão do valor máximo de NDVI_a dos pixels de cada imagem.

Para definir as classes de nível de degradação de pastagem com base na CVP_a, optou-se por verificar qual dos parâmetros utilizados pelos autores, Gao *et al.* (2006, p.168); Andrade *et al.* (2013, p.237); Pereira *et al.* (2018a, p.374) presentes na tabela 1, melhor explicam a realidade do Cerrado goiano, tendo como referência três assentamentos rurais – Santa Clara (Flores de Goiás-GO), Boa Sorte (Cocalzinho de Goiás-GO) e Pequena Vanessa II (Bom Jardim de Goiás-GO) – que apresentaram pastagens nos extremos das classificações realizadas pelo INCRA – ótimo, mau e péssimo.

Tabela 1 - Parâmetros do nível de degradação de pastagem, conforme o % de cobertura vegetal da pastagem anual (CVP).

Classe de nível de degradação	Intervalo CVP equivalente		
	Gao	Andrade	Pereira
Não Degradado	CVP > 90%	CVP > 60%	CVP ≥ 77,5%
Levemente Degradado	CVP - 75% a 90%	CVP - 50% a 60%	CVP - 71% a 77,5%
	CVP - 60% a 75%	CVP - 40% a 50%	CVP - 63,5% a 71%
Moderadamente Degradado	CVP - 30% a 60%	CVP < 40%	CVP - 45% a 63,5%
	CVP < 30%	-	CVP ≤ 45%

Fonte: Gao et al. (2006); Andrade et al. (2013); Pereira et al. (2018a)
Org.: Os autores, 2019.

Especificamente para esta etapa, a fim de realizar a comparação entre os diferentes parâmetros usados entre INCRA (seis níveis de depreciação) e os parâmetros presentes na tabela 1 (cinco e quatro níveis de degradação), foram agrupadas as classes péssimo, mau e precário usadas pelo INCRA, transformando-as na classe seriamente degradado. Da mesma forma, foi agrupada a classe extremamente degradado, usada por Gao *et al.* (2006 p.168) e Pereira *et al.* (2018a, p.374), à classe seriamente degradado, deixando todos os parâmetros com quatro classes de nível de degradação. Essa uniformização das classes permitiu uma comparação mais assertiva entre os diferentes parâmetros utilizados.

Assim, inicialmente calculou-se a CVPa e as áreas por classe de nível de degradação para os três assentamentos rurais pré-selecionados, realizando sua comparação com os parâmetros de campo do INCRA, o que permitiu a definição de qual o melhor parâmetro a ser utilizado para analisar todas as demais imagens satelitárias.

As classes de degradação geradas a partir da CVPa foram utilizadas como parâmetros para o cálculo do Índice de Degradação da Pastagem Anual - IDPa, adaptado de Andrade *et al.* (2013 p.237), conforme a equação 3:

$$IDPa = \frac{(\sum_{i=1}^n Di \times Ai)}{A} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde: *Di* = número da classe de degradação, *Ai* é a área de distribuição do nível de classificação *i*, e *A* é a área total de pastagens da área de estudo.

A condição de degradação da pastagem referente ao IDPa calculado pode ser observada na Tabela 2. Posteriormente, foram calculados a CVPa e o IDPa para 102 assentamentos rurais, haja vista que nove assentamentos rurais, dos 111 iniciais, não apresentaram informações na etapa de pesquisa documental e foram excluídos da análise. Por fim, realizou-se a classificação global dos assentamentos rurais, quanto a depreciação e o nível de degradação das pastagens.

Tabela 2 - Avaliação do estado da cobertura vegetal, conforme as cinco categorias do Índice de Degradação da Pastagem Anual (IDPa).

IDPa	Categoria de degradação de pastagem
$IDPa \leq 1$	Não degradada
$1 < IDPa \leq 2$	Levemente Degradada
$2 < IDPa \leq 3$	Moderadamente Degradada
$3 < IDPa \leq 4$	Fortemente Degradada
$IDPa > 4$	Extremamente Degradada

Fonte: Adaptado de Gao *et al.* (2006 p.168).
Org.: Os autores, 2019.

Resultados

A pesquisa nos laudos agrônômicos de vistoria e avaliação revelou que as vistorias realizadas em campo nos 111 imóveis rurais ocorreram, em média, cerca de dois anos e meio antes da efetiva criação dos assentamentos rurais, devido aos procedimentos administrativos e a possíveis recursos judiciais impetrados, existindo os casos extremos de intervalo de tempo de apenas um mês e de até nove anos entre a vistoria e a efetiva criação do assentamento rural. Esse hiato entre a avaliação das pastagens e a efetiva criação dos assentamentos rurais foi mais longo para 36% dos imóveis (isto é $> 2,5$ anos). Dessa forma, os dados levantados podem indicar, com segurança, a situação das pastagens para o ano da avaliação dos imóveis rurais e não necessariamente para o ano de criação dos assentamentos rurais.

Todos os 111 imóveis foram considerados improdutivos, ou seja, não cumpriram sua função social, no aspecto produtivo. Nesse aspecto, apenas 73 processos de criação apresentaram informações sobre o efetivo pecuário em unidade animal (UA). Esses 73 imóveis registram uma taxa de lotação bovina média de apenas 0,4 UA/ha, taxa que pode ser associada à pastagem degradada (DIAS-FILHO, 2014, p.25).

Os dados coletados revelaram também que quase 70% dos imóveis vistoriados tinham área superior a mil hectares, classificando-os, provavelmente, em grandes propriedades² (INCRA, 2018). Cerca de 60% das vistorias ocorreram no período seco do ano, de abril a setembro. E quase a totalidade dos 111 Imóveis avaliados eram destinados à exploração pecuária, corroborando com os relatos de Medina *et al.* (2016, p.22), já que

a presença de agricultura foi observada em menos de 10 imóveis rurais avaliados, sendo que em apenas dois a única exploração agropecuária era a agricultura.

Com esse predomínio das pastagens, o INCRA avaliou nesses imóveis 96.508 hectares de pastagens, sendo mais de 60 mil hectares (62%) da espécie *Brachiaria decumbens* e/ou *brizantha*, cerca de 35 mil (36%) de *Andropogon sp.*, e o restante (1,5%) ocupado com outras espécies, como o quicuiu (*Brachiaria humidicula*) e o tanzânia / colômbio (ambos do gênero *Panicum*); ainda foram identificados, mas não avaliados, mais de 8 mil hectares de pastagem nativa, em sua maioria capim jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), distribuídos em 14 imóveis avaliados (cinco dos quais apenas com pastagens nativas).

Em 70 processos, não existiam informações sobre as causas por detrás da depreciação das pastagens. Para os 41 processos restantes, as principais causas de depreciação apontadas foram: ausência de tratamentos culturais e de calagem e adubação; solos compactados; presença de erosões laminares, em sulcos e voçorocas; e em 15 processos (36% dos 41) foi relatada a presença de ervas daninhas nas pastagens.

Na tabela 3, é possível verificar que 43,5% das pastagens avaliadas pelo INCRA foram consideradas boas. Cerca de 29% foram classificadas como regulares. E a soma das classes: precário, mau e péssimo correspondeu a 24,7% das pastagens avaliadas. Assim, de um lado, temos 45,1% das pastagens classificadas como boas/ótimas, e de outro, temos 54% das pastagens classificadas de regular a péssimo.

Tabela 3 - Total de pastagens avaliadas pelo INCRA de acordo com sua depreciação e distribuição dos imóveis rurais (IR) quanto à qualidade global de suas pastagens.

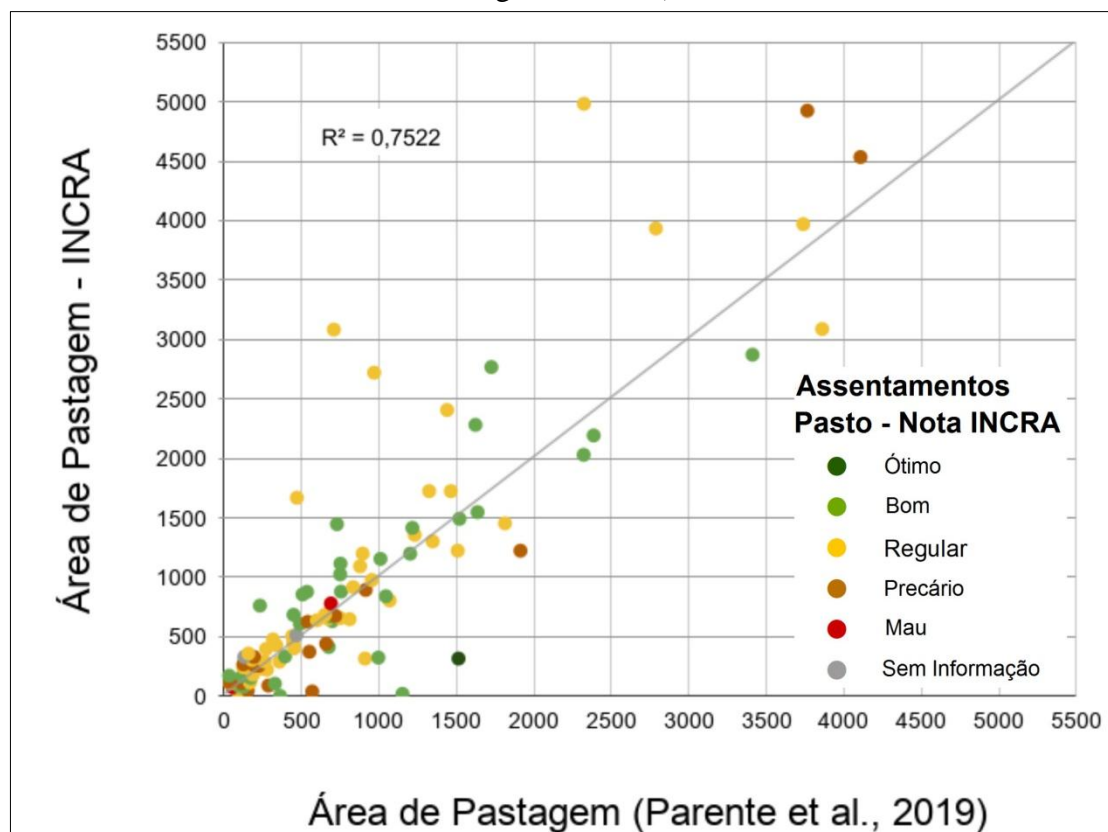
Depreciação Pastagem	Área Pastagem (ha)	%	Nota INCRA	IR	%
Ótimo	1.586	1,6	Ótimo (0,9 1 - 1)	1	0,9
Bom	41.963	43,5	Bom (0,71 - 0,90)	34	30,6
Regular	28.318	29,3	Regular (0,51 - 0,70)	46	41,4
Precário	20.370	21,1	Precário (0,3 1- 0,50)	19	17,1
Mau	2.399	2,5	Mau (0,11 - 0,30)	2	1,8
Péssimo	1.026	1,1	Péssimo (0 - 0,10)	0	0
Sem informação	846	0,9	Sem informação	9	8,1
Total	96.508	100	Total	111	100

Org.: Os autores, 2019.

Um único imóvel rural desapropriado pode apresentar pastagens em diferentes níveis de depreciação. Assim, para classificar os imóveis que deram origem aos assentamentos rurais quanto à depreciação global de suas pastagens foi atribuído uma nota INCRA a cada imóvel rural, fruto da ponderação da área de pastagem de cada nível de depreciação em relação à área total de pastagens (ver tabela 3). Este resultado evidenciou que mais de 30% dos imóveis rurais desapropriados foram classificados como bons quanto à depreciação de suas pastagens, mais de 40% foram classificados como regulares e a soma dos imóveis classificados em precários e maus foram de quase 19%. Nesse sentido, é possível afirmar que, mais de 60% dos imóveis foram classificados de regulares a precários quanto ao nível de depreciação de suas pastagens.

A fidelidade da estimativa de área de pastagem por assentamento rural, conforme os dados do INCRA e do mapeamento automático das pastagens (PARENTE *et al.*, 2019, p.5), é bastante significativa ($r^2 = 0,7522$) (figura 4), o que, ao mesmo tempo que sugere uma proximidade entre as duas fontes de dados, corrobora a precisão e acurácia de dados e métodos distintos. Na figura 4 podemos observar a dispersão das áreas de pastagem e sua classificação de acordo com a nota INCRA. Percebe-se que áreas maiores tendem a uma maior diferença entre as fontes de dados e que as áreas de pastagens estimadas pelo INCRA foram, em geral, maiores do que aquelas derivadas do mapeamento automático das pastagens. É possível que as estimativas realizadas pelo INCRA, através de inspeção visual, análise de documento e entrevista com proprietário, tenham superestimado as pastagens nas grandes propriedades.

Figura 4 - Distribuição dos assentamentos de acordo com a nota INCRA e área de pastagem (estimada de acordo com dados INCRA e classificação automática de imagens Landsat).



Org.: Os autores, 2019.

A classificação das pastagens, conforme os parâmetros dos três autores mostrados na tabela 1 e baseada na avaliação de campo realizada na vistoria do INCRA, indicou que os parâmetros que mais se aproximaram com a realidade observada em campo foi o desenvolvido por Andrade *et al.* (2013, p.237). Isto porque, na comparação com os dados de campo, os parâmetros de classificação desenvolvidos por Gao *et al.* (2006, p.168) e Pereira *et al.* (2018a, p.374) superestimaram as pastagens classificadas como seriamente e extremamente degradadas e subestimaram as pastagens classificadas como não degradadas.

De fato, a pesquisa realizada por Andrade *et al.* (2013, p.234) é a que mais se aproxima geograficamente das áreas de Cerrado no estado de Goiás, desenvolvida no oeste paulista no bioma Mata Atlântica, próximo ao bioma Cerrado. Por outro lado, Gao *et al.* (2006, p.165) desenvolveram a sua pesquisa nas condições de campo do norte do

Tibet, enquanto Pereira *et al.* (2018a, p.370) realizaram estudos nas condições da Mata Atlântica no sul do estado de Minas Gerais, região relativamente próxima ao litoral brasileiro.

A figura 5 apresenta a espacialização dos níveis de degradação das pastagens, gerados a partir dos parâmetros de Andrade *et al.* (2013, p.237), nos três assentamentos rurais usados para calibrar as análises das imagens. Percebe-se certa similaridade entre os valores avaliados em campo pelo INCRA com os níveis de degradação das pastagens gerados a partir dos parâmetros estabelecidos por Andrade *et al.* (2013, p.237) (tabela 1).

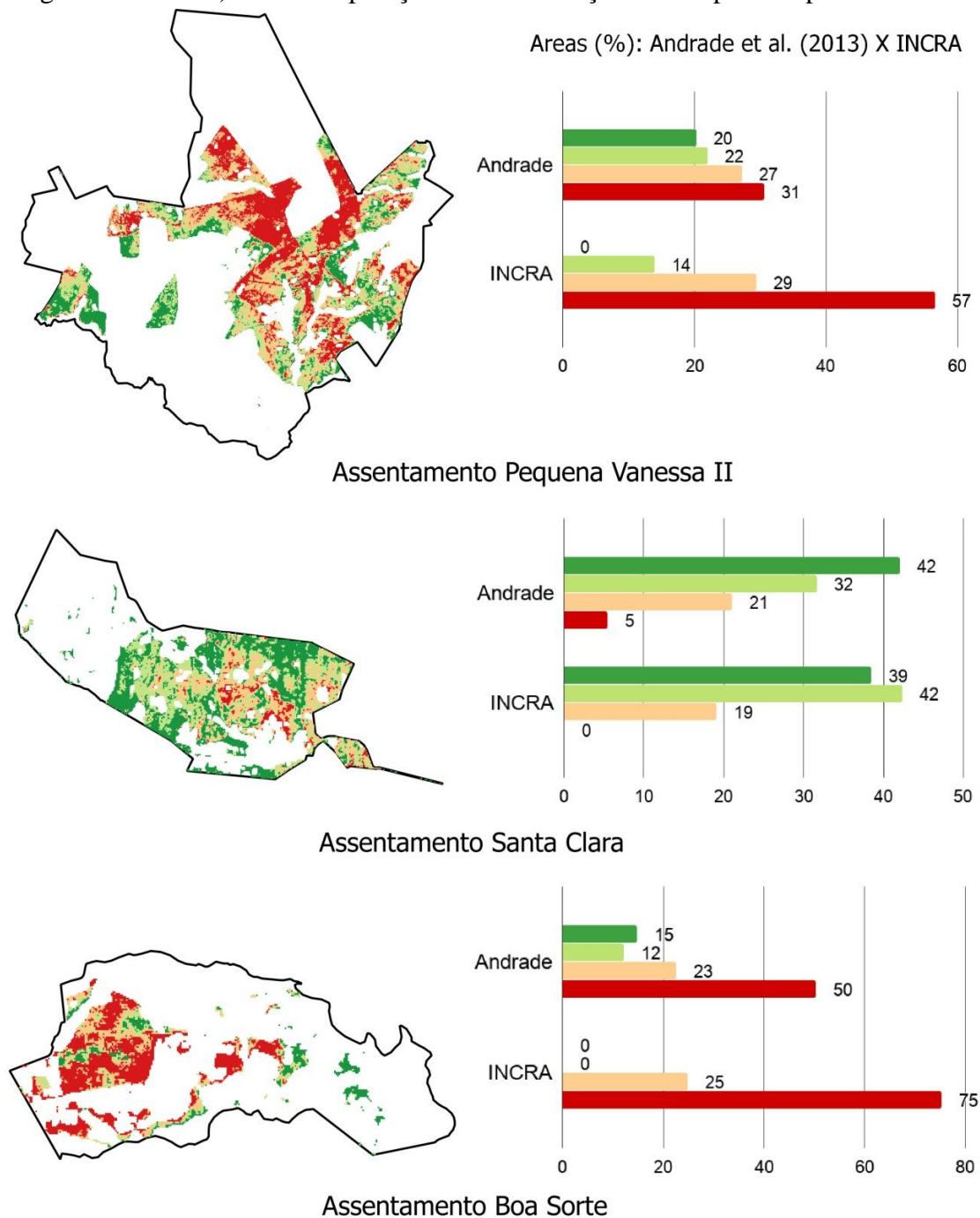
Cabe ressaltar que a avaliação de campo realizada pelo INCRA muitas vezes identificou apenas algumas classes de depreciação das pastagens, como no caso do assentamento rural Boa Sorte, em que o INCRA classificou as pastagens em apenas duas classes, regular, com 25%, e mau (transformada na classe seriamente degradada), com 75%, o que de certa forma prejudicou a junção das classes e sua padronização em quatro níveis de degradação.

A partir da definição do melhor parâmetro para explicar a realidade de campo das pastagens do Cerrado goiano, realizou-se o cálculo da CVPa e do IDPa para os 102 imóveis rurais desapropriados e considerados neste estudo (dados disponíveis respectivamente em

http://maps.lapig.iesa.ufg.br/?layers=es_go_assentamentos_cvp_100_2017_lapig e http://maps.lapig.iesa.ufg.br/?layers=es_go_assentamentos_idp_100_2017_lapig).

Na tabela 4 é possível observar a classificação dos níveis de degradação das pastagens, calculados a partir da CVPa, evidenciando que 74,9 % das pastagens dos imóveis rurais, no ano da avaliação do INCRA, apresentaram algum nível de degradação. A classe de degradação mais expressiva foi justamente a mais severa (fortemente degradada), correspondendo a 32,6% da pastagem total avaliada, seguida pelas classes moderadamente degradada, com 21,5% e levemente degradada, com 20.8%.

Figura 5 – Espacialização dos níveis de degradação das pastagens (a partir da análise de imagens satelitárias) e sua comparação com a avaliação de campo feita pelo INCRA.



Legenda - Parâmetros Andrade et al. (2013)

- % Nível de Degradação
- 1- Não Degradado
- 2- Levemente Degradado
- 3- Moderadamente Degradado
- 4- Fortemente Degradado
- Não Pastagem

Fonte: INCRA, 2017; PARENTE *et al.*, 2019, p.5.
Org.: Os autores, 2019.

As pastagens consideradas não degradadas também se destacaram, totalizando um quarto das pastagens avaliadas. A soma das pastagens não degradadas com a classe mais branda de degradação (levemente degradada) resulta em 45,9% das pastagens em razoável estado de vegetação. Percentual muito semelhante à soma das classes ótimo e bom (45,1%), conforme avaliação em campo realizada pelo INCRA.

Tabela 4 - Distribuição dos níveis de degradação calculados a partir da CVPa e a distribuição dos imóveis rurais (IR) desapropriados quanto ao cálculo do IDPa.

Degradação Pastagem - CVPa	Área		IDPa	IR	%
	Pastagem (ha)	%			
Não degradada	16.554	25,1	Não degradada	0	0
Levemente degradada	13.762	20,8	Levemente degradada	22	21,6
Moderadamente degradada	14.205	21,5	Moderadamente degradada	56	54,9
Fortemente degradada	21.506	32,6	Fortemente degradada	24	23,5
Total	66.027*	100	Total	102	100

* A menor área de pastagem em relação a avaliação do INCRA ocorre em função da metodologia de retirar 30 metros de borda das áreas de pastagens.

Org.: Os autores, 2019.

No que diz respeito à análise do Índice de Degradação das Pastagens anual (IDPa), constata-se que 100% os imóveis rurais foram classificados com algum grau de degradação. A classe mais expressiva foi a moderadamente degradada, com 54,9% dos imóveis rurais, seguida pelas classes fortemente degradada, com 23,5%, e levemente degradada, com 21,6%. Ou seja, pode-se concluir que a avaliação realizada por meio das imagens de satélite resultou na classificação das pastagens dos imóveis rurais, quanto ao nível de degradação, em moderadamente degradada com viés para fortemente degradada.

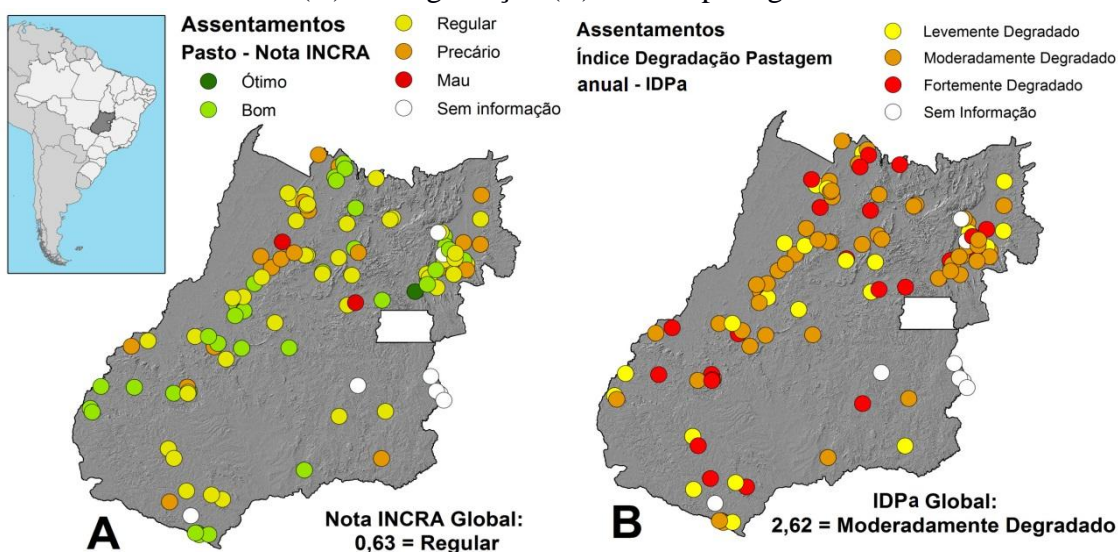
É importante observar que aproximadamente 25% das áreas de pastagens foram classificadas como não degradadas, sendo que nenhum imóvel rural foi classificado com o IDPa ≤ 1 (isto é, não degradada). Provavelmente, a quantidade de área de pastagem não degradada por imóvel não foi suficientemente grande para suplantarem as demais classes dentro do mesmo imóvel rural.

Observa-se também a similaridade da quantidade de pastagem com algum grau de degradação (74,9%), segundo a CVPa, e a soma das classes de IDPa moderadamente

degradada e fortemente degradada nos imóveis rurais (78,4%). Dessa forma, é possível concluir que as áreas de pastagens não degradadas (cerca de 25%) estimadas pela CVPa influenciaram na classificação dos imóveis na classe de IDPa levemente degradada, com 21,6%.

A avaliação de depreciação das pastagens (isto é, nota INCRA) e o resultado do IDPa (ver figura 6), não apresentaram padrões de distribuição espacial determinísticos, os quais possam estar relacionados ao estado das pastagens nos imóveis rurais. Os assentamentos rurais que apresentaram os valores menores e maiores na nota do INCRA foram o Carlos Lamarca (Crixás-GO), com nota (0,20), e Itaúna (Planaltina-GO), com nota (1,0). Já os assentamentos rurais que apresentaram os valores menores e maiores de IDPa foram o Simolândia (Simolândia-GO), com IDPa (1,18), e o Geraldo Garcia (Bonópolis-GO), com IDPa (3,83).

Figura 6 – Espacialização dos assentamentos rurais classificados quanto a depreciação (A) e a degradação (B) de suas pastagens.



Fonte: LAPIG, 2000; INCRA, 2017.
Org.: Os autores, 2019.

A figura 6 ilustra também a comparação entre os dois índices calculados de forma global, revelando que a nota INCRA global foi de 0,63, o que enquadra os assentamentos rurais como regulares quanto à depreciação de suas pastagens. Já o IDPa global foi de 2,62, classificando os assentamentos rurais como moderadamente

degradados. Em termos gerais, é possível afirmar que existe uma predominância de assentamentos rurais regulares a moderadamente depreciados e degradados quanto a seus índices globais.

Discussão

A principal contribuição deste estudo é auxiliar no entendimento acerca das condições das pastagens nos imóveis rurais avaliados para a criação dos assentamentos rurais no Cerrado Goiano, permitindo determinar em quais condições os beneficiários da Reforma Agrária receberam os imóveis rurais desapropriados. Os resultados revelaram primeiramente que existe um hiato temporal entre a avaliação das pastagens nos imóveis rurais e a efetiva criação dos assentamentos rurais. Portanto, a metodologia aqui utilizada não é capaz de responder, com precisão, em quais condições estavam as pastagens no momento da criação dos assentamentos rurais, mas sim, identificar o estado das pastagens no ano da avaliação dos imóveis rurais. Entretanto podemos presumir que o estado das áreas de pastagens no ano de criação será equivalente, ou pior, ao estado no ano de avaliação, posto que geralmente o proprietário não terá mais interesse em investir em um imóvel rural que será desapropriado pelo INCRA.

Essa defasagem temporal é relatada por Silva (2006, p.62), que explica a existência de uma enorme assimetria entre os trabalhadores rurais sem terra e os grandes proprietários de terra: “[...] com maior capital econômico e social, têm maior facilidade de acesso à mídia, ao poder judiciário, dentre outros meios utilizados para aumentar seu poder de influência e retardar a desapropriação de suas propriedades”. A autora revela ainda que mesmo depois de o INCRA ter conseguido comprar a propriedade rural, o processo de regularização da posse, desde o ato de obtenção do título da terra por decreto do governo federal, até o ato de criação do assentamento rural, pode demorar meses, às vezes, anos, corroborando com os resultados ora apresentados.

Esse poder de influência dos grandes proprietários reverbera nos parâmetros técnicos do ordenamento jurídico utilizado na política de reforma agrária para definir quais propriedades são consideradas improdutivas e, portanto, não cumpridoras da função social da terra. Assim, apesar da evolução do nível tecnológico que proporciona maior produtividade às áreas de pecuária, os índices de produtividade utilizados pelo INCRA

para mensurar se uma propriedade rural é considerada produtiva ou não, expressos pelos parâmetros referenciais de mensuração do Grau de Utilização da Terra (GUT) e do Grau de Eficiência das Explorações (GEE), ainda têm como base os dados da agropecuária brasileira de 1975. Ou seja, conforme assinala Teixeira (2011, p.2), “no Brasil, a grande propriedade produtiva é assim classificada quando se observa os índices de rendimentos agropecuários de 35 anos atrás,” que são, “evidentemente, muito inferiores aos índices atuais de produtividade em virtude da utilização massiva de adubos, fertilizantes, herbicidas e novas técnicas de plantio” (NAKATANI *et al.*, 2012, p.232). Neste sentido, os imóveis rurais avaliados nesse estudo foram considerados improdutivos, pois tinham lotação bovina média de apenas 0,4 UA/ha, valores semelhantes àqueles encontrados por Dias-Filho (2014, p.13) em 1975 para a região Centro-Oeste.

Outro aspecto relevante a ser observado para o entendimento das condições das pastagens diz respeito às causas de sua degradação/depreciação. No entanto, a ausência de informações mais precisas sobre os itens considerados na depreciação, avaliada pelo INCRA, prejudica a percepção da real situação das pastagens, principalmente para entendermos que tipo de degradação ocorre: agronômica ou biológica. Segundo Dias-Filho (2011b, p.14), “a degradação agronômica costuma acontecer em regiões com precipitação mais elevada, nas quais a pastagem gradualmente cede lugar às plantas secundárias”. Já a “degradação biológica costuma ocorrer em regiões de clima seco, onde a pastagem é substituída por áreas descobertas, devido à perda de fertilidade do solo, tendo menor influência das espécies secundárias”.

Assim, o fenômeno de “degradação agronômica é bem expressivo na região amazônica, devido à precipitação anual superior a 2000 mm e à abundância de propágulos da floresta, enquanto no Cerrado predomina a degradação biológica, como resultado da menor pluviosidade” (DIAS-FILHO, 2011b, p.14). Corroborando com esse entendimento, os dados levantados nos itens considerados na depreciação das pastagens, demonstram que em apenas 36% dos 41 imóveis com informações, existia a presença de plantas secundárias (ervas daninhas). Ou seja, a degradação agronômica, caso tenha ocorrido, foi minoritária nas áreas de Cerrado avaliadas pelo INCRA (que continham informações a respeito).

É importante destacar que a presença de plantas secundárias pode confundir o enquadramento da pastagem nas classes de degradação, como descrito por Andrade *et al.* (2013, p.241). Assim, esses casos de degradação agrônômica precisam ser mais bem estudados, com o auxílio de trabalhos “*in loco*” nas áreas de pastagens com presença de plantas secundárias. Procedimento esse que não se realizou nesse estudo devido a metodologia aqui adotada.

Outro aspecto a ser observado são os resultados expressos nas tabelas 3 e 4 quanto ao percentual de área de pastagem depreciada/degradada, que embora diferentes entre si, contêm certas similaridades já expostas nos resultados. Esses percentuais indicam, de certo modo, em quais condições os assentados receberam os imóveis rurais desapropriados. Ou seja, se considerarmos os valores calculados a partir da cobertura vegetal da pastagem anual - CVPa, teríamos cerca de 75% das pastagens com algum grau de degradação. Esse alto percentual de pastagem degradada também foi encontrado por Ferreira & Ferreira Neto (2018, p.144) no estado de Mato Grosso, em que 88% das pastagens no início do assentamento rural estavam com algum nível de degradação. Ademais, mais de 60% dos imóveis rurais estudados aqui foram classificados de regulares a precários quanto ao nível de depreciação de suas pastagens.

Esses resultados corroboram com os relatos de Sparovek (2003, p.127), sobre os diversos imóveis rurais que são desapropriados através da política de reforma agrária, com acentuado nível de degradação ambiental. Revelando em certa medida, que os assentados herdaram, muitas vezes, passivos ambientais do qual não são responsáveis, e não tem incentivo financeiro para corrigi-los. Já que no momento da aquisição do imóvel pelo INCRA esse passivo é descontado (por meio do cálculo da depreciação das pastagens) do valor pago pelas benfeitorias ao antigo proprietário. Por outro lado, esses valores descontados não retornam aos assentamentos rurais para serem investidos na recuperação de suas pastagens degradadas.

Esses resultados demonstram também a baixa qualidade dos imóveis rurais adquiridos pela política pública da reforma agrária no Brasil. Neste sentido, a criação de assentamentos rurais com pastagens degradadas pode se constituir em um dos aspectos que explicaria em parte o “fracasso” da política pública de reforma agrária, no que diz respeito às baixas produtividades e ao abandono/venda, que pode chegar a 30%

(ONDETTI, 2016, p.35) das parcelas dentro dos assentamentos rurais, processo esse relatado por Ludewigs *et al.* (2009, p.1348).

É importante ressaltar que os métodos utilizados neste estudo para avaliar as pastagens representam objetos diferentes. Enquanto a nota INCRA representa o estado de depreciação econômica das pastagens, baseado em parâmetros de degradação, o IDPa informa o nível de degradação das pastagens, baseado na resposta espectral do NDVI. Os trabalhos de campo realizados pelo INCRA/Goiás, que deram suporte para as análises via sensoriamento remoto, são descritos como de “Reconhecimento de Baixa Intensidade” na nota técnica nº 07 de 2013 (que se baseia, quanto à precisão de seus levantamentos, no manual técnico de pedologia - IBGE, 2007). Essa metodologia pressupõe amostragem por inspeção visual nas áreas de pastagens, servindo perfeitamente para fins de avaliação e depreciação das pastagens nos imóveis rurais, mas tem uma precisão intermediária, com 50 a 70% de confiabilidade. Neste sentido, as análises realizadas através do sensoriamento remoto se aproximaram dos resultados obtidos em campo pelo INCRA, mas indicam um maior percentual de degradação das pastagens, talvez pelo recobrimento e análise de toda a área de pastagens avaliada e não apenas amostragem por inspeção visual.

Considerando a crescente disponibilidade de dados satelitários públicos e o custo-benefício do método aqui apresentado, futuras avaliações de imóveis rurais pelo INCRA poderiam incorporar, ainda que parcialmente, o cálculo da CVPa e IDPa na depreciação das áreas de pastagens.

Conclusões

Os resultados indicaram que existe uma predominância de pastagens degradadas (74,9%) nos imóveis rurais objeto de desapropriação por interesse social para fins de reforma agrária nas áreas do Cerrado goiano. Assim, é possível afirmar que a criação dos assentamentos rurais em Goiás se deu por meio da desapropriação de grandes propriedades improdutivas de pecuária, com pastagens degradadas. Isto demonstra que a política pública de reforma agrária pode ser assertiva no que diz respeito ao cumprimento da função social da propriedade rural e na alteração do regime de posse da propriedade rural.

No entanto, essa constatação revela a precária condição produtiva das pastagens nos imóveis rurais desapropriados. Isso demonstra que um dos desafios que os beneficiários de projetos de reforma agrária têm após a conquista da terra é a recuperação das pastagens para torná-las produtivas, principalmente considerando que a pecuária bovina leiteira, se constitui em uma das principais atividades produtivas da produção familiar tanto em Goiás quanto no país, notadamente pela liquidez mensal propiciada pela renda do leite comercializado.

Verifica-se a necessidade de melhorar os critérios para desapropriação de novos imóveis rurais, a fim de não adquirir passivos ambientais e repassá-los às famílias assentadas. Da mesma forma, é preciso uma atuação efetiva do Estado, no âmbito de programas e/ou políticas públicas para reformar/recuperar as pastagens degradadas nos assentamentos rurais. Assim, além de possibilitar sucesso a política pública de reforma agrária, contribuiria para reduzir as pressões sobre desmatamento de novas áreas, para a formação de pastagens.

O uso de dados e técnicas de sensoriamento remoto para identificação de processos de degradação das pastagens se mostrou promissor e capaz de retratar a realidade encontrada em campo. A adaptação metodológica utilizada para homogeneizar a variação sazonal da pastagem, permitiu comparar as áreas de pastagens que foram avaliadas em campo, em diferentes épocas do ano, nos diversos imóveis rurais estudados.

A comparação entre os dois métodos de avaliação de pastagem apresentados neste estudo, mostrou que a avaliação via sensoriamento remoto, por meio do cálculo da CVPa e do IDPa, consegue investigar e recobrir toda a área de pastagem de maneira rápida e com menor custo. Assim, futuras avaliações dos imóveis rurais a serem adquiridos pela política de reforma agrária, poderiam incorporar, mesmo que parcialmente, os métodos aqui apresentados.

Agradecimentos

Este trabalho, parte da iniciativa MapBiomias (<http://mapbiomas.org>), foi apoiado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), Fundação Gordon and Betty Moore, The Nature Conservancy (TNC), Fundação de Apoio a Pesquisa de Goiás (FAPEG) e Conselho Brasileiro de Pesquisa (CNPq).

Notas

1 - Índice que varia de 0 (zero) a 1. O valor zero representa uma situação hipotética em que todos possuem exatamente a mesma quantidade de terra, e o valor 1, uma situação em que todas as terras estão concentradas na mão de uma única pessoa. Assim, quanto mais próximo de 1, maior será a concentração de terras.

2 - Imóvel rural de área superior a 15 (quinze) módulos fiscais. A classificação é definida pela Lei 8.629, de 25 de fevereiro de 1993 e leva em conta o módulo fiscal, que varia de acordo com cada município. Em Goiás, a maioria dos municípios tem módulo fiscal menor que 60 hectares, onde 15 módulos fiscais resultam em 900 hectares.

Referências

ANDRADE, R.G., RODRIGUES, C.A.G., SANCHES, I.D.A., TORRESAN, F.E., QUARTAROLI, C.F., 2013. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, v.21, n.3, p.234-243.

ANDRADE, R.G., BOLFE, E., VICTORIA, D.D.C., NOGUEIRA, S.F., 2017. Avaliação das condições de pastagens no cerrado brasileiro por meio de geotecnologias. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável-RBAS**, v.7, n.1, p.34-41.

ANKERSEN, T.T., RUPPERT, T., 2006. Tierra y Libertad: The Social Function Doctrine and Land Reform in Latin America, **Tul. Envtl. LJ**, v.19, p.69.

BERGAMASCO, S.M., NORDER, L.A.C., 1996. **O que são assentamentos rurais**. Ed. Brasiliense, São Paulo, 87 pp.

BRASIL. 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 23 jun. 2020

BRASIL., 1964. Presidência da República - Casa Civil. **Lei Federal nº 4.504, de 30 de novembro de 1964**, Brasília - DF. Congresso Nacional, (1964). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4504.htm. Acesso em: 05 nov. 2018.

BRITO, J.L.S., ARANTES, A.E., FERREIRA, L.G., SANO, E.E., 2018. MODIS estimates of pasture productivity in the Cerrado based on ground and Landsat-8 data extrapolations. **Journal of Applied Remote Sensing**, v.12, n.2.

DIAS-FILHO, M.B., 2011a. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.243-252, Suplemento.

Dias-filho, M.B., 2011b. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 4ª Ed. **Ed. Do Autor** – Belém, PA.

DIAS-FILHO, M.B., 2014. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, **(INFOTECA-E)**.

FERREIRA, G.C.V., FERREIRA NETO, J.A., 2018. Usos de geoprocessamento na avaliação de degradação de pastagens no assentamento Ilha do Coco, Nova Xavantina - Mato Grosso, Brasil. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.26, n.2, p.140-148.

GAO, Q., LI, Y.E., WAN, Y., LIN, E., XIONG, W., JIANGCUN, W., WANG, B., LI, W., 2006. Grassland degradation in Northern Tibet based on remote sensing data. **Journal of Geographical Sciences**, v.16, n.2, p.165-173.

GORELICK, N., HANCHER, M., DIXON, M., ILYUSHCHENKO, S., THAU, D., MOORE, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v.202, p.18-27.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística., 2006. **Dados do Censo**. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/errata_Tabela10_0902.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística., 2007. **Manual Técnico de Pedologia**. Série Manuais Técnicos em Geociências, nº 4, Monteiro-Filho, C. J. (coord.). Rio de Janeiro, 316 pp.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística., 2015. In: **Produção da Pecuária Municipal** - 2015, V.43, 49 pp. Rio de Janeiro.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística., 2017. In: **Produção da Pecuária Municipal** - 2017, V.45, p.1-8, Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=784>>. Acesso em: 03 jan. 2019.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária., 2017. **Acervo Fundiário**. Disponível em: <<http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária., 2018. **Reforma Agrária**. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/tamanho-propriedades-rurais>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

LAPIG - Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento., 2000. **Relevo Sombreado do Brasil**. Disponível em: <http://maps.lapig.iesa.ufg.br/?layers=pa_br_srtm_relevo_sombreado_30_2000_lapig>. Acesso em: 04 jan. 2019.

LUDEWIGS, T., BRONDÍZIO, E.S., HETRICK, S., 2009. Agrarian structure and land-cover change along the lifespan of three colonization areas in the Brazilian Amazon. **World Development**, v.37, n.8, p.1348-1359.

MACEDO, M.C.M., 2005. Pastagens no ecossistema cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: Simpósio Sobre Pastagens nos Ecossistemas Brasileiros, n.2., 2005, Goiânia, **Anais...** Goiânia: SBZ. p.56-84.

MAYWALD, P.G., JÚNIOR, O.M., 2013. Estrutura de áreas protegidas dos assentamentos de reforma agrária no município de Uberlândia-MG, Brasil: um estudo de ecologia de paisagem, **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.25, n.1, p.75-90, jan/abr.

MEDINA, G., CAMARGO, R., SILVESTRE, W., 2016. Retratos da Agricultura Familiar em Goiás: Relevância, Sistemas de Produção e Alternativas Para Sua Consolidação. In: Medina, G. (Org.). **Agricultura Familiar em Goiás: lições para o assessoramento técnico**, p.15-39. 3. Ed. Ver. E ampl. Goiânia, Editora UFG, 285 pp.

NAKATANI, P., FALEIROS, R.N., VARGAS, N.C., 2012. Histórico e os limites da reforma agrária na contemporaneidade brasileira. **Serv. Soc. Soc.**, São Paulo, v.110, p.213-240.

ONDETTI, G., 2016. The social function of property, land rights and social welfare in Brazil. **Land Use Policy**, v.50, p.29-37.

PARENTE, L., MESQUITA, V., MIZIARA, F., BAUMANN, L., FERREIRA, L. 2019. Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: a novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing. **Remote Sensing of Environment**, v.232, p.111301. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111301>

PEREIRA, L.F., FERREIRA, C.F.C., GUIMARÃES, R.M.F., 2018a. Manejo, qualidade e dinâmica da degradação de pastagens na Mata Atlântica de Minas Gerais Brasil. **Nativa**, Sinop, v.6, n.4, p.370-379, jul/ago.

PEREIRA, O., FERREIRA, L., PINTO, F., BAUMGARTEN, L., 2018b. Assessing Pasture Degradation in the Brazilian Cerrado Based on the Analysis of MODIS NDVI Time-Series. **Remote Sensing**, v.10, p.1761.

ROSSI, M.R.C., 2005. Avaliação de Propriedades Rurais – **Manual Básico**. v.2, Ed. LEUD, São Paulo, 280 pp.

ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A., DEERING, D.W., 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **Symposium of Significant Results Obtained with ERTS-1**, 3., Greenbelt, Maryland. Proceedings... Washington: NASA SP-351, 1973. p.309-317.

ROY, D.P., WULDER, M.A., LOVELAND, T.R., WOODCOCK, C.E., ALLEN, R.G., ANDERSON, M.C., & ZHU, Z., 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. **Remote sensing of Environment**, v.145, p.154-172.

SILVA, M.A.D., 2006. **Natureza e (re)produção: sustentabilidade em assentamentos rurais goianos**. 2006. Tese doutorado em ciências ambientais - CIAMB/UFG, Goiânia, 207 pp. Disponível em: <https://ciamb.prpg.ufg.br/up/104/o/tese_completa_MARIA_APARECIDA_DANIEL_DA_SILVA.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2018.

SILVA, R. P.; Reforma agrária e sua atualidade. 2011. **Revista Nera**. Disponível em: <<http://www4.fct.unesp.br/nera/boletim.php>>. Acesso em: 28 Fev. 2020.

SPAROVEK, G. A. 2003. **Qualidade dos assentamentos da reforma agrária brasileira**. Páginas & Letras. Editora e Gráfica, v.1, 204p.

TEIXEIRA, G., 2011. Agravamento do quadro de concentração e terra no Brasil? **Boletim Dataluta**, Brasília, jul.

USDA. Data & Analysis., 2020. **Livestock and Poultry: World Markets and Trade**. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade>>. Acesso em: 28 Fev. 2020.

Recebido em 05/03/2020. Aceito para publicação em 27/05/2020.
--

4. APÊNDICE B

Landsat-based assessment of the quantitative and qualitative dynamics of the pasture areas in rural settlements in the Cerrado biome, Brazil

Este manuscrito foi publicado na Revista **Applied Geography**, novembro de 2021, v.136, n.35, p.102585 - <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2021.102585>

Landsat-based assessment of the quantitative and qualitative dynamics of the pasture areas in rural settlements in the Cerrado biome, Brazil

Marcelo Scolari Gosch
Leandro Leal Parente
Claudinei Oliveira dos Santos
Vinícius Vieira Mesquita
Laerte Guimarães Ferreira

Abstract – Pastures make up a large part of the agricultural land in Brazil and in the world. Specifically, this research aimed to understand how the pasture areas in the rural settlements in the State of Goiás (core region of the Cerrado biome) evolved, from their creation to present. For this purpose, quantitative and qualitative analyzes were carried out, based on the annual mapping of the Brazilian pasturelands (within the scope of the MapBiomass initiative), as well as on satellite images from the Landsat series, obtained and processed through the Google Earth Engine platform. The results showed that after the creation of the rural settlements there was an increase in pasture area by ~11%, as well as a qualitative improvement, with a reduction in degraded pastures of about 10%. It was also observed that approximately 70% of the rural settlements managed to improve their pastures, particularly the oldest ones. Our results corroborated the potential of remote sensing images and techniques, which allowed us to analyze the evolution of pastures over time. However, additional field studies are necessary for a better understanding of the management practices adopted and their impacts on pasture conditions.

Keywords – pastures; rural settlements; cloud computing; MapBiomass.

1. Introduction

Pastures, used to feed ruminants, occupy ~23% of the world's emerging land (Pongratz *et al.*, 2008; Brito *et al.*, 2018) and represent about 70 to 80% of the area of agricultural land in all continents, with the exception of Europe, where this percentage is ~40% (Fao, 2018). In Brazil, cultivated and natural pastures occupy ~180 Mha of its territory (Parente *et al.*, 2019), with ~30% of these pastures located in the Cerrado biome, a region that corresponds to about 24% of the country's area (Sano *et al.*, 2019). The state of Goiás, in the Cerrado core region, has its economy based on agricultural production, with ~43% of its territory occupied by pastures (Scaramuzza *et al.*, 2017) and the second largest cattle herd among the Brazilian states, with ~23 million heads (Ibge, 2017). A similar situation is found in the 421 rural settlements in the state of Goiás, where pasture areas predominate since their creation (Leite *et al.*, 2004; Medina *et al.*, 2016).

It is estimated that ~20% of the world's pastures are losing productivity due to degradation and / or inadequate management (Barrow, 1991; Postel, 1998; Fao, 2009; Sloat *et al.*, 2018). Likewise, there are indications that about 30% of the Brazilian pastures and about 40 to 50% of the Cerrado pastures show some level of degradation (Arantes *et al.*, 2016; Andrade *et al.*, 2017; Brito *et al.*, 2018; Pereira, O. *et al.*, 2018). The degradation

process is the main cause of pasture quality loss in countries where most of the herd is grass-fed on a year-round basis (Aguiar *et al.*, 2017). This is the case in Brazil, where cattle ranching is a predominantly extensive activity, which adopts low levels of technology and is mainly dependent on pastures (Paulino *et al.*, 2011).

Thus, the degradation of pastures constitutes one of the main environmental and economic problems of the Brazilian livestock (Galdino *et al.*, 2016). Environmentally, soil degradation occurs through the loss of fertility, compaction, and erosion (Macedo, 1995; Fao 2009; Macedo & Araújo, 2012; Galdino *et al.*, 2016). In the long run, there is a decrease in biomass, fauna and flora, underground biodiversity, soil water storage, and a decrease in the soil's organic carbon stock (Eswaran *et al.*, 2001; Garcia-Oliva *et al.*, 2006; Fao, 2009; Aguiar *et al.*, 2017), which contributes to the increase in greenhouse gas emissions (GHGs). In fact, in Brazil, about 50% of all GHG emissions come from livestock (Bustamante *et al.*, 2012; Freitas *et al.*, 2018).

These environmental effects generate a gradual loss of the productive capacity of the land, causing economic damage to the livestock chain. Thus, degraded pasture can present less than 50% of its productive potential (Kichel *et al.*, 2012), where meat productivity can be six times lower than that of a recovered or well-maintained pasture (Macedo *et al.*, 2000; Veloso *et al.*, 2020). Overall, the degradation of pastures compromises the sustainability of the Brazilian cattle ranching, as it reduces productivity in terms of meat and milk production, in addition to reducing the value of land (Peron & Evangelista, 2004).

Interestingly, Brazil has already developed technologies in order to avoid degradation of its pastures, as well as agronomic protocols and recommendations to recover or renew pastures that are already degraded (Macedo *et al.*, 2000; Dias-Filho, 2014). Within the scope of public policies, the federal government created the Low Carbon Agriculture Plan ("Plano ABC"), which, among other actions, has made subsidized credit available for the restoration of pastures, with the goal to recover 15 million hectares of degraded pastures until 2030, through appropriate management and fertilization (Brasil, 2012a; Gurgel *et al.*, 2013; Brasil, 2015).

Although pasture degradation in Brazil is closely related to agricultural frontier areas and the increase in deforestation (Macedo, 2005; Dias-Filho & Andrade, 2006), there does not seem to be any evidence linking degradation to the size of rural properties; *i.e.* pasture degradation can occur in small, medium, or large size properties (De Oliveira *et al.*, 2020).

Regarding property size, the creation of rural settlements in Brazil changes the limits of existing rural properties, alters the land tenure and use regime, and exponentially increases the number of families holding land. So much so that currently about one in five farming families in Brazil is a family "settled" by the government (Medina *et al.*, 2015). In general, the creation of rural settlements brings effective regional changes and triggers

processes of economic, political, social, and environmental transformation (Leite *et al.*, 2004; Sparovek *et al.*, 2005). Specifically in Goiás, Medina *et al.* (2016) report that despite the great potential for regional development represented by family farming, the production systems of family farmers are less diversified, with low adoption of technologies, and concentrate their activities around dairy farming. This reality is even more pronounced among settlers, where almost 70% of them have less than 1 cow / hectare.

Therefore, different studies have discussed the efficiency of agrarian reform and the economic and social viability of rural settlements (Medeiros & Leite, 1999; Medeiros, 2003; Leite *et al.*, 2004; Sparovek *et al.*, 2005; Ferreira Neto & Doula, 2006; Ferreira Neto *et al.*, 2009), while the environmental issues have been addressed by studies that investigate mainly the participation of settlements in Amazon deforestation (Alencar *et al.*, 2004; Brandão & Souza, 2006; Batista, 2009; Ludewigs *et al.*, 2009 ; Caldas *et al.*, 2010; Barni *et al.*, 2012; Calandino *et al.*, 2012; Godar *et al.*, 2012; Macedo *et al.*, 2013;). On the other hand, the impacts and effects of the process of creating rural settlements (e.g. on land / pasture degradation) have not yet been effectively analyzed, especially in the Cerrado. It must also be understood that rural settlements have specificities that differ from the rest of the rural units, since, in many cases, rural properties with a marked level of environmental degradation are expropriated because they are unproductive and are intended for land reform (Sparovek, 2003; Oliveira *et al.*, 2020). Thus, it is necessary to insert the variable temporality, which contemplates the moment of creation of rural settlements, making it possible to verify whether the degraded areas were caused by the settlers or whether the degradation was prior to the creation of the rural settlement.

Considering that, additionally to the fact the land structure of the rural properties changed after their creation (*i.e.* more landowners per hectare), the rural settlements are a suitable study case to evaluate the degradation state of pasturelands. Seeking to address this research gap, this study uses satellite remote sensing data to map and to understand the pasture condition in the rural settlements in the Cerrado biome in Goiás, at the moment of their establishment, as well as to the quantitative and qualitative evolution of these pasture areas over the years. The next sections of the article are structured according to: a characterization for the study area (section 2.1), data and methods implemented to detect the degradations levels for the pasture areas (section 2.2), the quantitative (section 3.1) and qualitative (section 3.2) evolution of the pasturelands in the rural settlements based in the produced results, possible explanations and limitations of these results (section 4), and a general overview of the study, as well as propositions within the scope of the Brazilian public policies (section 5).

2. Data and Methods

2.1 Study Area

The study area of this work included the 413 rural settlements¹ created in the state of Goiás by the Brazilian Institute of Colonization and Agrarian Reform (INCRA) between the years 1984 and 2017. From these settlements, 87% were acquired through the expropriation of large rural properties considered unproductive, which, according to INCRA, is the case when a specific rural property does not meet the minimum productivity criteria for livestock or agriculture in at least 80% of its area with agricultural potential. About the area extent, 29% of the settlements have up to 1,000 ha, 60% have between 1,000 and 5,000 ha, and 11% have more than 5,000 ha (INCRA, 2017), occupying ~1 Mha in total and being home for 21,753 families (~46 ha of land per family).

Regarding the soils in the rural settlements, the predominance is mainly from the oxisol class (38.9%), which have a high potential for agriculture, followed by the cambisol (25.9%) and plinthosol (16.9%) classes, both with low agricultural potential (Gosch, 2020). The climate of the state has two well-defined seasons, a dry season from May to September, with low precipitation levels (20 to 200 mm), and a wet season from October to April, with high occurrences of rainfalls (1100 to 2100 mm). The temperature in the state presents the highest values in the months of August and September (average 34 °C), and the lowest values in June and July (average 12 °C - Cardoso et al., 2014). The rural settlements in Goiás are characterized by the predominance of pasturelands (73%), which are the main source of food for the cattle herd (Marques *et al.*, 2012), and are occupied mainly by low-income families with a low level of education, although with experience in rural activities (Leite et al., 2004; Medina et al., 2016).

2.2 Pasture Analysis

In order to verify the evolution of the pastures existing in the rural settlements, since their creation until the present moment (in 2017), a quantitative and a qualitative analysis were carried out, based on the annual mapping of the Brazilian pasturelands (within the MapBiomass initiative - Parente *et al.*, 2019), and the automated classification of Landsat images, respectively (figure 1).

¹ Basically, a rural settlement is a set of independent agricultural units, implemented by Incra. Each of these units is called parcels, lots, or plots (Incra, 2019).

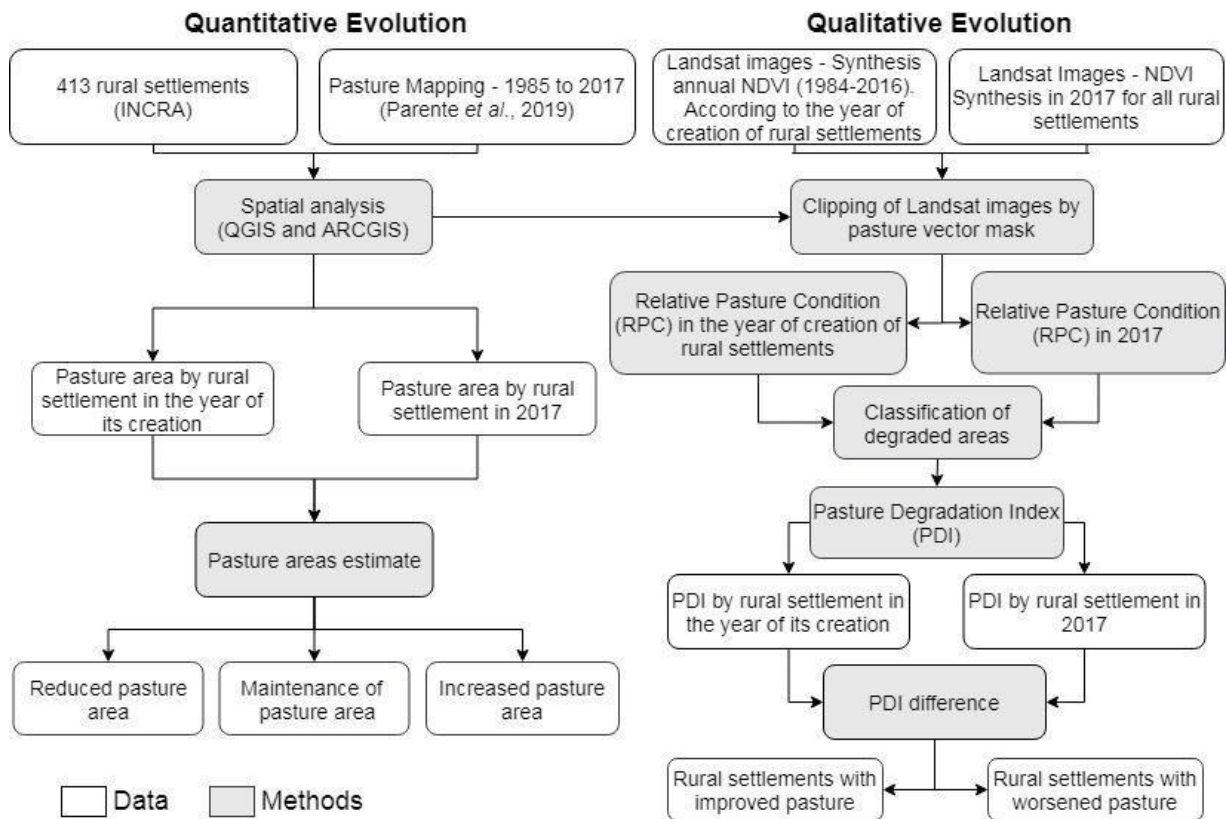


Figure 1 - Flowchart depicting the main data and methods considered in this study.

The quantitative evolution of pasture areas in the Goiás rural settlements was obtained from the intersection between the settlements limits (Inkra, 2017) and the historical series of pasture maps for the state of Goiás, between 1985 to 2017. These maps have an overall accuracy of ~90% and were produced using Landsat images, machine learning techniques and more than 30,000 points, visually inspected and randomly distributed throughout the Brazilian territory (Parente *et al.*, 2019). Specifically for the Santa Cruz rural settlement, municipality of Formosa, the only settlement created in March 1984, the 1985 pasture mask was used.

The analysis of pasture quality in rural settlements in Goiás was based on the methodology proposed by Gao *et al.* (2006) to identify pasture degradation processes. This methodology, adapted to the Brazilian conditions by Andrade *et al.* (2013), is based on the use of the normalized difference vegetation index (NDVI), proposed by Rouse *et al.* (1973), according to equation 1:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Where: NIR and RED are, respectively, the near infrared and red reflectance values for each pixel analysed in this study.

The images used in this study, with 30 meters spatial resolution and with top-of-atmosphere reflectance values, were obtained by the TM (Thematic Mapper), ETM+

(Enhanced Thematic Mapper), and OLI (Operational Land Imager) sensors from the Landsat 5, 7, and 8 satellites, respectively, and processed using Google Earth Engine, a cloud computing platform capable of analyzing scientific data on a planetary scale (Gorelick *et al.*, 2017).

In order to make the NDVI values obtained by different sensors comparable, a translation was performed in the NDVI values derived from the Landsat 5 and 7 images, in relation to the NDVI values generated from the Landsat 8 images. Specifically, this correction considered a set of regressions, defined from spectral pasture field data re-sampled according to the spectral response functions of each sensor. Field collections took place monthly, between April 2018 and April 2019, using a Spectral Evolution SM-3500 spectroradiometer.

Specifically, for each rural settlement, two synthesis images were obtained, one referring to the year the settlement was created (figure 2), and the other for 2017. The synthesis images were obtained from the calculation of the NDVI median, considering all available landsat images in a given year, filtered for cloud contamination and cloud shadows according to the Band Quality Assessment (Roy *et al.*, 2014). The processing routine used for this analysis is available at: <https://code.earthengine.google.com/881c494336d42793c65170cfe62064b6>.

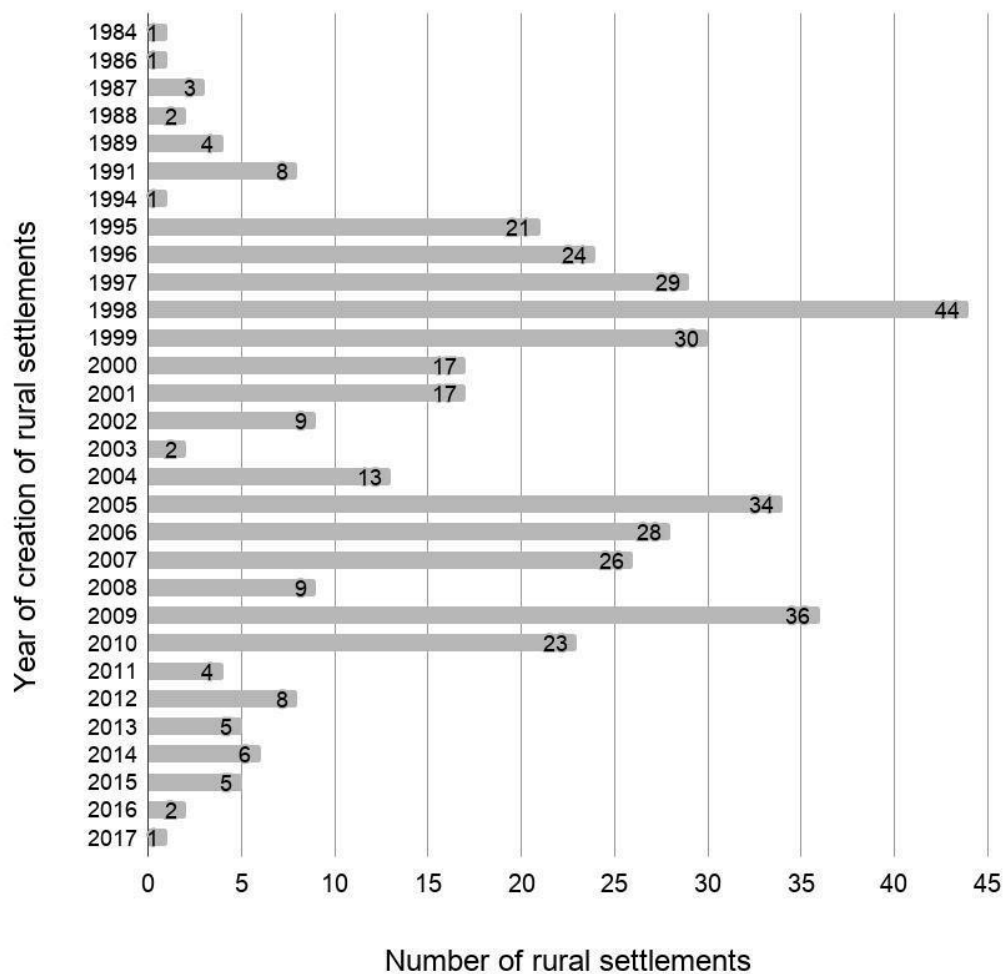


Figure 2 - Creation of rural settlements by INCRA.

The use of synthesis images, based on the median annual NDVI (NDVI_a), aimed to homogenize the effects of seasonality in pasture areas throughout the hydrological cycle, a characteristic that directly influences the NDVI values and the perception of pasture degradation, as described by Pereira *et al.* (2018) and evaluated for the conditions of Cerrado (Brito *et al.*, 2018) and Goiás (Veloso *et al.*, 2020). Roque *et al.* (2021) emphasizes that this approach, supported by the literature, in general overcomes some of the annual seasonality effects in the analysis of pasture areas.

Then, the NDVI_a values, pixel by pixel, were used to calculate the Relative Pasture Condition (RPC) of the rural settlements, according to equation 2, adapted from Gao *et al.* (2006). To find the NDVI min / max input parameters in equation 2, it was considered that the study universe would be the total pasture area in the 413 rural settlements, in the two analysis periods (*i.e.* at creation and in 2017):

$$RPC = \frac{(NDVIa - NDVIa_{min})}{(NDVIa_{max} - NDVIa_{min})} \times 100\% \quad (\text{Eq. 2})$$

Where: $NDVIa_{min}$ = mean of the smallest NDVIa values (1% of all pixels with the lowest values) found among the pixels representative of bare soil areas, in all study areas and periods of analysis; and $NDVIa_{max}$ = mean of the largest NDVIa values (1% of all pixels with the largest values) found among the pasture pixels, in all study areas and periods of analysis.

Subsequently, we considered the parameters defined by Andrade *et al.* (2013) to classify the level of pasture degradation based on the RPC, according to table 1.

Table 1 - Pasture degradation level, according to the relative pasture condition in both space and time (RPC)

Pasture degradation classes	Equivalent RPC ranges
(1) Not degraded	RPC > 60%
(2) Slightly degraded	50% < RPC < 60%
(3) Moderately degraded	40% < RPC < 50%
(4) Strongly degraded	RPC < 40%

Source: adapted from Andrade *et al.* (2013)

The degradation classes generated from the RPC were used as parameters to calculate the Pasture Degradation Index (PDI), in the space-time domain, for the 413 rural settlements, in the year in which they were created and in 2017. The PDI ponders the area of the degradation classes in relation to the total area of each rural settlement, according to equation 3, adapted from Andrade *et al.* (2013):

$$PDI = \frac{\left(\sum_{i=1}^n Di \times Ai \right)}{A} \quad (\text{Eq. 3})$$

Where: Di = number of the degradation class i (1-4, see table 1); Ai = distribution area of a given class i ; and A = total pasture area in each settlement.

The pasture degradation condition regarding the estimated PDI can be observed in table 2.

Table 2 - Evaluation of the vegetative cover according to the pasture degradation index in the space-time domain (PDI)

PDI	Pasture degradation category
$PDI \leq 1$	Not degraded
$1 < PDI \leq 2$	Slightly degraded
$2 < PDI \leq 3$	Moderately degraded
$PDI > 3$	Strongly degraded

Source: Adapted from Andrade *et al.* (2013)

3. Results

3.1 Quantitative pasture evolution

The area occupied by the 413 rural settlements created in Goiás by INCRA, between the years 1984 and 2017, corresponds to ~1 Mha; of these, ~325 thousand ha (~33%) were occupied by pastures when the settlements were created. In 2017, pastures occupied ~445 thousand ha, which corresponds to a growth of ~11% in the pasture areas within the rural settlements. In table 3 it is possible to verify the distribution of the 413 settlements regarding the percentage of pasture in the year of their creation and the evolution of this distribution in 2017.

Table 3 - Number of rural settlements in relation to the respective pasture proportions in the two periods of analysis

Pasture area	Year of creation		"Present" (2017)	
	Nº Settlements	%	Nº Settlements	%
< 20%	126	30.6	50	12.1
20% to 40%	130	31.6	114	27.6
40% to 60%	92	22.3	161	39.0
60% to 80%	46	11.2	78	18.9
> 80%	18	4.4	10	2.4
Total	412*	100	413	100

* There was no pasture at the time the rural settlement Capim de Cheiro was created (in 1995).

A relevant aspect shown in table 3 is the presence of rural settlements with a pasture area greater than 80%, an indication of a possible environmental liability, considering that, according to the Brazilian Forest Code (Law 12.651, of 05/25/2012), rural properties in the

Cerrado biome must allocate 20% of their area to the legal reserve (Brasil, 2012b)². Of the 18 rural settlements with a grazing area greater than 80% in the year of creation, 13 showed a significant reduction in their grazing areas in 2017, while another five settlements exceeded 80% (four of which are located in the municipality of Flores de Goiás, in the Eastern Mesoregion).

When we observe the growth of pasture areas within the rural settlements in Goiás, since their creation until 2017, we see that this growth was not homogeneous (figure 3). In 82 settlements there was a reduction in the pasture area, mainly between 3% and 10%. For 70 settlements, the variation in pasture area fluctuated between 3% more or less, *i.e.* the pasture areas remained basically the same. In the other 261 rural settlements, there was an increase in the pasture area, with 177 settlements showing an increase of more than 10% in the pasture area since their creation.

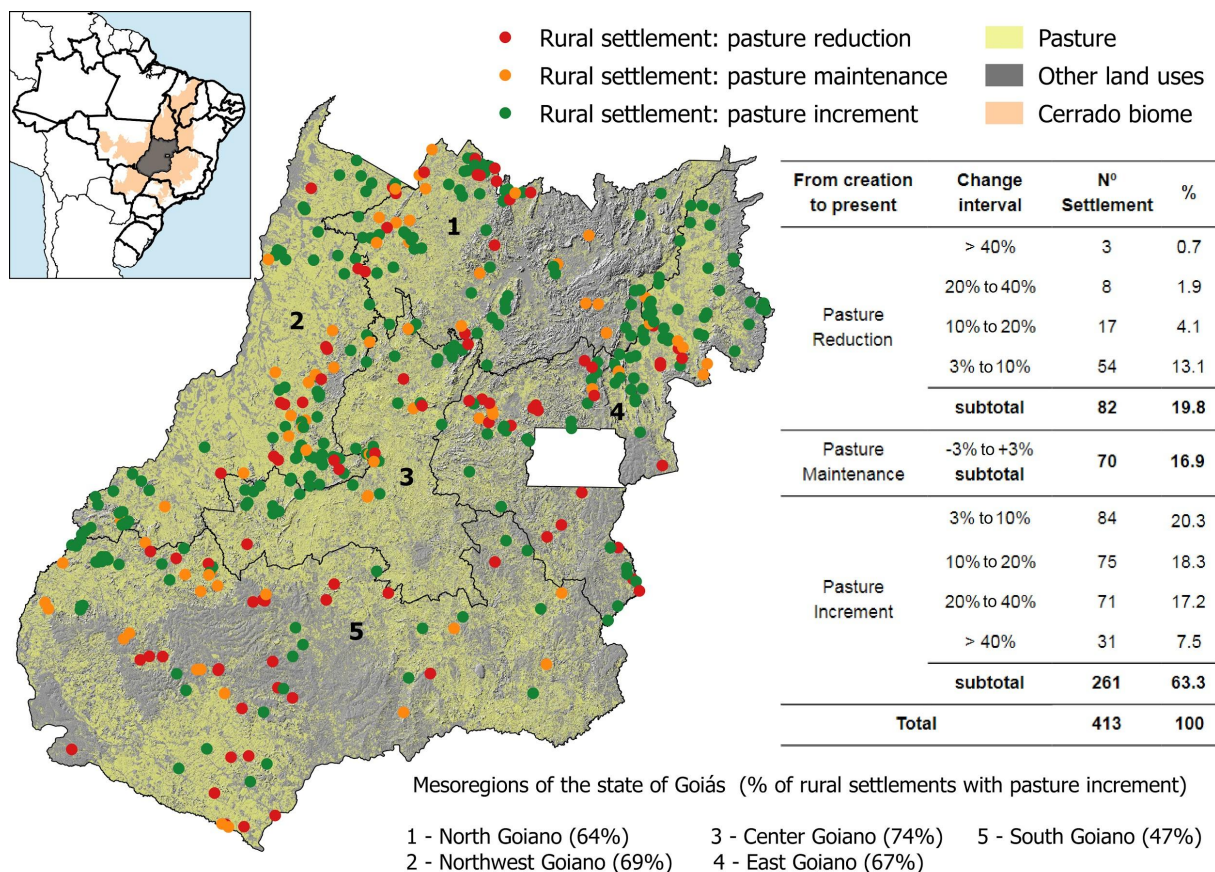


Figure 3 - Number of rural settlements according to the evolution in pasture area from settlement creation to 2017.

3.2 Qualitative pasture evolution

² Areas located within a rural property or tenure, with the function of ensuring the sustainable economic use of natural resources, assisting the conservation and rehabilitation of ecological processes, and promoting the conservation of biodiversity.

The results obtained through the analysis of Landsat images regarding the levels of degradation suggest, to a certain extent, an improvement in the quality of pastures inside rural settlements after their creation, even though, in absolute terms, pastures classified as strongly degraded have increased about a thousand hectares. Table 4 shows the classification of pasture degradation levels, estimated from the relative pasture condition (RPC). It is observed that in the year of establishment of the settlements, about 88% of the pasture areas presented some level of degradation, where the most significant degradation class was precisely the most severe (*i.e.* strongly degraded), corresponding to approximately 59% of the pasture area evaluated.

Table 4. Distribution of the pasture degradation levels estimated based on the RPC for the two periods of analysis (and the difference between them)

Pasture Degradation RPC	Year of creation		2017		Difference between the creation year and 2017	
	Pasture Area (ha)	%	Pasture Area (ha)	%	Pasture Area (ha)	%
Not degraded	40,037	12.3	99,582	22.4	59,545	10.1
Slightly degraded	37,526	11.5	66,686	15.0	29,160	3.4
Moderately degraded	55,586	17.1	85,754	19.3	30,168	2.2
Strongly degraded	192,080	59.1	193,316	43.4	1,236	-15.7
Total	325,229	100	445,338	100	120,109	-

In the second period of analysis, in 2017, the sum of classes with some level of pasture degradation was around 78%, that is, there was a proportional reduction in degraded pastures in the order of 10%. There was also a significant proportional reduction in pastures classified as strongly degraded (~16%), and a significant increase in pastures classified as non-degraded (~10%).

In order to verify how this improvement in the quality of pastures occurred within each rural settlement, the Pasture Degradation Index (PDI) was calculated for each settlement. Table 5 shows that almost all the settlements were classified with some degree of degradation in the two periods of analysis. However, the settlements tended to migrate to the less degraded classes. Thus, in the year of creation of the settlements, the most expressive PDI class was the strongly degraded, including about 56% of the settlements. In 2017, there was a substantial reduction (~25%) of settlements classified as strongly degraded and a

significant increase in settlements classified as moderately degraded (~11%) and slightly degraded (~14%).

Table 5. Distribution of rural settlement regarding the Pasture Degradation Index (PDI) in the two periods of analysis (and their respective differences)

PDI	Year of creation		“Present” (2017)		Difference between year of creation and 2017	
	N° Settlements	%	N° Settlements	%	N° Settlements	%
Not degraded	4	1.0	5	1.2	1	0.2
Slightly degraded	61	14.8	119	28.8	58	14.0
Moderately degraded	118	28.6	164	39.7	46	11.1
Strongly degraded	229	55.6	125	30.3	-104	-25.3
Total	412*	100	413	100	-	-

* There was no pasture at the time the rural settlement Capim de Cheiro was created (in 1995).

This substantial reduction in rural settlements classified with PDI > 3 (*i.e.* strongly degraded) corroborates with the calculation of the global PDI, where the area of pastures of all rural settlements was added. In the creation of the settlements, the global PDI was 3.23, classifying the set of settlements as strongly degraded. On the other hand, the global PDI calculated for the second analysis period, in 2017, was 2.84, *i.e.* moderately degraded.

However, this trend of global improvement in the PDI values was not homogeneous among all rural settlements. In figure 4, we can see two extreme cases; while the Chê settlement (Central Mesoregion) obtained one of the largest reductions in PDI, from 3.81, in the year of its creation, in 1998, to 1.41, in 2017, the PDI of the Santa Clara settlement (Eastern Mesoregion) increased from 1.89, in the year of its creation, to 3.85, in 2017.

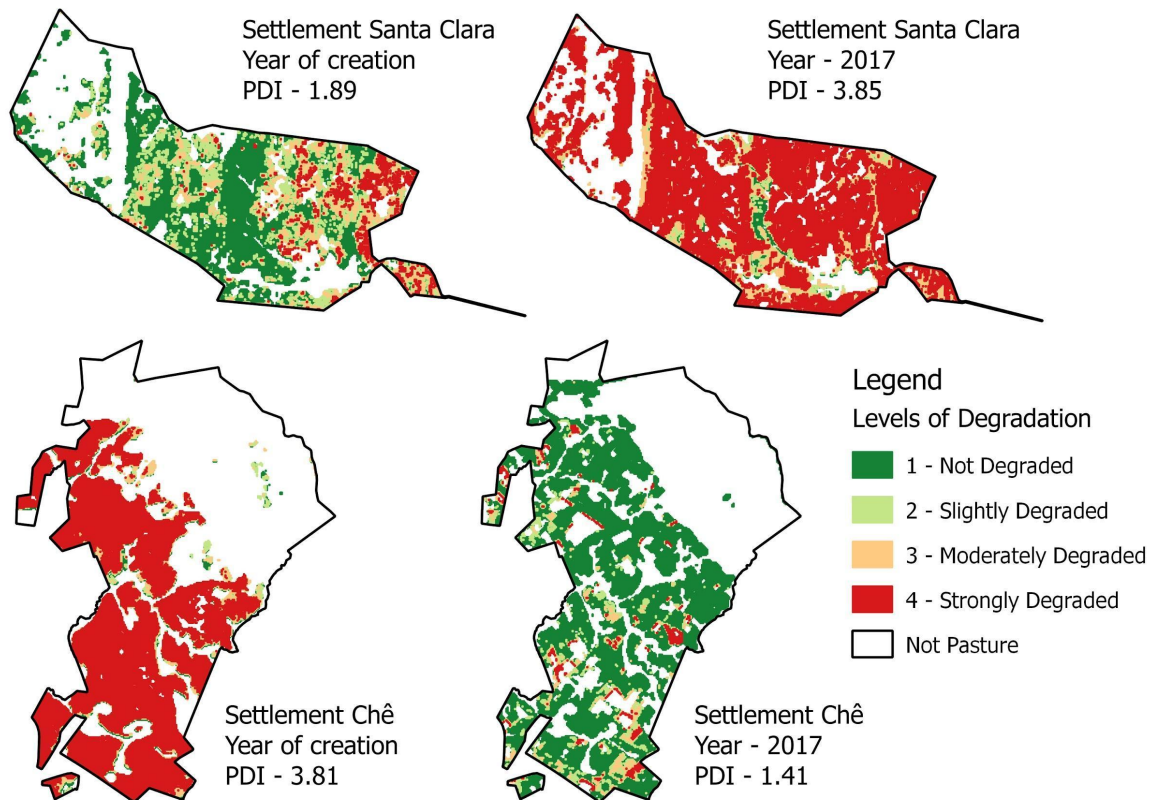


Figure 4 - Spatialization of the pasture degradation level in two rural settlements with a strong variation in the Pasture Degradation Index (PDI) (between the year of their creation and 2017).

Cases such as the Santa Clara settlement can be seen in figure 5 (mainly in the Northern and Eastern Mesoregions). In particular, it is worth noting the high concentration of rural settlements with an increase in the PDI values located in the northeast portion of the Eastern Mesoregion. On the other hand, settlements with decreasing PDI values are mainly concentrated in the central and southern mesoregions. In the Central Mesoregion, which, proportionally, has few rural settlements, there was a higher percentage of settlements with an improvement in the PDI values, with 95% of the settlements located in this mesoregion having their pastures improved after their creation.

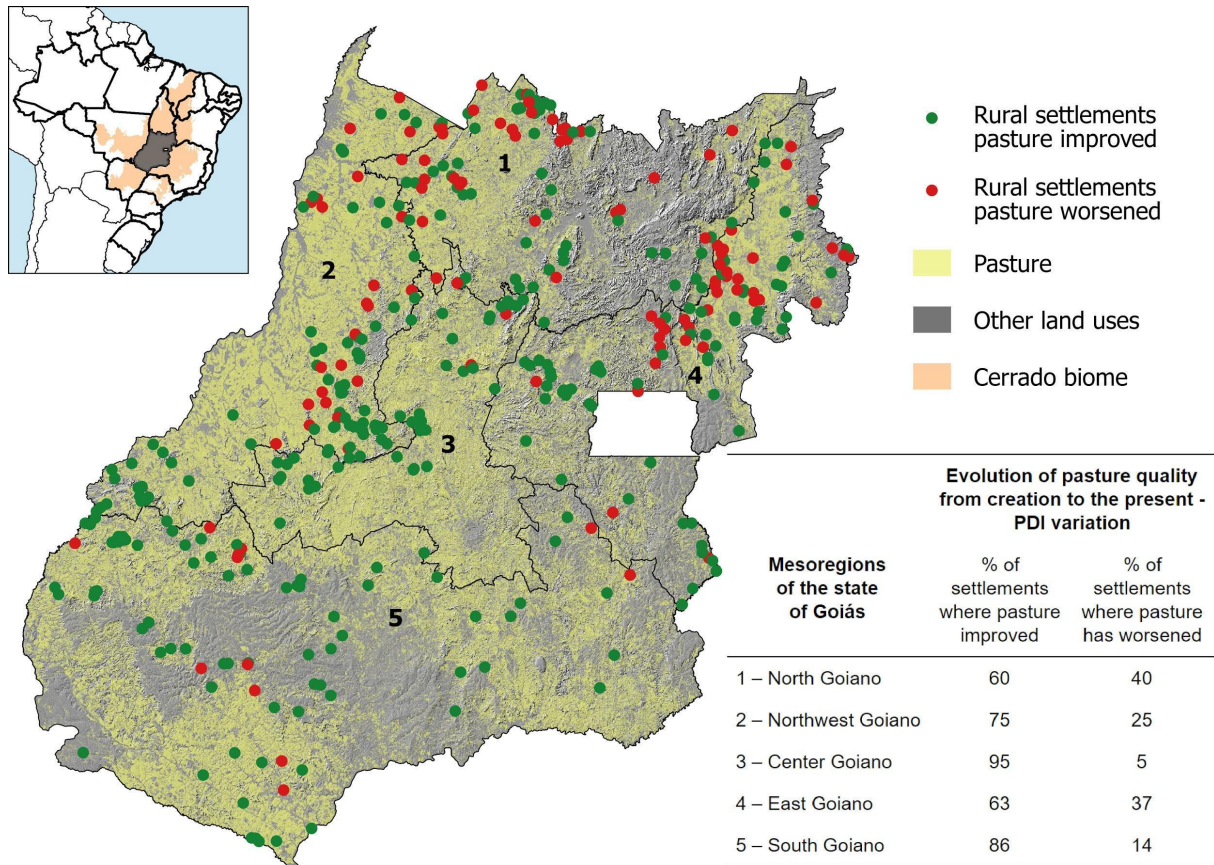


Figure 5 - Distribution of rural settlements according to the quality evolution of their pastures, as indicated by the Pasture Degradation Index (PDI).

Although cases of rural settlements with increased PDI values are spread across the state of Goiás, they represent only 27% of the state's settlements. In other words, the vast majority of the settlements in Goiás (73%) improved their pastures after their creation. Figure 6A illustrates the distribution of settlements according to the PDI variation, calculated between the two periods of analysis.

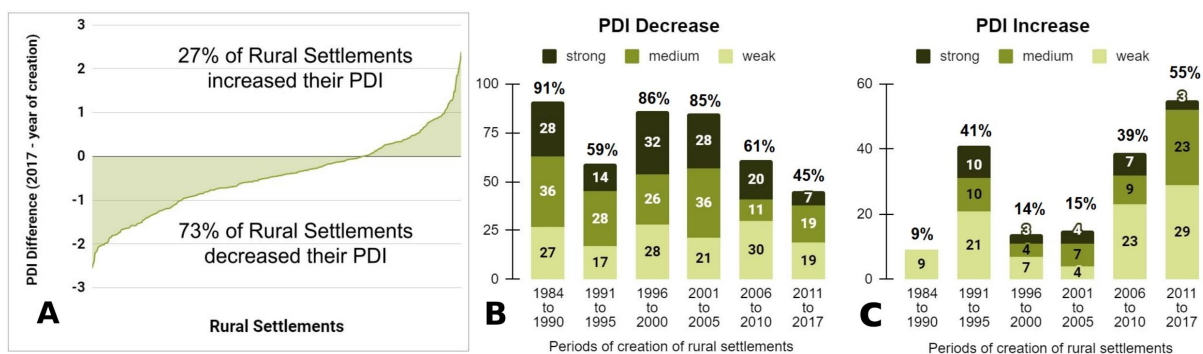


Figure 6 - A) Distribution of rural settlements in relation to the difference in PDI (Pasture Degradation Index) values between the year of their creation and 2017; B/C) Percentage of settlements according to the PDI variation and their creation date.

It can be seen, in figure 6A, that just over 30% of the rural settlements with a decrease in PDI had significant reductions, higher than 1, thus improving substantially their pastures. On the other hand, in the settlements where there was an increase in PDI, it was found that more than 80% of them had an increase of less than 1, that is, the worsening of pastures in these settlements was not so marked. In figure 6B/C, we can see the percentage of rural settlements according to the increase or decrease in PDI values, grouped according to their creation date. It is noted that 91% of the oldest settlements, created between the years 1984 and 1990, had a decrease in PDI values. In general, this percentage of decrease in PDI becomes less pronounced as the periods of establishment of the settlements approach 2017.

4. Discussion

4.1 Quantitative evolution of the pasture areas

Our results demonstrate that there has been a significant quantitative evolution of pasture areas within rural settlements, with a growth of ~11%, since the creation of these settlements until the year 2017. In general, these data may indicate that rural workers, after entering their parcels, intensified the use of land and converted new areas into pastures. This is because many parcels divided by INCRA, at the time of the original property parceling, are partially or totally covered with native Cerrado, forcing the settlers who own these parcels to open new areas in order to carry out their productive activities. In agreement with this view, Sparovek (2003) points out that deforestation in areas of agrarian reform can be attributed to the need to remove vegetation in order to implement productive processes, or there may be areas already cleared inherited when the settlement itself was created. In addition, the properties destined to agrarian reform in Goiás are predominantly occupied by pasture areas since their creation (Leite *et al.*, 2004; Medina *et al.*, 2016), ruling out, in general, that this significant increase in pasture in rural settlements occurred by incorporating areas previously occupied by agriculture.

In figure 3 we have the details, by rural settlement, of the quantitative evolution of pasture areas, since the creation of each settlement until 2017. It is noticed that in only ~20% of the settlements there was a reduction in the pasture areas; and in most settlements, this reduction was limited to only 10% of the original pasture area. There was also a concentration of these settlements with a reduction in pasture areas in the Southern Mesoregion of Goiás. This result, in part, demonstrates the regional asymmetries of the state of Goiás, where its Southern Mesoregion had greater economic development, with a more intensive soil use for large-scale agriculture and commodity production. This is due to a) the historical process of land occupation in Goiás, from the south to the north of the state (Miziara & Ferreira, 2008), b) the implementation of regional infrastructure in this

mesoregion, through federal programs such as the Cerrado Development Program - POLOCENTRO (Silva *et al.*, 2013), and c) the natural fertility of the land and favorable topography (Miziara, 2006; Ferreira *et al.*, 2009; Santos & Castro, 2016). On the other hand, in the other regions of the state, pasture tends to prevail, as cattle ranching is a more independent activity than agriculture, with regard, for example, to the topography and the need to drain its products (Prado *et al.*, 2012). Thus, rural settlements located in the Southern Mesoregion of the state may have been more "influenced" by the productive activities developed in the region where they are located, as described by Gosch *et al.* (2017), thus causing a change in the use of pastures, which gave way to more intensive uses, such as agriculture or intensive dairy farming (which requires smaller areas).

A relevant issue from an environmental point of view was the verification of pasture within the legal reserve areas of the settlements. As noted, these settlements were already created with pastures occupying their legal reserve areas, and these pastures, in general, lost space in the legal reserve areas, with an average reduction of 22%.

This same trend was found by Gosch *et al.* (2017), where native vegetation has taken over pasture areas within the legal reserves. These authors found that, in general, settlers respected the legal reserves, as observed in other studies carried out in the Cerrado biome (Maywald & Marçal Júnior, 2013; De Oliveira *et al.*, 2020). The exception identified in the present study occurred in the four rural settlements located in the municipality of Flores de Goiás, where there was an average increase of 64% of pasture within the legal reserve areas, and in the rural settlement located in the municipality of Rio Verde, which had its pasture area converted to agriculture.

4.2 Qualitative evolution of the pasture areas

One of the central aspects of this research concerns the results obtained on the quality of pastures and their evolution. The results expressed in tables 4 and 5 indicate that rural workers received pasture areas in the year of creation of the rural settlements in adverse conditions, with about 88% of pastures with some degree of degradation and with an overall PDI of 3.23 (*i.e.* strongly degraded). Over time, pastures improved, and in 2017 10% of the pastures no longer showed any signs of degradation, while there was a substantial reduction (~16%) in pastures classified as heavily degraded, with 125 settlements leaving the class strongly degraded (with PDI > 3). The global PDI in 2017 was also reduced to 2.84 (moderately degraded).

These results corroborate those found by Ferreira & Ferreira Neto (2018) in the state of Mato Grosso, where 88% of the pastures at the beginning of the rural settlement were with some level of degradation. The authors reported that over the years there was a decrease in the level of degradation of pastures by 12%, explained, in part, "by the decrease in the

stocking rate, which occurred after the creation of the rural settlement and allowed a regrowth of the pasture in a satisfactory manner". In the present study, we are not in a position to state the reasons why the improvement in pastures occurred; perhaps, as suggested by Ferreira & Ferreira Neto (2018); or, perhaps, the settlers in Goiás have improved their pastures by intensifying the cultural treatments and renewing or recovering the pastures, through appropriate management and agronomic, chemical, or mechanical practices, as recommended by Macedo *et al.* (2000). Or even, the new pasture areas formed after the creation of the settlements have contributed substantially to the improvement of the PDI values, since, in absolute terms, the pastures classified as heavily degraded showed about the same area (~190 thousand hectares) in the two periods of analysis. Most likely, there was a combination of the factors described above, considering that in many settlements there was a decrease in pastures, coupled with their improvement, while in others the opposite occurred, *i.e.* an increase in pastures accompanied by a worsening in degradation levels.

The improvements in the degraded pastures detected by this study needs to be analysed with caution due to the possible influences of the climate (*i.e.* temperature, precipitation, and solar radiation) between the creation years and 2017. Gao *et al.* (2010) found that climatic factors may affect the PDI in different years, although with low correlation in the studied area (*i.e.* temperature 3.9%; precipitation 12.4%; solar radiation 15.7%). The authors highlighted that "while the variation in precipitation benefited the recovery of pastures in a given area, the variation in temperature and solar radiation aggravated the rate of degradation of pastures in recent years", and conclude by stating that "regional climate changes produced a more negative than positive impact on the degradation levels of pastures". Complementary, Santos *et al.* (2021) correlated the influence of large annual weather phenomena (*i.e.* La Niña/El Niño) with the variation of precipitation levels in the American continent, which affected the perception of degradation in the vegetation of the Cerrado biome. Seeking to minimize the influence of these factors in our results, an aspect inherent to the calculation of the PDI, we considered a normalization approach (equation 2) based on pixels obtained from the entire study area (*i.e.* 413 rural settlements) and distributed among all the creation years, a time interval of three decades. This methodological decision tends to accommodate better the annual climate variations in the predefined degradation levels (table 1); nevertheless the impact of predominant climatic factors in the end year of the analyzed period (*i.e.* 2017) remains unclear and demands future scientific investigations.

Our results indicate a concentration of rural settlements with an increase in PDI values, mainly in the northern and eastern regions of Goiás, corroborating the findings of Pereira, O *et al.* (2018). In part, this concentration of pastures with higher levels of

degradation is related to the physical characteristics of the soils and the low agricultural aptitude of northeastern Goiás, which is known for having more sandy lands, with little natural fertility, predominating shallow soils with stony, gravel, and iron crusts (IBGE, 1995). In addition, the region has the lowest annual rainfall in Goiás, ranging from 800 to 1,000 mm (Segplan, 2014). Brito *et al.* (2018) also associated these factors to pasture areas with lower carrying capacities. Beside these physical and climatic characteristics, the region is known for its poor socioeconomic development (Santos & Castro, 2016), which also corroborates the results found by Pereira, O *et al.* (2018) regarding a tendency of more degraded pastures occurring in municipalities with lower human development index (HDI) values. Other factors, described by Leite *et al.* (2004) regarding the settlements in the region around the Federal District, may have contributed, such as: the high proportion of former urban workers; the absence of effective technical assistance; and the possible inadequate management of pastures, with high cattle occupation *per* hectare. In fact, Leite *et al.* (2004) report that these settlements have livestock as their main economic activity and that farmers seek to increase their herds, pastures, and fences as a strategy of financial accumulation and differentiation between families.

This report corroborates with the results found in our study, regarding the quantitative evolution of the pastures and their significant increase, both inside the individual parcels and in the areas of legal reserve of some settlements, located mainly in the municipality of Flores de Goiás. In fact, Jombo *et al.* (2017) described something similar about the agrarian reform that took place in Zimbabwe, where inadequate agricultural practices (*e.g.* overgrazing, reduced fallow periods, and deforestation), carried out by newly settled families, without the skill and experience to sustain their production, led to the deterioration of the environment, with loss of soil fertility and erosion.

It is important to emphasize that the cases of rural settlements with an increase in PDI values represent only 27% of the analyzed settlements, while the vast majority (73%) improved their pastures after their creation (figure 6A), especially the oldest settlements (figure 6B/C). This result demonstrates that, in general, most settlements require five to eight years to achieve satisfactory results in the management of their pastures. And this time-lag is understandable, since the initial years of a settlement are marked by several challenges, such as the implementation of infrastructure (*e.g.* housing, access to water, roads), as well as the productive organization itself (acquisition of animals, inputs, fences, pasture, etc.).

5. Final Considerations

This research has shown that, in general, the creation of rural settlements tends to alter land use in pasture areas, both in qualitative and in quantitative ways. Thus, the settled rural workers who received the pasture areas in adverse conditions, with approximately 88%

of the pastures with some sign of degradation, not only proportionally reduced the pastures characterized as strongly degraded, but also increased the pasture areas in good conditions. Nevertheless, the implemented approach to detect the degradations levels of the pasture areas may be affected by interannual climatic variations, an understanding which demands further scientific investigations. A promising alternative to minimize this effect is to calculate the PDI using only the trend component of a NDVI time series, produced by the method Season-Trend decomposition using LOESS (STL - Khalfallaha *et al.*, 2021), although the seasonality removal in 30m earth observation data, as Landsat, is an open research problem.

Our results also revealed that during the analysed years the livestock production areas expanded by ~11%. It is worth mentioning that the conversion of new areas to pasture is often part of the natural process of appropriation of the area and development of the productive processes permitted by law and guaranteed to small farmers within the agrarian reform public policy. In addition, with few exceptions, it was seen that settled rural workers tend to respect the areas of legal reserve, allowing their natural recovery.

Another relevant aspect identified in this study concerns the regional asymmetries (physical and socioeconomic) of the state of Goiás, which certainly contributes to the results found. Thus, in the Southern Mesoregion of the state, there was a concentration of rural settlements with a reduction or maintenance of pasture areas, coupled with the improvement of their quality. On the other hand, in the Northern and Eastern Mesoregions of Goiás (especially in the region known as “Nordeste Goiano”) there was a significant increase in pasture areas in rural settlements, accompanied, to some extent, by an increase in degradation levels.

It was also observed that the time factor is an important variable, where the oldest rural settlements had greater success in improving their pastures, and that, in general, the majority of rural settlements (73%) managed to improve their Pasture Degradation Index (PDI), between the moment of creation and the current period. These results suggest that the establishment of rural settlements contributed to the overall improvement of pasture condition in the core Cerrado biome.

In this sense, the creation of rural settlements had a positive effect on the land use of the analyzed pasture areas, an evidence of the assertiveness of the Brazilian agrarian reform, which, at least in Goiás, has been able to regulate in most part of the cases (87% of the settlements) the fulfillment of the social function of the land. Additionally, the establishment of pastures in good conditions is essential to prevent them from degrading over time, which gives the opportunity to public policies, such as the Low Carbon Agriculture Plan (ABC Plan), to avoid the degradation process in the new rural settlements with prior investments applied in the formation of pastures with good quality. For the existing rural

settlements, it is appropriate to indicate that the new and already existing public policies must be made available to settlers in order to promote a proper recovery of the degraded areas, including, for example, tax incentives, subsidized financing lines and technical assistance.

Finally, the use of remote sensing data and techniques allowed us to analyze, in a satisfactory manner, the behavior and evolution of pastures in rural settlements, over a three decade period. However, knowledge of the reality “on site” is still instrumental to understand the causes and impacts related to the quantitative and qualitative dynamics of these pasture areas.

6. References

Aguiar, D.A., Mello, M.P., Nogueira, S.F., Gonçalves, F.G., Adami, M., Theodor Rudorff, B.F., 2017. MODIS time series to detect anthropogenic interventions and degradation processes in tropical pasture. **Remote Sens.** v.9, n.73. DOI:10.3390/rs9010073.

Alencar, A., Nepstad, D., Mcgrath, D., Moutinho, P., Pacheco, P., Diaz, M.D.C.V., Soares-filho, B., 2004. Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM). Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Pablo-Pacheco-6/publication/283091315_Desmatamento_na_Amazonia_indo_alem_da_emergencia_cronica/links/5645ae5b08aef646e6ccfa04/Desmatamento-na-Amazonia-indo-alem-da-emergencia-cronica.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021

Andrade, R.G., Rodrigues, C.A.G., Sanches, I.D.A., Torresan, F.E., Quartaroli, C.F., 2013. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, v.21, n.3, p.234-243.

Andrade, R.G., Bolfe, E., Victoria, D.D.C., Nogueira, S.F., 2017. Avaliação das condições de pastagens no cerrado brasileiro por meio de geotecnologias. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável-RBAS**, v.7, n.1, p.34-41.

Arantes, A.E., Ferreira, L.G., Coe, M.T., 2016. The seasonal carbon and water balances of the Cerrado environment of Brazil: Past, present, and future influences of land cover and land use. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.117, p.66-78.

Barni, P.E., Fearnside, P.M., Graça, P.M.L.D.A., 2012. Desmatamento no sul do Estado de Roraima: padrões de distribuição em função de Projetos de Assentamento do INCRA e da distância das principais rodovias BR-174 e BR-210. **Acta Amazonica**. v.42, n.2, p.195-204.

Barrow, C., 1991. Land Degradation: Development and Breakdown of Terrestrial Environments; **Cambridge University**: Nova York, EUA, 1991; pp. 1–313. ISBN 9780521466158.

Batista, E.M., 2009. O desmatamento em Projetos de Colonização e Reforma Agrária situados no estado do Amapá, **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 de abril, 2009, INPE, p. 5633-5639.

Brandão, J.A., Souza J.C., 2006. Deforestation in land reform settlements in the Amazon. State of the Amazon. **IPAM**. Belém, n.7, p.1-4.

Brasil, 2012a. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: **plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília: MAPA/ACS, 173 p. Available in: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>>. Access in: 01 mai. 2019.

Brasil, 2012b. Presidência da República - Casa Civil. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**, Brasília - DF. Congresso Nacional. Available in: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Access in: 08 mar. 2019.

Brasil, 2015. Ministério do Meio Ambiente. Fundamentos para a elaboração da Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (INDC) do Brasil no contexto do acordo de Paris sob a UNFCCC. 13p. Available in: <http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indc/Bases_elaboracao_INDC.pdf>. Access in: 01 mai. 2019.

Brito, J.L.S., Arantes, A.E., Ferreira, L.G., Sano, E.E., 2018. MODIS estimates of pasture productivity in the Cerrado based on ground and Landsat-8 data extrapolations. **Journal of Applied Remote Sensing**, v.12, n.2.

Bustamante, M.M.C., Nobre, C.A., Smeraldi, R., Aguiar, A.P.D., Barioni, L.G., Ferreira, L.G., Longo, K., May, P., Ometto, J.P.H., Pinto, A.S., 2012. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. **Climatic Change**. DOI: 10.1007/s10584-012-0443-3.

Calandino, D., Wehrmann, M., Koblitz, R., 2012. Contribuição dos assentamentos rurais no desmatamento da Amazônia: um olhar sobre o estado do Pará, **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba: Editora UFPR, v.26, p.161-170, jul./dez.

Caldas, M., Simmons, C., Walker, R., Perz, S., Aldrich, S., Pereira, R., . . . Arima, E., 2010. Settlement formation and land cover and land use change: A case study in the Brazilian Amazon. **Journal of Latin American Geography**, v.9, p.125-144. DOI:10.1353/lag.0.0066

Cardoso, M.R.D., Marcuzzo, F.F.N., Barros, J.R., 2014. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica** v.8, n.16, p.40-55. DOI: 10.5654/actageo2014.0004.0016.

De Oliveira, E.R., Silva, J.R., Baumann, L.R.F., Miziara, F., Ferreira, L.G., Oliveira Merelles, L.R., 2020. Tecnologia e degradação de pastagens na pecuária no Cerrado brasileiro. **Sociedade & Natureza**, v.32, p.626-638. DOI: 10.14393/SN-v32-2020-55795.

Dias-Filho, M.B., Andrade, C.M.S., 2006. Pastagens no trópico úmido. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 30 pp. (Embrapa Amazônia Oriental. **Documentos**, 241). Available in: <<http://bit.ly/foLu6D>>. Access in: 17 nov. 2018.

Dias-Filho, M.B., 2014. Degradação de pastagens. IX CNPA - **Congresso Nordestino de Produção Animal**. Brasil, p.319-335. Available in: <<https://hal.inrae.fr/hal-02739074/document#page=324>>. Access in: 15 fev. 2021.

Eswaran, H., Lal, R., Reich, P.F., 2001. Land degradation: an overview. Response to land degradation. In proceedings of the 2nd international conference on land degradation and desertification; **Oxford Press**: New Delhi, India. pp. 20–35.

- Fao, 2009. The state of food and agriculture. Livestock in the balance. Rome. Available in: <<http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf>>. Access in: 30 abr. 2019.
- Fao, 2018. World food and agriculture – statistical pocketbook. Rome. 254 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Available in: <<http://www.fao.org/3/CA1796EN/ca1796en.pdf>>. Access in: 15 jan. 2019.
- Ferreira, G.C.V., Ferreira Neto, J.A., 2018. Usos de geoprocessamento na avaliação de degradação de pastagens no assentamento ilha do coco, nova xavantina-Mato Grosso, Brasil. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.26, n.2, p.140-148.
- Ferreira, M.E., Miziara, F., Ferreira Júnior, L.G., Ribeiro, F.L., Ferreira, N.C., 2009. Ativos ambientais do bioma Cerrado: uma análise da cobertura vegetal nativa e sua relação com o preço da terra no Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.61, n.1, p.37-50.
- Ferreira Neto, J.A., Doula, S.M., 2006. Assentamentos rurais e meio ambiente no Brasil: atores sociais, processos produtivos e legislação. Editora Independente. **Viçosa: UFV, DER**. 307p.
- Ferreira Neto, J.A., Sousa, D.N., Cardoso, P.O., Milagres, C.S.F., Amodeo, N.B.P., 2009. Assentamentos rurais e desenvolvimento econômico: um estudo sobre o noroeste de Minas Gerais. Porto Alegre, **SOBER**. jul. Available in: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/741.pdf>>. Access in: 10 mai. 2019.
- Freitas, F.L.M., Englund, O., Sparovek, G., Berndes, G., Guidotti, V., Pinto, L.F.G., Mörtberg, U., 2018. Who owns the Brazilian carbon?. **Global change biology**, v.24, n.5, p.2129-2142.
- Galdino, S., Sano, E.E., Andrade, R.G., Grego, C.R., Nogueira, S.F., Bragantini, C., Flosi, A.H., 2016. Large-scale modeling of soil erosion with RUSLE for conservationist planning of degraded cultivated Brazilian pastures. **Land degradation & development**, v.7, n.3, p.773-784.
- Gao, Q., Li, Y.E., Wan, Y., Lin, E., Xiong, W., Jiangcun, W., Wang, B., Li, W., 2006. Grassland degradation in northern Tibet based on remote sensing data. **Journal of Geographical Sciences**, v.16, n.2, p.165-173.
- Gao, Q., Wan, Y.F., Xu, H.M., Li, Y., Jiangcun, W.Z., Borjigidai, A., 2010. Alpine grassland degradation index and its response to recent climate variability in Northern Tibet, China. **Quaternary International**, v.226, Issues.1-2, p.143-150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.10.035>.
- Garcia-Oliva, F., Lancho, J.F.G., Montano, N.M., Islas, P., 2006. Soil carbon and nitrogen dynamics followed by a forest-to-pasture conversion in western Mexico. **Agroforest. Syst.** v.66, p.93–100.
- Godar, J., Tizado E.J., Pokorny, B., 2012. Who is responsible for deforestation in the Amazon? A spatially explicit analysis along the Transamazon Highway in Brazil, **Forest Ecology and Management**, p.58-73.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v.202, p.18-27.
- Gosch, M.S., 2020. A criação dos assentamentos rurais no Brasil e seus desafios: algumas considerações sobre o Cerrado goiano. **RP3 - Revista de Pesquisa em Políticas Públicas**.

Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/rp3/article/view/34177>>. Acesso em: 17 mar. 2021

Gosch, M.S., Ferreira, M.E., Medina, G.D.S., 2017. The role of the rural settlements in the Brazilian savanna deforesting process. **Journal of Land Use Science**, v.12, n.1, p.55-70.

Gurgel, A.C, Fagan, C.F, Serigati, F.C., 2013. Agricultura de Baixa Emissão de Carbono: A Evolução de um novo Paradigma. Observatório ABC. **Fundação Getúlio Vargas / Centro de Agronegócio da Escola de Economia de São Paulo**: São Paulo, Brasil, p.192.

Ibge, 1995. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Zoneamento geoambiental e agroecológico do Estado de Goiás – região nordeste. **Série de estudos e pesquisas em geociências – número 3**. Rio de Janeiro, Brasil. Available in: <<http://www.sieg.go.gov.br/downloads/ZAENE%20Relat%C3%B3rio%20Final.pdf>>. Access in: 13 mai. 2019.

Ibge, 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. In: **Produção da Pecuária Municipal - 2017**, Rio de Janeiro. v.45, p.1-8. Available in: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=784>>. Access in: 03 jan. 2019.

Incra, 2017. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Acervo Fundiário**. Available in: <<http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>>. Access in: 20 abr. 2017.

Incra, 2019. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **O que é um assentamento?** Available in: <<http://www.incra.gov.br/assentamento>>. Access in: 09 mai. 2019.

Jombo, S., Adam, E., Odindi, J., 2017. Quantification of landscape transformation due to the Fast Track Land Reform Programme (FTLRP) in Zimbabwe using remotely sensed data. **Land Use Policy**, v.68, p.287-294.

Khalfallah, C.B, Delaitre, E., Ouerchefani, D., Demagistri, L., Darragi, F., Seyler, F., 2021. Monitoring Vegetation Change in Tozeur Oases in Southern Tunisia by Using Trend Analysis of MODIS NDVI Time Series (2000–2016). **Canadian Journal of Remote Sensing**, p.1-19. DOI: 10.1080/07038992.2021.1922881

Kichel, A.N., Costa, J.A.A., Almeida, R.G., 2012. Vantagens da recuperação e renovação de pastagens degradadas com a utilização de sistemas integrados de produção agropecuária. **Revista Agro & Negócios**, v.11, n.14, p.48-50.

Leite, S., Heredia, B., Medeiros, L., Palmeira, M., Cintrão, R., 2004. Impacto dos assentamentos: um estudo sobre o meio rural brasileiro. Brasília: **IICA/NEAD**; São Paulo: Editora: UNESP, 392p.

Ludewigs, T., D'antona, A.O., Brondízio, E.S., 2009. Agrarian Structure and Land-cover Change Along the Lifespan of Three Colonization Areas in the Brazilian Amazon. **World Development**, v.37, n.8, p.1348-1359.

Macedo, M.C.M., 1995. Pastagens no ecossistema do Cerrado: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: Andrade, R.P., Barcelos, A.O., Rocha, C.M.C. (eds.). **Simpósio sobre pastagens nos ecossistemas brasileiros – Pesquisas para o desenvolvimento sustentável**, n.32, Brasília.

Macedo, M.C.M., 2005. Pastagens no ecossistema cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: Simpósio sobre pastagens nos ecossistemas brasileiros, n.2., 2005, Goiânia, **Anais...**Goiânia: SBZ. p.56-84.

Macedo, M.C.M., Araújo, A.R., 2012. Sistemas de integração lavoura pecuária: alternativas para recuperação de pastagens degradadas. In: Bungenstab, D.J., Sistemas de integração lavoura pecuária floresta. Capítulo em livro técnico (**INFOTECA-E**). 2ed. p. 27-48. Brasília - DF. Embrapa.

Macedo, M.C.M., Kichel, A.N., Zimmer, A.H., 2000. Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens. EMBRAPA-CNPGC. **Comunicado Técnico**. Available in: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/324215>>. Access in: 10 mai. 2019.

Macedo, M.R.A., Darnet, L.A.F., Thalês, M.C., Pocard-chapuis, R., 2013. Configuração espacial do desflorestamento em fronteira agrícola na Amazônia: um estudo de caso na região de São Félix do Xingu, estado do Pará, **Revista NERA**, n.22, p.96-111.

Marques, V.P., Del Grossi, M.E., França, C.G., 2012. O censo 2006 e a reforma agrária: aspectos metodológicos e primeiros resultados. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2012. p.107, ISBN: 978-85-60548-90-3. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/14748/3/LIVRO_Censo%202006%20e%20a%20reforma%20agr%C3%A1ria.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2021.

Maywald, P.G., Marçal Júnior, O., 2013. Estrutura de áreas protegidas dos assentamentos de reforma agrária no município de Uberlândia-MG, Brasil: Um estudo de ecologia de paisagem. **Sociedade & Natureza**, v.25, n.1, p.75–90. DOI:10.1590/S1982-45132013000100007

Medeiros, L.S., Leite, S.A., 1999. **Formação dos assentamentos rurais no Brasil: processos sociais e políticas públicas**. 1º edição. Porto Alegre / Rio de Janeiro: Ed Universidade / UFRGS/ CPDA. (estudos rurais). 284 p.

Medeiros, L.S., 2003. **Reforma agrária no Brasil: história e atualidades da luta pela terra**. São Paulo: Ed. Fundação Perseu Abramo. 104 p.

Medina, G., Almeida, C., Novaes, E., Godar, J., Pokorny, B., 2015. Development conditions for family farming: Lessons from Brazil. **World Development**, v.74, p.386–396. DOI:10.1016/j.worlddev.2015.05.023.

Medina, G., Camargo, R., Silvestre, W., 2016. Retratos da agricultura familiar em Goiás: relevância, sistemas de produção e alternativas para sua consolidação. In: Medina, G. (Org.). **Agricultura familiar em Goiás: lições para o assessoramento técnico**, p.15-39. 3. Ed. ver. e ampl. Goiânia, Editora UFG, 285 pp.

Miziara, F., 2006. Expansão de fronteiras e ocupação do espaço no Cerrado: o caso de Goiás. In: Guimarães, L.D., Silva, M.A.D., Anacleto, T.C. (Orgs.). **Natureza viva Cerrado**. Goiânia: Ed. da UCG. cap.VII, p.169-196.

Miziara, F., Ferreira, N.C., 2008. Expansão da fronteira agrícola e evolução da ocupação e uso do espaço no Estado de Goiás: subsídios à política ambiental. In: Ferreira, L.G. (Org.). **A encruzilhada socioambiental – biodiversidade, economia e sustentabilidade no Cerrado**. Goiânia: Cãnone/Cegraf-UFG. cap.IV, p.107-125.

Oliveira, V.T., Hora, K.E.R., Ferreira, N.C., 2020. Conflitos ambientais em sub-bacias hidrográficas com assentamentos de reforma agrária em Goiás. **RP3 - Revista de Pesquisa**

em Políticas Públicas. DOI: 10.18829/2105. ISSN: 2317-921X. Available in: <<https://periodicos.unb.br/index.php/rp3/article/view/34171>>. Access in: 10 fev. 2021.

Parente, L., Mesquita, V., Miziara, F., Baumann, L., Ferreira, L., 2019. Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: a novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing. **Remote Sensing of Environment**, v.232, p.111301. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111301>

Paulino, H.B., De Souza, E.D., Carneiro, M.A.C., Smiljanik Junior, E., 2011. Production and quality of brachiaria forage plants in southwestern Goiás state. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.33, n.4, p.341-346. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i4.8960>.

Pereira, L.F., Ferreira, C.F.C., Guimarães, R.M.F., 2018. Manejo, qualidade e dinâmica da degradação de pastagens na Mata Atlântica de Minas Gerais-Brasil. *Nativa*, Sinop, v.6, n.4, p.370-379, jul/ago.

Pereira, O., Ferreira, L., Pinto, F., Baumgarten, L., 2018. Assessing pasture degradation in the Brazilian Cerrado based on the analysis of MODIS NDVI time-series. **Remote Sensing**, v.10, p.1761.

Peron, A.J., Evangelista, A.R., 2004. Degradação de pastagens em regiões de Cerrado. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v.28, p.655-661.

Pongratz, J., Reick, C., Raddatz, T., Claussen, M., 2008. A reconstruction of global agricultural areas and land cover for the last millennium. **Global Biogeochemical Cycles**, v.22, n.3.

Postel, S. L., 1998. Water for food production: will there be enough in 2025? **BioScience**, v.48, n.8, p.629-637.

Prado, L., Miziara, F., Ferreira, M.E., 2012. Expansão da fronteira agrícola e mudanças no uso do solo na região sul de Goiás: ação antrópica e características naturais do espaço. **Boletim Goiano de Geografia** (Impresso), v.32, p.1-15.

Roque, M.P.B., Neto, J.A.F., Faria, A.L.L., 2021. Degraded grassland and the conflict of land use in protected areas of hotspot in Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, p.1-18. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01501-1>.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **Symposium of Significant Results Obtained with ERTS-1**, 3., Greenbelt, Maryland. Proceedings... Washington: NASA SP-351, 1973. p.309-317.

Roy, D.P., Wulder, M.A., Loveland, T.R., Woodcock, C.E., Allen, R.G., Anderson, M.C., Helder, D., Irons, J.R., Johnson, D.M., Kennedy, R., Scambos, T.A., Schaaf, C.B., Schott, J.R., Sheng, Y., Vermote, E.F., Belward, A.S., Bindschadler, R., Cohen, W.B., Gao, F., Hipple, J.D., Hostert, P., Huntington, J., Justice, C.O., Kilic, A., Kovalsky, V., Lee, Z.P., Lyburner, L., Masek, J.G., Mccorkel, J., Shuai, Y., Trezza, R., Vogelmann, J., Wynne, R.H., Zhu, Z., 2014. Landsat-8: science and product vision for terrestrial global change research. **Remote Sensing of Environment**, v.145, p.154-172.

Sano, E.E., Rosa, R., Scaramuzza, C.A.M., Adami, M., Bolfe, E.L., Coutinho, A.C., Esquerdo, J.C.D.M., Maurano, L.E.P., Narvaes, I.S., Oliveira Filho, F.J.B., Silva, E.B., Victoria, D.C., Ferreira, L.G., Brito, J.L.S., Bayma, A.P., Oliveira, G.H., Bayma-Silva, G., 2019. Land use dynamics in the Brazilian Cerrado in the period from 2002 to 2013. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. 1-5. DOI: 10.1590/S1678-3921.

Santos, G.L., Pereira, M.G., Delgado, R.C., Magistrali, I.C., da Silva, C.G., de Oliveira, C.M.M., ... & da Silva, T.P., 2021. Degradation of the Brazilian Cerrado: Interactions with human disturbance and environmental variables. **Forest Ecology and Management**, v.482, 118875. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118875>.

Santos, J.G.R., Castro, S.S., 2016. Influência do meio físico na produção dos assentamentos rurais das regiões do sul e do nordeste goiano. **Sociedade & Natureza**, v.28, n.1, p.95-115.

Scaramuzza, C.A.M., Sano, E., Adami, M., Bolfe, E., Coutinho, A.C., Silva, E.B., Valeriano, D., Esquerdo, J.C.D.M., Maurano, L.E., 2017. Land-use and land-cover mapping of the Brazilian Cerrado based mainly on landsat-8 satellite images. **Revista Brasileira de Cartografia** (Online), V. 69, P. 1041-1051.

Segplan, 2014. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento de Goiás. Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. **Atlas do Estado de Goiás - 2014**. Goiânia. 98 p. Bianual. ISSN 2358-2723. Available in: <http://www.sieg.go.gov.br/>. Access in: 20 ago. 2019.

Silva, E.B., Júnior, L.G.F., dos Anjos, A.F., Miziara, F., 2013. A expansão da fronteira agrícola e a mudança de uso e cobertura da terra no centro-sul de Goiás, entre 1975 e 2010. **Ateliê Geográfico**, v.7, n.2, p.116-138.

Sloat, L.L., Gerber, J.S., Samberg, L.H., Smith, W.K., Herrero, M., Ferreira, L.G., Godde, C.M., West, P.C., 2018. Increasing importance of precipitation variability on global livestock grazing lands. **Nature Climate Change**, v.8, p.214-218. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0081-5>.

Sparovek, G. A., 2003. Qualidade dos assentamentos da reforma agrária brasileira. **Páginas & Letras**. Editora e Gráfica, v.1, 204 p.

Sparovek, G., Alberto G.O., Barretto, P., Maule, R.F., Martins S.P., 2005. Análise territorial da produção nos assentamentos. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário: **NEAD**. Available in: <http://frentedagastronomiamineira.org/livros/analise-territorial-da-producao-nos-assentamentos.pdf>. Access in: 20 abr. 2019.

Veloso, G.A., Ferreira, M.E., Ferreira Júnior, L.G., da Silva, B. B., 2020. Modelling gross primary productivity in tropical savanna pasturelands for livestock intensification in Brazil. **Remote Sensing Applications: Society And Environment**, v.17, p.100288-8.

5. APÊNDICE C

Evolução das pastagens degradadas nos assentamentos rurais, comparada a seus contextos locais no Cerrado goiano

Este manuscrito será submetido à uma revista científica especializada

Evolução das pastagens degradadas nos assentamentos rurais, comparada a seus contextos locais no Cerrado goiano

**Marcelo Scolari Gosch
Claudinei Oliveira dos Santos
Vinícius Vieira Mesquita
Laerte Guimarães Ferreira**

Resumo - Embora sejam relativamente conhecidas as implicações ambientais da criação de assentamentos rurais no Brasil, ainda há uma compreensão limitada sobre os efeitos da criação desses assentamentos na degradação das pastagens, especialmente no Cerrado brasileiro. Esta pesquisa teve como objetivo entender a evolução das áreas de pastagens nos assentamentos, comparando-as com regiões do seus entornos. Para tanto, foram realizadas análises com base no mapeamento das pastagens (iniciativa MapBiomas), imagens de satélites obtidas e processadas por meio da plataforma *Google Earth Engine*, visitas de campo e análises das classes de solos presentes. Os resultados mostram que a criação dos assentamentos rurais dinamizou os imóveis rurais, até então com pouco grau de utilização da terra, com um aumento das pastagens na ordem de 18%, ante 5% dos seus entornos. Verificou-se também que em regra os assentamentos rurais acompanham as tendências de melhora ou piora das pastagens do seu contexto local, com uma melhora mais expressiva no interior dos assentamentos. Esses resultados confirmam o potencial dos dados satelitários na determinação das condições produtivas das pastagens, com ~70% de acerto entre escritório e campo. Porém, alguns desafios ainda precisam ser vencidos, como superar as influências das variações sazonais na percepção de degradação das pastagens.

Palavras-chave - pastagem degradada; assentamentos rurais, google earth engine; SIG

1. Introdução

Os assentamentos rurais no Brasil são resultantes das pressões dos movimentos sociais pela reforma agrária que forçaram o governo federal, a partir dos anos 1980, a criar assentamentos para fornecer terra aos agricultores sem terra (Bergamasco, 1997; Gosch, 2020; Medina *et al.*, 2021). Atualmente, espalhados por todo o Brasil, existem mais de 9.400 Projetos de Assentamento - PA, cobrindo quase 88 milhões de hectares, onde vivem e trabalham 973.000 famílias assentadas (INCRA, 2020) ou seja, quase um em cada cinco agricultores no Brasil é um agricultor assentado (Medina *et al.*, 2015). Especificamente no estado de Goiás, existem 421 assentamentos rurais, ocupando cerca de 1 milhão de hectares, abrigando mais de 22 mil famílias (INCRA, 2020).

A implantação destes assentamentos rurais tem sido abordada de diferentes formas uma delas é a problemática ambiental, com um número considerável de estudos que investigam principalmente a participação dos assentamentos nos desmatamentos ocorridos

no bioma Amazônia (Alencar *et al.*, 2004; Brandão & Souza, 2006; Batista, 2009; Caldas *et al.*, 2010; Barni *et al.*, 2012; Calandino *et al.*, 2012; Godar *et al.*, 2012; Macedo *et al.*, 2013;). No entanto, no bioma cerrado, ainda há uma compreensão limitada da problemática ambiental relacionada aos assentamentos rurais, sendo que não foram efetivamente analisados os impactos e efeitos da criação de assentamentos rurais na degradação de terras e/ou pastagens. Na visão de Ludewigs *et al.* (2009), mais estudos sobre as ligações da distribuição de terras pelos programas de reforma agrária e os resultados ambientais são necessários.

Outra questão pouco considerada nos estudos, que contemplam a participação dos assentamentos rurais na abordagem ambiental, são as condições ambientais pré-existente nas áreas dentro e fora dos assentamentos, ignorando, desta forma, a possibilidade dos assentamentos se apresentarem como alternativa de recuperação ambiental (Oliveira *et al.*, 2020). Assim, é necessário inserir a variável temporalidade, que contemple o momento de constituição dos assentamentos rurais, possibilitando verificar se as áreas degradadas foram causadas pelos assentados ou se a degradação foi anterior à constituição do assentamento rural.

No caso dos assentamentos rurais localizados no Cerrado goiano, onde a principal atividade econômica realizada é a pecuária, existindo um predomínio de pastagens desde a criação dos assentamentos (Leite *et al.*, 2004; Medina *et al.*, 2016, Gosch *et al.*, 2020), a pura e simples constatação da existência de pastagens degradadas, por exemplo, não atribui aos assentados responsabilidade sobre as mesmas.

Atualmente o uso de técnicas de sensoriamento remoto e imagens de satélite possibilita a avaliação de mudanças ocorridas na paisagem durante um determinado período de tempo, permitindo assim verificar a realidade das pastagens existentes no momento da criação dos assentamentos rurais.

Neste sentido, diversos estudos vêm utilizando imagens de satélite com índices de vegetação em suas análises, o mais utilizado é o NDVI - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada. Que vem sendo utilizado para investigar o comportamento espectral das pastagens e definir seus possíveis níveis de degradação, como as pesquisas de Gao *et al.* (2006); Numata *et al.* (2007); Wang *et al.* (2009), Andrade *et al.* (2013); Fonseca & Locatelli (2018). Outros estudos utilizam séries temporais de imagens índice de vegetação de NDVI, associado a métodos de análise de tendência e/ou métricas sazonais para verificar a ocorrência de degradação da pastagem, como as pesquisas de Li *et al.* (2013); Andrade *et al.* (2015, 2017); Aguiar *et al.* (2017); Pereira, O. *et al.* (2018).

A degradação das pastagens se constitui num dos principais problemas ambientais e econômicos da pecuária brasileira (Galdino *et al.*, 2016), sendo caracterizada por um processo de perda a longo prazo da função e serviços do ecossistema causados por distúrbios dos quais o sistema não pode se recuperar completamente, com a diminuição de carbono, água e nutrientes armazenados no solo (Pereira, O. *et al.*, 2018).

É importante ressaltar ainda que a criação dos assentamentos rurais no Brasil, modifica o tamanho das propriedades rurais existentes, altera o regime de posse e o uso da terra, e aumenta exponencialmente a quantidade de famílias detentoras de terras. Em geral, no processo de criação de assentamentos rurais, grandes propriedades são transformadas em inúmeras pequenas propriedades de base familiar, o que traz efetivas mudanças regionais e desencadeia processos de transformação econômica, política, social e ambiental (Leite *et al.*, 2004; Sparovek *et al.*, 2005).

Leite (2000) resalta ainda que os assentamentos tendem a promover um rearranjo do processo produtivo nas regiões onde se instalam, muitas vezes caracterizada por uma agricultura com baixo dinamismo. A diversificação da produção agrícola, a introdução de atividades mais lucrativas, mudanças tecnológicas, refletem-se na composição da receita dos assentados, afetando o comércio local, a geração de impostos, a movimentação bancária, entre outros, com efeitos sobre a capacidade do assentamento se firmar politicamente como um interlocutor de peso no plano local/regional.

Ademais, as condições do quadro natural (relevo e solo) internas dos assentamentos e o contexto socioeconômico e produtivo do entorno dos assentamentos são fatores determinantes para o sucesso econômico das famílias assentadas (Bittencourt *et al.*, 1999). Assim, os assentados não constituem uma "categoria à parte" no sentido de constituir "enclaves" na estrutura produtiva ou apenas "bolsões de pobreza": ao contrário, para a maioria dos indicadores de distribuição fundiária, formas de produção, tecnologia, mercantilização e produtividade os assentados são semelhantes à média geral dos estabelecimentos agropecuários, ressalvada obviamente a diferença de escala (Kageyama *et al.*, 2010). E em diversos casos os assentamentos tendem a se destacar do seu entorno, principalmente em decorrência do uso mais intensivo da terra (Aguiar, 2011).

Dessa forma, os assentamentos rurais da reforma agrária, não podem ser considerados "ilhas" isoladas da realidade local. Tendo em vista que as mudanças nos padrões de cobertura da terra dos assentamentos rurais são altamente influenciadas pela dinâmica regional; e que os mesmos respondem ao contexto socioeconômico em que estão inseridos, mantendo laços integradores com a sociedade englobante (Gosch *et al.*, 2017a; Calandino *et al.*, 2012).

Assim, estudos referentes a esta temática agrária devem considerar também o contexto socioeconômico da região onde os assentamentos rurais estão inseridos. Neste sentido, se considerarmos que os assentamentos rurais, em regra, são ocupados por pobres rurais e urbanos com baixo nível de escolaridade; e que portanto, tendem a produzir com baixa agregação de tecnologia e pouco investimento nas áreas de pastagem. Esse artigo tem como objetivos: I) verificar se a criação dos assentamentos rurais alterou a quantidade e a qualidade das pastagens ao longo do tempo, comparando esses resultados com as regiões do seu entorno; II) avaliar o potencial dos dados satelitários na determinação das condições produtivas das pastagens ao longo do tempo.

2. Metodologia

Para determinar a área de estudo desta pesquisa, foram definidos inicialmente quatro agrupamentos regionais em Goiás, onde a densidade de assentamentos rurais é maior, sendo eles, Norte, Nordeste, Centro e Sudoeste. Em cada um destes agrupamentos regionais foram selecionados dois assentamentos rurais, considerando os seguintes critérios: o município de localização dos assentamentos (com maior quantidade de assentamentos); o tamanho do assentamento rural (em torno 1.000 a 5.000 ha - categoria mais representativa com 249 assentamentos); a data de criação do assentamento (mais próximo do ano 2000, possível - a fim de homogeneizar o tempo das análises); e, conforme determinado pela pesquisa de Gosch *et al.* (2021, no prelo), a área percentual de pastagem existente e a melhora da qualidade da pastagem após a sua criação (ver figura 5.1). Além desses critérios, teve-se o cuidado de não selecionar assentamentos muito próximos entre si, evitando a sobreposição das áreas de seus entornos.

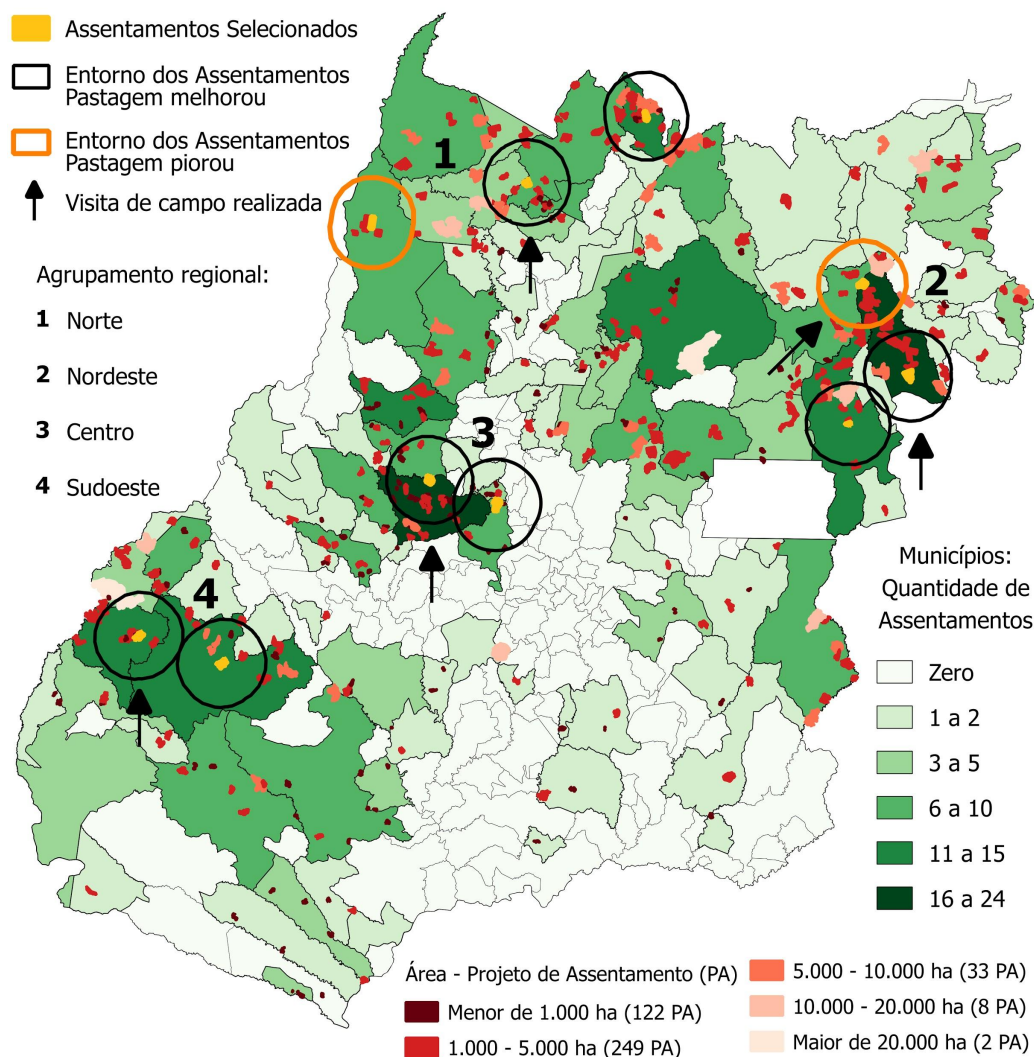


Figura 5.1 - Agrupamento regional de assentamentos em nível municipal e a definição da área de estudo (assentamentos selecionados + entornos)

Na pesquisa de Gosch *et al.* (2021, no prelo), verificou-se que 27% dos assentamentos rurais de Goiás pioraram a qualidade de suas pastagens após sua criação, e que estes assentamentos se localizam predominantemente nas regiões Norte e Nordeste de Goiás. Assim, foram selecionados mais dois assentamentos rurais nestas regiões, utilizando os mesmos critérios elencados anteriormente, mas considerando agora a piora da qualidade da pastagem existente.

Após a escolha dos 10 assentamentos rurais, a área de estudo se completou com a inclusão de um buffer de 30 km de raio, em torno dos assentamentos selecionados, e a exclusão dos polígonos de outros assentamentos rurais localizados dentro do entorno.

Para avaliar as pastagens existentes nos assentamentos rurais e seus entornos, realizou-se análises quantitativas e qualitativas, com base em dados satelitários, bem como, uma visita de campo a cinco assentamentos rurais e análises das classes de solos

presentes. As análises realizadas, com base em dados satelitários, ocorreram em três momentos distintos: no ano de criação dos assentamentos; momento intermediário (meio); e na atualidade - 2018. Já as visitas de campo ocorreram no ano de 2019 (entre 23/11 a 04/12), conforme figura 5.2.

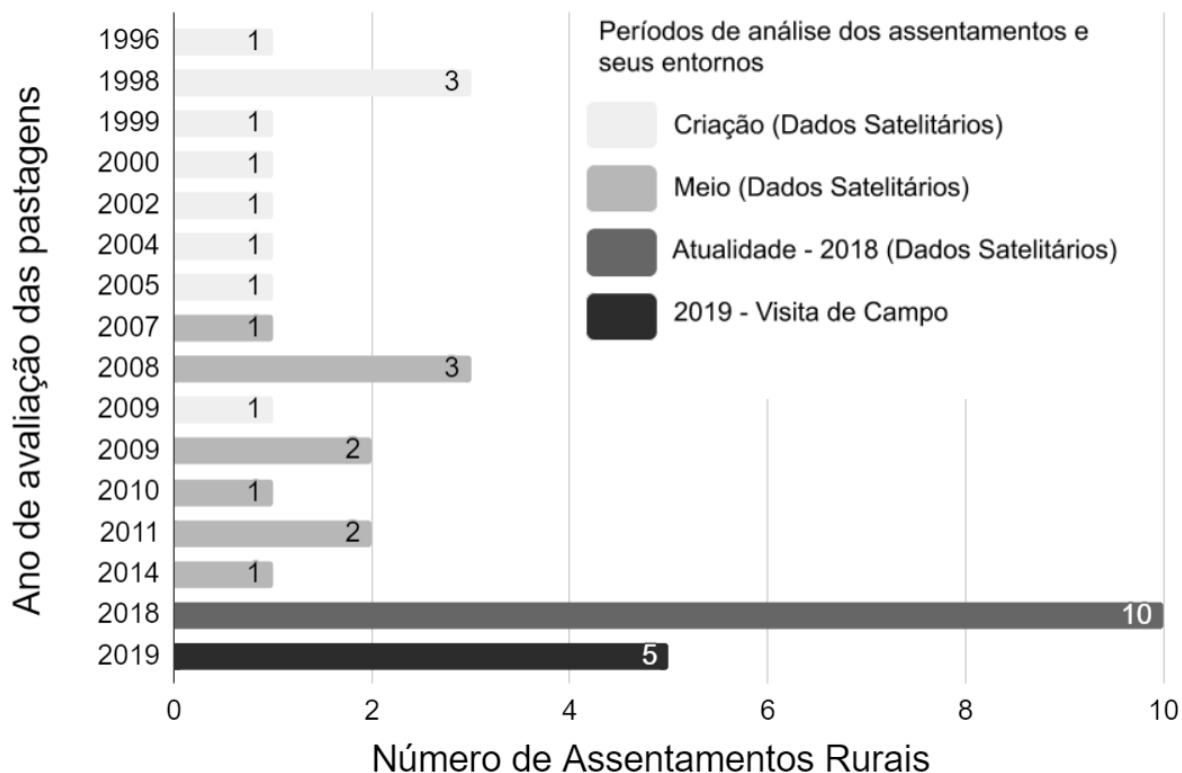


Figura 5.2 - Número de assentamentos rurais em relação ao ano de avaliação de suas pastagens

2.1 Análise das pastagens utilizando dados satelitários

2.1.1 Evolução da quantidade de pastagem na área de estudo

A comparação da quantidade de pastagem entre os assentamentos rurais e seus entornos ocorreu a partir da interseção entre os limites dos assentamentos e seu entornos e a série histórica de mapeamento das pastagens para o estado de Goiás, realizada pela iniciativa MapBiomas (Parente *et al.*, 2019). Obteve-se assim, a área de pastagem por assentamento rural e seus entornos, no ano de criação, no momento intermediário e na atualidade em 2018.

2.1.2 Evolução da qualidade da pastagem na área de estudo

A metodologia utilizada para avaliar a qualidade das pastagens, por meio de dados satelitários, foi adaptada de Gao *et al.* (2006) e utiliza os parâmetros estabelecidos

por Andrade *et al.* (2013) no oeste paulista no bioma Mata Atlântica, região próxima ao bioma Cerrado. A mesma tem por base a utilização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), como uma *proxy* do vigor das pastagens, proposto por Rouse *et al.* (1973).

As imagens utilizadas neste estudo foram obtidas pelo sensor TM (*Thematic Mapper*) e OLI (*Operational Land Imager*) dos satélites Landsat 5 e 8, com 30 metros de resolução espacial e processadas, no *Google Earth Engine* (Gorelick *et al.*, 2017), uma plataforma de computação em nuvem capaz analisar dados científicos em escala planetária.

Dessa forma, para cada assentamento rural e seu respectivo entorno, obteve-se três imagens síntese-mediana de NDVI, uma no ano de sua criação, outra no momento intermediário, e a terceira, em 2018. As imagens síntese foram obtidas a partir do cálculo da mediana do NDVI, considerando todas as imagens landsat disponíveis ao longo de um ano, filtradas quanto a contaminações por nuvens e sombras de nuvens com base no *Band Quality Assessment* (Roy *et al.*, 2014).

A utilização das imagens sínteses, com base na mediana anual do NDVI (NDVI_a), objetivou homogeneizar os efeitos da sazonalidade nas áreas de pastagens ao longo do ciclo hidrológico, característica esta que influencia diretamente os valores de NDVI e a percepção de degradação das pastagens (Brito *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2018; Veloso *et al.*, 2020).

Para compatibilizar os dados do Landsat 5 e Landsat 8 - sensores TM e OLI, respectivamente (Xu & Guo, 2014), corrigimos as características espectrais do Landsat 5 em relação às do Landsat 8. Para isso utilizamos uma regressão criada através de dados espectrais de pastagem coletados em campo e re-amostrados, utilizando as funções de resposta espectral dos respectivos satélites. As coletas ocorreram mensalmente entre abril de 2018 e abril de 2019, utilizando um espectroradiômetro *Spectral Evolution SM-3500*.

Em seguida, utilizou-se os valores de NDVI_a, pixel a pixel, para calcular a Cobertura Vegetal da Pastagem (CVP), dos assentamentos rurais e seus entornos, conforme equação 1, adaptada de Gao *et al.* (2006). Para encontrar os parâmetros de entrada do NDVI_{a_{min}/máx} na equação 1, foi considerado que o universo de estudo seria toda a área de pastagem dos 10 assentamentos rurais e seus entornos, nos três períodos de análise.

$$CVP = \frac{(NDVI_a - NDVI_{a\ min})}{(NDVI_{a\ max} - NDVI_{a\ min})} \times 100 \quad (Eq. 1)$$

Onde: NDVI_{a_{min}} = média dos menores valores de NDVI_a (1% menor) encontrado entre os pixels representativos de áreas com solo exposto, em toda as áreas de estudo e períodos analisados; e

NDVla_{máx}= média dos maiores valor de NDVla (1% maior) encontrado entre os pixels da área de pastagem, em toda as áreas de estudo e períodos analisados.

Posteriormente, utilizou-se os parâmetros definidos por Andrade *et al.* (2013) para classificar o nível de degradação de pastagem com base no CVP, conforme tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Nível de degradação de pastagem, conforme o % de cobertura vegetal da pastagem (CVP)

Classes de degradação da pastagem	Intervalo CVP.et equivalente
(1) Não Degradada	CVP > 60%
(2) Levemente Degradada	CVP 50% a 60%
(3) Moderadamente Degradada	CVP 40% a 50%
(4) Fortemente Degradada	CVP < 40%

Fonte: adaptado de Andrade *et al.* (2013)

As classes de degradação geradas a partir do CVP foram utilizadas como parâmetros para calcular o Índice de Degradação da Pastagem - IDP, no domínio do espaço tempo, para a área de estudo, nos três períodos definidos. O IDP faz a ponderação da área das classes de degradação com a área total de cada assentamento rural ou entorno analisado, conforme a equação 2, adaptada de Andrade *et al.* (2013):

$$IDP = \frac{\left(\sum_{i=1}^n Di \times Ai \right)}{A} \quad (Eq. 2)$$

Onde: Di = número da classe de degradação (1 a 4); Ai = área de distribuição do nível de classificação i; e A = área total de pastagens da área de cada assentamento rural ou entorno.

A condição de degradação da pastagem referente ao IDP calculado pode ser observada na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Avaliação da cobertura vegetal conforme o índice de degradação da pastagem (IDP)

IDP.et	Categoria de degradação de pastagem
IDP ≤ 1	Não degradada
1 < IDP ≤ 2	Levemente Degradada
2 < IDP ≤ 3	Moderadamente Degradada
IDP > 3	Fortemente Degradada

Fonte: Adaptado de Andrade *et al.* (2013)

2.2 A realidade das pastagens em campo

A fim de se compreender melhor a realidade das pastagens, foi realizada uma visita de campo em cinco assentamentos rurais e seus entornos (ver figura 5.1), nos meses de novembro e dezembro de 2019. A metodologia utilizada para essa etapa teve um caráter qualitativo, em que se tentou compreender: o histórico das pastagens nos assentamentos, a aplicação das políticas públicas da reforma agrária e a condição de qualidade das pastagens nas parcelas e propriedades do entorno. Os dados ainda foram complementados com informações coletadas junto ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), instituição responsável pela criação dos assentamentos rurais.

As visitas foram divididas em três momentos. Primeiramente, em cada assentamento rural foram realizadas conversas com os presidentes das associações e moradores antigos, para entender o histórico das pastagens, as atividades produtivas, e como se deu a aplicação das políticas públicas da reforma agrária. Para esse momento, utilizou-se mapas dos assentamentos com a identificação numérica de cada parcela, bem como a locação das pastagens já classificadas em escritório. Esse material permitiu aos informantes identificar as parcelas e a situação atual das pastagens, facilitando a coleta de informações e o desenvolvimento da pesquisa de campo.

O segundo momento de campo consistiu em visitar três parcelas de cada assentamento e três propriedades de cada entorno. A escolha dessas parcelas e propriedades ocorreu com base nos resultados da sessão anterior. Assim, para cada assentamento e entorno, selecionou-se três parcelas e propriedades com pastagens classificadas em: não degradada, levemente/moderadamente degradada e fortemente degradada, como indicado por Andrade *et al.* (2013). Em cada parcela e propriedade selecionada, realizou-se conversa com os proprietários, através de um roteiro de perguntas abertas, a fim de entender o histórico da área de pastagem, o tipo de pasto e a sua idade, a lotação animal e o manejo/adubações realizadas na pastagem, bem como informações sobre de assistência técnica e aquisição de créditos do INCRA ou outras formas de financiamento rural.

No terceiro momento da visita, em cada parcela e propriedade do entorno, verificou-se a condição de qualidade das pastagens em si, nos pontos georreferenciados selecionados em escritório. Para cada ponto de análise das pastagens foram coletadas informações subjetivas sobre: o percentual de cobertura de solo, a homogeneidade da forrageira em relação a plantas invasoras, o estágio de desenvolvimento das plantas forrageiras e por fim, realizou-se um registro fotográfico da condição geral da pastagem. Esses parâmetros de avaliação podem ser vistos no quadro 1.

Quadro 5.1 – Avaliação subjetiva da condição das pastagens em campo

Classes	Descrição - cobertura do solo*
1 - Não Degradada	Cobertura do solo pela planta forrageira maior que 60%
2 / 3 - Levemente / Moderadamente Degradada	Cobertura do solo pela planta forrageira de 30% a 60%
4 - Fortemente Degradada	Cobertura do solo pela planta forrageira menor que 30%
Classes	Descrição - homogeneidade da forragem
1 - Não Degradada	Poucas plantas invasoras bem espaçadas
2 / 3 - Levemente / Moderadamente Degradada	Quantidade razoável de plantas invasoras - pastagem predomina
4 - Fortemente Degradada	Elevado número de plantas invasoras predominando
Classes	Descrição - estágio de desenvolvimento da planta
1 - Não Degradada	Predominância de folhas verdes e colmos finos
2 / 3 - Levemente / Moderadamente Degradada	Média quantidade de folhas senescentes
4 - Fortemente Degradada	Alta quantidade de folhas senescentes

* A cobertura do solo leva em consideração o tipo de forrageira com hábito de crescimento cespitoso ou não (formação de touceiras).

Após a classificação das pastagens realizada pelos parâmetros estabelecidos no quadro 1, fez-se a avaliação da condição geral da pastagem em cada ponto georreferenciado, considerando agora os três parâmetros de forma conjunta e com o auxílio das fotos de campo. Essa classificação final de campo foi confrontada com a classificação gerada em escritório (CVP), para verificar o percentual de acertos do CVP.

2.3 Visão geral dos solos nos assentamentos e entornos

A fim de verificar uma possível influência das classes de solo na qualidade das pastagens dos assentamentos rurais e seus entornos, verificou-se a ocorrência do percentual de solos com alto/bom potencial para o uso agrícola (Latosolos e Argissolos) e solos com baixo potencial para o uso agrícola (Cambissolos e Plintossolos) na área de estudo (EMBRAPA, 2020). Ressalta-se que outras classes de solos presentes nos assentamentos e entornos, como os afloramentos de rochas, Nitossolo e Gleissolo não foram consideradas, devido ao baixo percentual de sua ocorrência.

A verificação da ocorrência dos tipos de solo se deu através da interseção entre os limites dos assentamentos e seus entornos e a distribuição das classes de solos de Goiás (EMATER, 2016), permitindo obter a área de cada classe de solos de interesse por assentamento rural e seus entornos.

3. Resultados

3.1. Análise das pastagens utilizando dados satelitários

3.1.1 Evolução da quantidade de pastagem na área de estudo

De modo geral, os assentamentos rurais tinham menos pastagem que seus entornos no momento da sua criação. Com a instalação das famílias e o passar do tempo, o conjunto de assentamentos ultrapassou a quantidade proporcional de pastagem em relação a seus entornos, como pode ser visto na média geral da tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Média do percentual da pastagem nos agrupamentos regionais nos três períodos analisados e suas diferenças.

Agrupamento Regional	Área de estudo	Média % Pastagem			Diferenças %		
		Criação	Meio	2018	Meio versus Criação	2018 versus Meio	2018 versus Criação
1 - Norte	Assentamentos	37	57	62	20	5	25
	Entornos	42	50	53	8	3	11
2 - Nordeste	Assentamentos	33	49	49	16	0	16
	Entornos	38	38	41	0	3	3
3 - Centro	Assentamentos	43	48	50	5	2	7
	Entornos	63	62	61	-1	-1	-2
4 - sudoeste	Assentamentos	37	57	59	20	2	22
	Entornos	54	60	57	6	-3	3
Média geral	Assentamentos	37	53	55	16	2	18
	Entornos	47	51	52	4	1	5

Percebe-se que o aumento da quantidade de pastagem se deu principalmente no primeiro intervalo de tempo, isto é, na diferença entre “meio *versus* criação”, sendo esse aumento mais expressivo no conjunto dos assentamentos do que nos seus entornos. Nesse sentido, embora a média geral dos assentamentos, no momento da criação, seja de 37% de pastagem, existem assentamentos que apresentaram percentuais mais baixo, como o Mata Azul no norte goiano, com 18% de pastagem, e o Canaã no nordeste goiano, com apenas 12% de pastagem na criação do assentamento. Esses assentamentos tiveram expressivo aumento da sua área de pastagem no primeiro intervalo de tempo, passando a ter no momento intermediário 46% e 48% de pastagem respectivamente.

Dos 10 assentamentos analisados, sete tiveram uma evolução semelhante, com aumento expressivo da pastagem no primeiro período e finalizando o ano de 2018 com mais de 10% de aumento de sua área de pastagem, como pode ser visto na figura 5.3. Chama a atenção os assentamentos Mata Azul, São Judas e Canaã que aumentaram suas pastagens em mais de 35% desde sua criação e suplantaram em muito o aumento de pastagem do seu entorno, embora a tendência de aumento seja a mesma para os assentamentos e entornos.

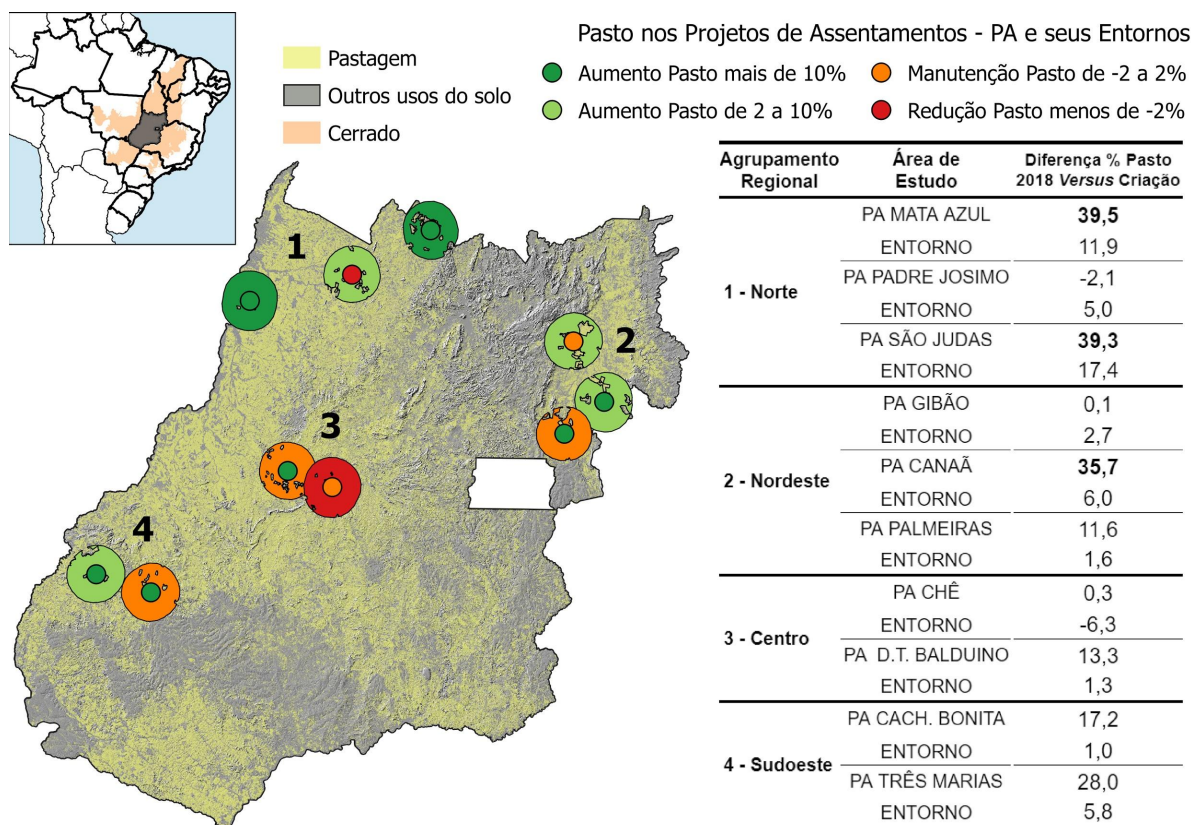


Figura 5.3 - Evolução da quantidade de pastagem nos assentamentos rurais e seus entornos.

Os outros três assentamentos analisados se comportaram de forma diferente, com a manutenção ou redução da área de pastagem. Uma explicação possível é a quantidade de pastagem existente na criação desses assentamentos, onde o Chê tinha 47%, o Padre Josimo 54% e o Gibão 66% de pasto na criação, maiores percentuais de pastagem na criação dentre os assentamentos analisados.

3.1.2 Evolução da qualidade da pastagem na área de estudo

Os resultados obtidos através da análise das imagens Landsat, quanto à verificação dos níveis de degradação das pastagens, demonstraram que os oito assentamentos rurais selecionados que melhoram suas pastagens detinham no ano de sua criação uma proporção um pouco menor de pastagens não degradadas (2,5%) em relação a seus entornos (3,4%), conforme tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Projetos de Assentamento que melhoraram suas pastagens - Distribuição dos níveis de degradação da pastagem calculados a partir do CVP para os três períodos de análise e a diferença entre eles.

Área de estudo	Degradação Pastagem CVP	Análise (% Pasto)			Diferenças (%)		
		Criação	Meio	2018	Meio versus Criação	2018 versus Meio	2018 versus Criação
Projetos de Assentamento	Não degradada	2,5	10,3	50,1	7,8	39,8	47,6
	Levemente degradada	5,4	12,8	20,5	7,4	7,7	15,2
	Moderadamente degradada	12,0	17,8	16,3	5,8	-1,5	4,3
	Fortemente degradada	80,2	59,1	13,1	-21,0	-46,0	-67,1
Entornos	Não degradada	3,4	11,8	47,1	8,4	35,2	43,6
	Levemente degradada	5,1	12,7	19,9	7,6	7,2	14,8
	Moderadamente degradada	10,7	18,8	16,4	8,1	-2,3	5,7
	Fortemente degradada	80,8	56,7	16,6	-24,1	-40,1	-64,2

Com o passar do tempo, o conjunto dos oito assentamentos e seus entornos apresentaram a mesma tendência de aumento das pastagens classificadas como não degradadas e uma redução da quantidade de pastagens classificadas como fortemente degradadas, como pode ser visto na diferença entre “2018 *versus* criação”. Porém, os oito assentamentos conseguiram reduzir proporcionalmente mais as pastagens fortemente degradadas (-67,1%) e aumentar mais as pastagens não degradadas (47,6%) em relação a seus entornos.

Já nos dois assentamentos selecionados que pioraram suas pastagens, a tendência foi invertida, isto é, ocorreu uma redução das pastagens classificadas como não degradadas e um aumento da quantidade de pastagens classificadas como fortemente degradadas. Sendo que, proporcionalmente, as pastagens dos dois assentamentos rurais pioraram mais que seus entornos.

Para verificar como essas tendências ocorreram no interior de cada assentamento rural e seu entorno, foi calculado o Índice de Degradação das Pastagens (IDP), que faz a ponderação da área das classes de degradação com a área total em análise. Podemos verificar na tabela 5.5 a média dos IDPs para cada agrupamento regional, nos três períodos de análise e suas diferenças. Percebe-se, através das médias dos agrupamentos regionais dos oito assentamentos que melhoraram suas pastagens, que tanto os assentamentos rurais como os entornos melhoraram suas pastagens saindo, na criação, da classificação do $IDP > 3$ (*i.e.* fortemente degradada) para a classificação do IDP, em 2018, entre $2 < IDP \leq 3$ (*i.e.* moderadamente degradada). Observa-se também que, na média, os assentamentos do norte e nordeste reduziram menos seu IDP em relação a seus entornos, e os

assentamentos do centro e sudoeste reduziram mais seus IDP em relação a seus entornos. Assim, em média, os oito assentamentos conseguiram reduzir mais seus IDP (-1,68) em relação a seus entornos (-1,61).

Tabela 5.5 - Índice de Degradação da Pastagem (IDP) dos Projetos de Assentamentos - PAs e entornos nos três períodos de análise e a diferença entre eles.

Agrupamento Regional	Área de estudo	Média do IDP			Diferenças - médias IDP		
		Criação	Meio	2018	Meio versus Criação	2018 versus Meio	2018 versus Criação
1 - Norte	PAs	3,82	3,23	2,35	-0,59	-0,88	-1,47
	Entornos	3,84	3,36	2,33	-0,48	-1,03	-1,51
2 - Nordeste	PAs	3,78	3,42	2,62	-0,36	-0,80	-1,16
	Entornos	3,81	2,98	2,53	-0,83	-0,46	-1,29
3 - Centro	PAs	3,61	2,90	1,50	-0,71	-1,40	-2,11
	Entornos	3,49	2,84	1,53	-0,65	-1,31	-1,96
4 - Sudoeste	PAs	3,73	3,34	1,74	-0,40	-1,60	-1,99
	Entornos	3,69	3,57	1,99	-0,12	-1,58	-1,70
Média 8 PAs Melhoraram	PAs	3,73	3,22	2,05	-0,51	-1,17	-1,68
	Entornos	3,71	3,19	2,09	-0,52	-1,09	-1,61
Média 2 PAs Pioraram	PAs	2,15	3,82	2,59	1,68	-1,23	0,45
	Entornos	1,90	3,58	2,04	1,68	-1,54	0,14
Média Geral 10 PAs	PAs	3,42	3,34	2,16	-0,08	-1,18	-1,26
	Entornos	3,34	3,27	2,08	-0,08	-1,18	-1,26

Já os dois assentamentos rurais que pioraram suas pastagens e seus entornos tiveram a mesma tendência de piora das pastagens. No entanto, os assentamentos rurais aumentaram significativamente mais seu IDP (0,45) em relação ao IDP do entorno (0,14). Percebe-se ainda um estranho aumento significativo do IDP (1,68) tanto nos assentamentos como nos entornos, na diferença entre “meio versus criação” (a ser tratado após a figura 5.4).

Podemos verificar ainda na tabela 5.5 a média geral dos IDPs dos 10 Projetos de Assentamento e seus entornos, surpreendentemente as diferenças entre os três períodos de análise é a mesma tanto para os assentamentos quanto para os entornos, com uma redução total no IDP de -1,26, como pode ser visto na coluna “2018 versus criação”.

Esses resultados foram individualizados por assentamento rural na figura 5.4, onde percebemos que cinco, dos oito assentamentos que melhoraram as pastagens, tiveram um desempenho melhor em relação a seus entornos. O assentamento São Judas no norte acompanhou a piora das pastagens de seu entorno mas com um aumento de IDP maior, e o assentamento Gibão foi o único que divergiu da tendência das pastagens de seu entorno.

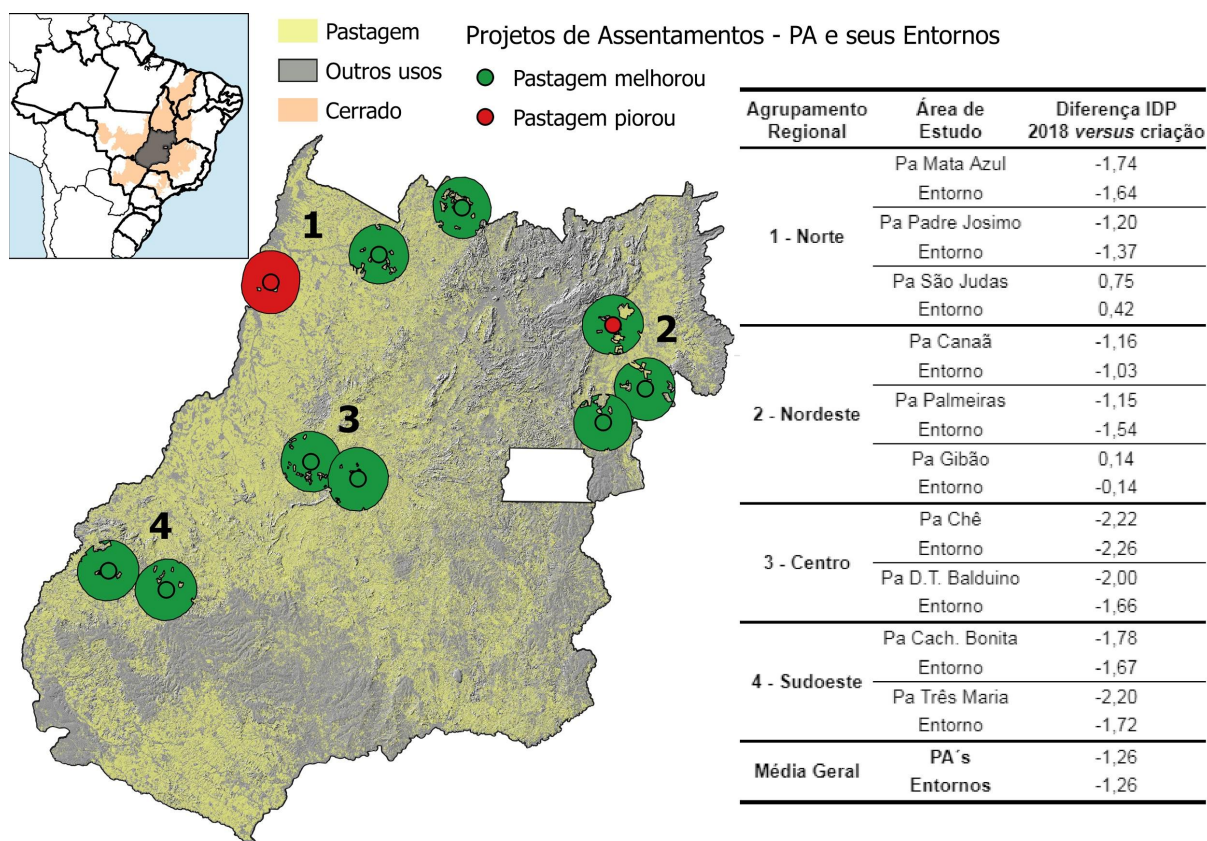
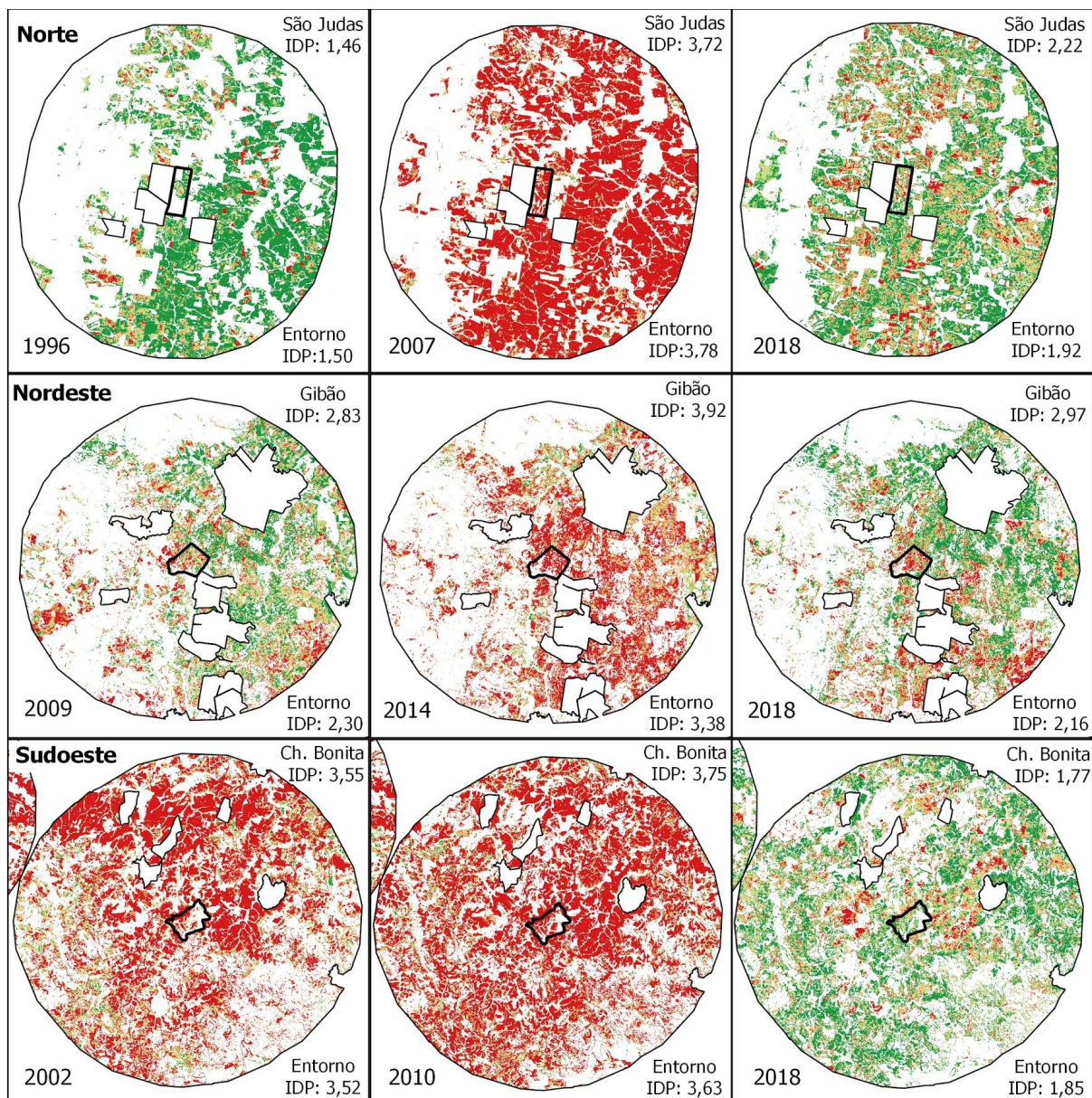


Figura 5.4 - Assentamentos rurais e seus entornos de acordo com a evolução da qualidade de suas pastagens, quanto ao Índice de Degradação da Pastagem (IDP).

O aumento significativo do IDP em 1,68 tanto nos assentamentos como nos entornos, na diferença entre “meio *versus* criação” da tabela 5.5, nos levou a investigar o comportamento das pastagens ao longo dos anos, junto aos dados satelitários. Percebeu-se que para alguns assentamentos a classificação das pastagens quanto ao nível de degradação, expresso pelo IDP, ficaram sujeitas a quantidade de imagens Landsat disponíveis no *Google Earth Engine* (a quantidade de imagens disponíveis varia de ano para ano, tendo menos imagens disponíveis para os anos mais antigos). Assim, nesses assentamentos a classificação das pastagens teve influência da sazonalidade, já que em alguns anos, a quantidade de imagens disponíveis do período seco do ano foi maior que no período chuvoso (devido provavelmente à quantidade de nuvens).

Na figura 5.5 podemos observar a relação entre a classificação das pastagens e a quantidade de imagens disponíveis no *Google Earth Engine*, da cena principal que compõe cada mosaico de imagens do assentamento + entorno.



QDT Imagens - Cena Principal

PAs	SÃO JUDAS			GIBÃO			CH. BONITA		
	1996	2007	2018	2009	2014	2018	2002	2010	2018
Jan		1	2		1	1	2		2
Fev			2	2	1	1			1
Mar	1	2		2		2		1	1
Abr	2	2	2		1	1	1	2	2
Mai	2	2	2	1	2	2			2
Jun	1	2	1		2	2	1	1	2
Jul	1	2	2	1	2	2	1	1	2
Ago	2	2	1	2	2	2	1	1	2
Set		2	2	2	2	2		2	2
Out			1	2	1	1		1	2
Nov			1	1				2	2
Dez	2		1		1	1		1	1
Total	11	15	17	13	15	17	6	12	21

Legenda

Níveis de Degradação da Pastagem

- Não Degradada
- Levemente Degradada
- Moderadamente Degradada
- Fortemente Degradada

- Meses Chuvosos
- Meses Secos

Figura 5.5 - Espacialização dos níveis de degradação das pastagens nos períodos de análise, correlacionado a quantidade de imagens sem nuvens disponíveis.

Nos assentamentos que pioraram as pastagens (São Judas e Gibão), chama a atenção o pico de pastagens fortemente degradadas no período intermediário de análise (anos de 2007 e 2014), justamente quando a relação entre as imagens disponíveis do período seco e chuvoso foram muito desproporcionais, isto é, em 2007 (10 imagens período seco x 5 imagens período chuvoso) e em 2014 (11 imagens período seco x 4 imagens período chuvoso).

Já no assentamento Cachoeira Bonita, onde também ocorreu um aumento de pastagens fortemente degradadas no período intermediário de análise (2010), a proporção de imagens do período seco e chuvoso foi a mesma para os períodos de análises, criação (3 x 3) e meio (6 x 6). Já em 2018 a relação entre as imagens disponíveis do período seco e chuvoso foi um pouco desproporcional (12 x 9) e mesmo assim o IDP reduziu em relação aos períodos anteriores, indicando a melhora efetiva das pastagens. Ademais, ressalta-se que essas variações de IDP em função da proporção de imagens disponíveis, afetam tanto interior dos assentamentos como seus entornos, permitindo portanto a comparação entre eles.

A figura 5.6 mostra em detalhe a evolução das áreas de pastagem no interior do assentamento São Judas. Nesse caso específico verifica-se uma combinação dos fatores de disponibilidade de imagens com a idade das pastagens.

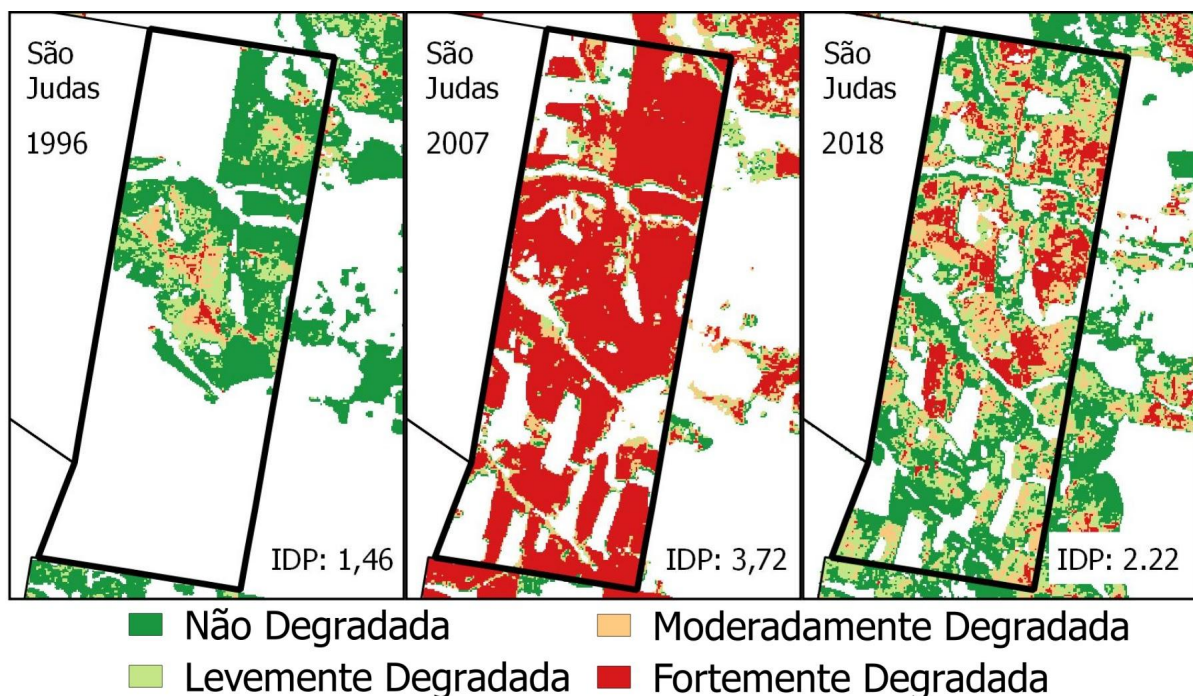


Figura 5.6 - Evolução das áreas de pastagem no interior do assentamento São Judas

Em 1996 as pastagens foram classificadas predominantemente em não degradadas, com um IDP do assentamento baixo de 1,46. Já em 2007, ano com uma grande desproporção entre as imagens do período seco e chuvoso, as pastagens foram classificadas como fortemente degradadas. E em 2018, ano com maior disponibilidade de imagens durante o ano, e uma melhor proporção entre imagens do período seco e chuvoso (9 x 8 imagens), as pastagens apresentaram os quatro níveis de classificação melhor distribuídos em toda área, sendo que as pastagens mais antigas, da época da criação do assentamento, grosso modo, apresentaram maiores níveis de degradação em 2018, e as pastagens mais novas, com pelo menos 11 anos de implantação, localizadas na porção sul do assentamento se mostraram com uma qualidade melhor.

3.2 A realidade das pastagens em campo

Nas visitas de campo, pode se verificar que os próprios assentados têm a percepção de que suas passagens melhoraram (quatro assentamentos) ou pioraram (um assentamento). Da mesma forma, quando os presidentes das associações e/ou moradores antigos identificavam a parcela a ser visitada (com pastagem boa ou ruim), já descreviam o bom ou mau manejo (ou ausência de manejo nos casos ruins), confirmando em linhas gerais os dados gerados em escritório.

A aplicação das políticas públicas nos pareceu um fator determinante para a melhoria das condições das pastagens. Visto que, nos quatro assentamentos visitados onde ocorreu a melhora das pastagens, os créditos iniciais do INCRA (apoio inicial, habitação e fomento) e o crédito produtivo (Pronaf A) foram aplicados logo nos primeiros anos, em até 4 anos após a criação dos assentamentos rurais. Da mesma forma, a abertura de estradas e a instalação de rede elétrica, não tardou.

Já no assentamento Gibão, no nordeste goiano, onde as pastagens pioraram, a aplicação das políticas públicas atrasaram, e somente em 2015 (seis anos após a sua criação), iniciou-se o pagamento do crédito-apoio inicial. Apenas três famílias receberam o Pronaf (A) e atualmente existem somente 20 casas construídas com recursos públicos do INCRA (de um total de 149), sendo que os demais moradores residem na casa sede da antiga propriedade ou em barracos nas suas parcelas. As condições de acesso da estrada de Flores de Goiás até ao assentamento não são boas e existe energia elétrica apenas na casa sede do assentamento.

Um dos fatores que explica, em parte, a “rápida” conquista das políticas públicas nos assentamentos onde a pastagem melhorou, é a organização social dos assentados. Percebeu-se, principalmente nos assentamentos Três Marias, Padre Josimo e Dom Tomás

Balduino, uma boa organização interna da associação, articulada com os sindicatos dos trabalhadores rurais de cada município visitado. Os assentados relataram, por vezes, o apoio e a articulação da associação para conseguir trazer as políticas públicas para o assentamento rural. Mesmo no assentamento Canaã, percebeu-se certa organização interna e um nível de articulação política dos assentados.

Já no assentamento Gibão, nos foi relatado que as pastagens na criação do assentamento eram melhores, mas em seus anos iniciais o representante dos assentados, trabalhava em benefício próprio, arrendando para si, as áreas de pastagem do assentamento (ausência de manejo), impedindo o progresso dos assentados, usando inclusive ameaças para se perpetuar. Essa situação foi resolvida, anos depois, com muito empenho de alguns assentados e com a ajuda dos sindicatos de municípios vizinhos e da Federação dos Trabalhadores na Agricultura do Estado de Goiás - FETAEG.

Nas avaliações da qualidade das pastagens, nas parcelas e nas propriedades do entorno, percebeu-se uma coerência da classificação realizada em escritório (CVP) com a pastagem encontrada em campo. O resultado da análise de acertos do CVP pode ser vista na tabela 5.6

Tabela 5.6 - Análise de acertos do CVP em relação às pastagens encontradas em campo.

ID	Espécie Forrageira	Cobertura Solo Classe	Homog. Classe	Estágio Desenv. Classe	Condição Geral Campo: Integração dos parâmetros + fotos	CVP	Campo x CVP
1	Andropogon	1	1	1	Não Degradada	4	erro
2	Andropogon	2/3	1	2/3	Levemente/Moderadamente Degradada	1	erro
3	Massai	2/3	1	1	Levemente/Moderadamente Degradada	4	erro
4	Andropogon	2/3	2/3	2/3	Fortemente Degradada	4	certo
5	Brachiaria	1	2/3	2/3	Levemente/Moderadamente Degradada	4	erro
6	Andropogon	1	2/3	1	Levemente/Moderadamente Degradada	4	erro
7	Andropogon	1	2/3	4	Levemente/Moderadamente Degradada	2	acerto
8	Andropogon	2/3	4	2/3	Fortemente Degradada	4	acerto
9	Jaraguá	1	1	4	Levemente/Moderadamente Degradada	3	acerto
10	Jaraguá	1	4	4	Fortemente Degradada	1	erro
11	Andropogon	2/3	1	2/3	Fortemente Degradada	4	acerto
12	Jaraguá	1	2/3	4	Levemente/Moderadamente Degradada	3	acerto
13	Brachiaria	1	1	2/3	Não Degradada	1	acerto
14	Andropogon	1	2/3	2/3	Levemente/Moderadamente Degradada	4	erro
15	Brachiaria	2/3	1	2/3	Fortemente Degradada	4	acerto
16	Brachiaria	2/3	1	2/3	Não Degradada	1	acerto
17	Andropogon	4	2/3	1	Fortemente Degradada	4	acerto
18	Brachiaria	1	1	2/3	Não Degradada	2	erro
19	Andropogon	2/3	1	4	Levemente/Moderadamente Degradada	3	acerto

20	Andropogon	1	1	2/3	Levemente/Moderadamente Degradada	3	acerto
21	Brachiaria	1	1	1	Não Degradada	1	acerto
22	Brachiaria	2/3	2/3	1	Levemente/Moderadamente Degradada	1	erro
23	Brachiaria	4	2/3	2/3	Fortemente Degradada	4	acerto
24	Andropogon	1	2/3	2/3	Levemente/Moderadamente Degradada	3	acerto
25	Brachiaria	1	1	1	Não Degradada	1	acerto
26	Brachiaria	1	1	2/3	Não Degradada	1	acerto
27	Brachiaria	2/3	1	1	Não Degradada	1	acerto
28	Brachiaria	4	2/3	1	Fortemente Degradada	4	acerto
29	Brachiaria	4	2/3	2/3	Fortemente Degradada	4	acerto
30	Brachiaria	1	1	2/3	Não Degradada	1	acerto
				Total erros	9	30%	
				Total acertos	21	70%	

Avaliações subjetivas realizadas em campo indicam 70% de acerto, principalmente para detectar pastagens classificadas como fortemente degradadas (especialmente com solo exposto) e não degradadas. Percebemos algumas confusões, principalmente quanto a não classificação de pastagens levemente e moderadamente degradadas, sendo estas classificadas algumas vezes, como não degradadas (quando ocorre cobertura do solo) ou fortemente degradadas (quando ocorre solo exposto, por exemplo com a formação de touceiras), esses resultados corroboram com a pesquisa de Andrade *et al.* (2013), quanto à dificuldade de enquadramento das classes intermediárias de degradação. Alguns exemplos da classificação realizada com a realidade encontrada em campo podem ser vistos na figura 5.7.

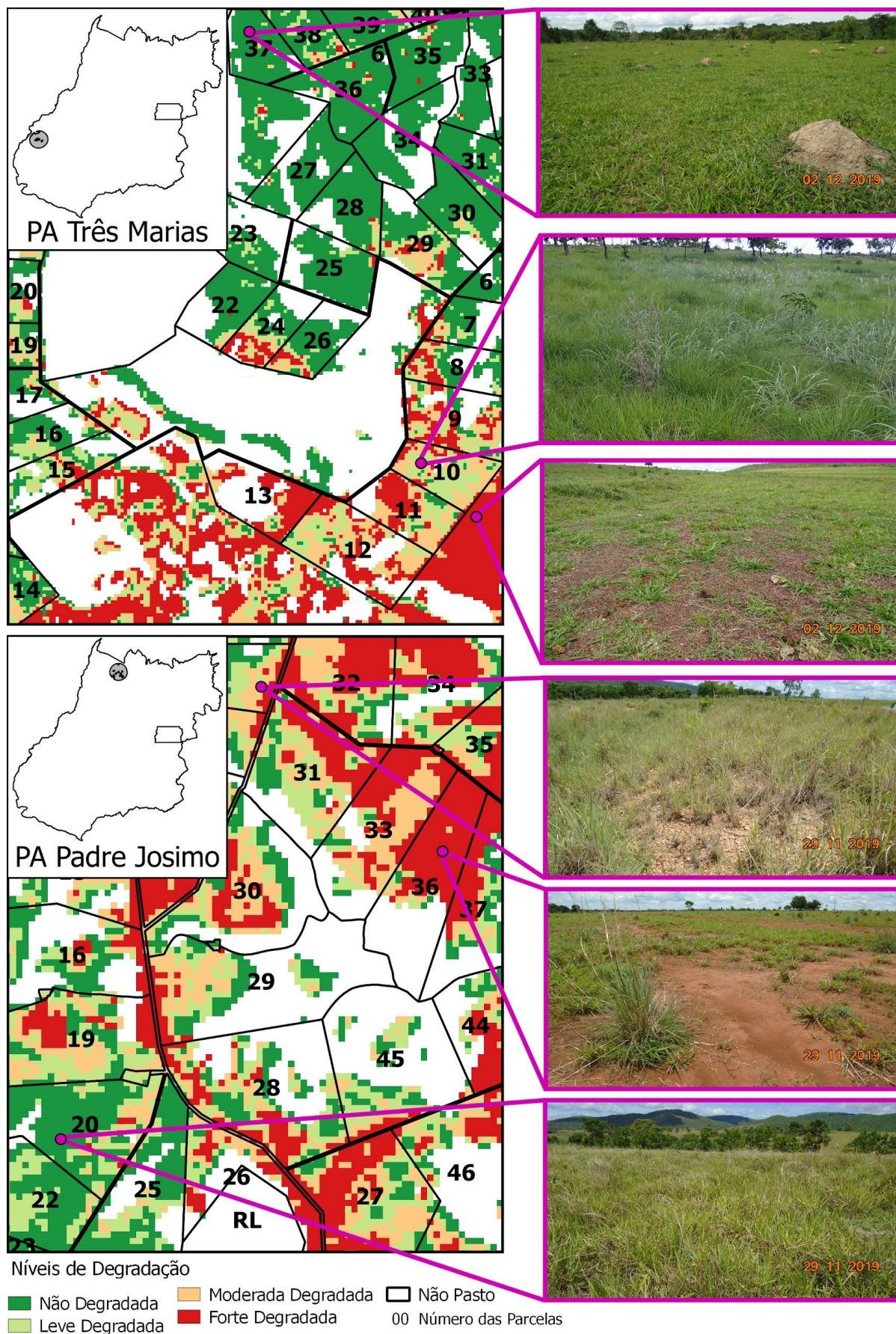


Figura 5.7 - Classificação das pastagens e sua relação com as visitas de campo

3.3 Visão geral dos solos nos assentamento e entornos

Os resultados da ocorrência de tipos de solos com maior e menor potencial para uso agrícola nos assentamentos rurais e seus entornos podem ser visualizados na tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Assentamentos com maior e menor percentual de solos com aptidão para uso agrícola em relação ao seu entorno

Comparação	Área de Estudo	Solos Assentamentos (%)		Solos Entornos (%)	
		Potencial de uso agrícola		Potencial de uso agrícola	
		Alto/bom*	Baixo**	Alto/bom*	Baixo**
Assentamentos com solos de maior potencial agrícola que os entornos	D.T. Balduino	92,3	7,7	58,7	37,8
	Três Marias	86,7	13,3	64,4	24,5
	Palmeiras	67,0	33,0***	42,8	37,9
	Cach. Bonita	59,2	30,9	46,6	37,2
Assentamentos com solos de menor potencial agrícola que os entornos	Chê	71,5	28,5	87,8	6,3
	Pe. Josimo	56,5	43,5	78,3	20,4
	Mata Azul	11,6	88,3	58,8	35,2
	Gibão	6,3	93,7	30,7	61,8
	Canaã	0,0	100,0	4,1	88,5
	São Judas	0,0	100,0	50,7	45,5

* Solos com alto/bom potencial para o uso agrícola considerados: Latossolos e Argissolos

** Solos com baixo potencial para o uso agrícola considerados: Plintossolos e Cambissolos

*** Apenas Neossolo presente neste item

Podemos observar que quatro assentamentos tem um percentual maior de solos com alto/bom potencial para uso agrícola em relação a seus entornos. Por outro lado, seis são os assentamentos com um percentual maior de solos com baixo potencial para uso agrícola, quando comparados com seus entornos. Ressalta-se que dentre os seis assentamentos citados, dois (Gibão e São Judas) pioraram as suas pastagens ao longo do tempo.

As classes de solos aqui consideradas representam 88,8% dos solos presentes em Goiás (Gosch, 2020), ocorrendo também nos assentamentos estudados, à exceção do Palmeiras, onde se encontram apenas Latossolos e Neossolos. É importante ressaltar aqui algumas características dos tipos de solos considerados na análise. Os Latossolos

representam cerca de 51,9% dos solos de Goiás e têm, em geral, boas condições físicas e relevos mais suaves, apresentando alto potencial para o uso agrícola; os Argissolos representam apenas 7,2% dos solos de Goiás e ocorrem geralmente em áreas de relevo ondulado, podendo ocorrer em áreas menos declivosas, apresentam um bom potencial para o uso agrícola. Já os Cambissolos representam 21,7% dos solos de Goiás, sendo pouco desenvolvidos, apresentando ainda as características do material originário (rocha), estando normalmente associados a áreas de relevos muito movimentados (ondulados a montanhosos); e os Plintossolos que representam apenas 8% dos solos de Goiás, são normalmente mal drenados com baixa fertilidade natural e acidez elevada (EMBRAPA, 2020).

4. Discussão

Os resultados mostraram que enquanto as áreas do entorno dos assentamentos aumentaram suas pastagens em 5%, no interior dos mesmos ocorreu um expressivo aumento da ordem de 18%, desde a criação até 2018. Isto demonstra que a criação dos assentamentos rurais alterou o uso do solo e dinamizou os imóveis rurais até então com pouco grau de utilização da terra. Se considerarmos que a pastagem é o principal uso da terra nos assentamentos de Goiás, desde sua criação (Leite *et al.*, 2004; Medina *et al.*, 2016; Gosch *et al.*, 2020), concluiremos que esse expressivo aumento de pastagem nos assentamentos rurais ocorreu pela incorporação de novas áreas de Cerrado ao sistema produtivo, como descrito também por Sparovek (2003).

O forte aumento da quantidade de pastagem na primeira metade de vida dos assentamentos rurais (16%) corrobora com outros estudos que demonstram que, nos primeiros anos da vida dos assentamentos, as famílias se instalam em suas parcelas e iniciam suas atividades produtivas. Nestes anos iniciais, as taxas de desmatamentos são maiores, seguidas de uma estabilidade nos anos subsequentes, e em alguns casos os assentados tiveram a capacidade de melhorar a sua terra e diminuir as taxas de desmatamento (Brandão & Souza, 2006; Batista 2009; Santos *et al.*, 2009; Caldas *et al.*, 2010; Godar *et al.*, 2012).

Além disso, embora os assentamentos tenham, nos anos iniciais, taxas maiores de desmatamento, existem evidências de que eles contribuem proporcionalmente menos para o desmatamento na região onde estão localizados, quando comparado com seus entornos ou regiões próximas, ao longo do tempo, como descrito por Calandino *et al.* (2012); Gosch *et al.* (2017a) e Oliveira *et al.* (2020). Ademais, especificamente em Goiás, a antropização nos assentamentos rurais tende a acompanhar, em grande parte, os processos ocorridos no

municípios e/ou microrregiões onde os mesmos estão inseridos (Gosch *et al.*, 2017b). Fato que corrobora as evidências encontradas por Alencar *et al.* (2016) no bioma amazônia, onde o autor relata que o desmatamento dentro dos assentamentos responde, de forma direta e indireta, não somente às políticas de reforma agrária que incidem sobre os mesmos, mas também à dinâmica socioeconômica e política que ocorre no seu entorno.

Ainda em relação à evolução da quantidade das pastagens, observa-se que o aumento expressivo das mesmas ocorreu nos sete assentamentos onde o percentual de pastagem no início do assentamento era inferior a 40%. Nos três assentamentos onde existia mais de 45% de pastagem na criação, não houve aumento das pastagens. Assim, podemos inferir que nestes três assentamentos a quantidade de pasto existente na sua criação foi suficiente para atender a demanda de produção pecuária das famílias assentadas, dispensando a abertura de novas áreas para formação de pastagem.

Ademais, o assentamento Chê, que manteve sua área de pastagem praticamente inalterada, pode ter sido “influenciado” a acompanhar a tendência do seu entorno que reduziu o quantitativo de pastagem. Vale ressaltar que este assentamento e a região do entorno tem vocação para a agricultura diversificada de pequena escala e possui localização privilegiada, próximo a um grande pólo agrícola (município de Itaberaí - GO) e com fácil acesso à capital de Goiás, Goiânia (Gosch *et al.*, 2017a), o que explicaria a manutenção do percentual de pastagem em torno de 47% e a redução das pastagens do entorno em -6,3%.

A melhora da qualidade das pastagens nos assentamentos rurais parece ter relação com o aumento da quantidade de pastagens após a criação dos mesmos; com a aplicação das políticas públicas da reforma agrária e a organização social dos assentados; e com a qualidade dos solos presente.

Assim, ao observar as figuras 5.3 e 5.4, percebemos que os cinco assentamentos que conseguiram melhorar as pastagens em relação a seus entornos, estão entre os sete assentamentos que aumentaram significativamente as suas áreas de pastagem. A exceção a essa constatação são os assentamentos Palmeiras, que aumentou sua pastagem em 11,6% e não conseguiu melhorar suas pastagens mais que seu entorno, e o assentamento São Judas que, embora tenha aumentado sua área de pastagem em 39,3%, acompanhou a tendência de seu entorno e piorou a qualidade das suas pastagens com um aumento de IDP maior que seu entorno.

A piora das pastagens na região de localização do assentamento São Judas (Noroeste de Goiás) pode ser explicada, em certa medida, pela baixa produtividade de biomassa seca nas pastagens ($\leq 1000 \text{ kg ha}^{-1}$), associada à grande pressão de pastoreio

dessa região, que detinha em 2015 cerca de 23% do rebanho bovino do estado (Ferreira *et al.*, 2020; Veloso *et al.*, 2020). O forte aumento da quantidade de pastagem encontrado no assentamento São Judas e a constatação de que as pastagens mais novas se encontram com uma qualidade melhor (figura 5.6), não foi suficiente para que o São Judas tivesse um desempenho melhor que seu entorno. Tal resultado pode ter relação com a qualidade do solo do assentamento, visto que o mesmo tem um percentual maior de solos com baixo potencial para uso agrícola em relação ao seu entorno (tabela 5.7).

Essa relação da qualidade dos solos com a menor melhora das pastagens nos assentamentos em relação a seus entornos, se configurou também nos assentamentos Padre Josimo, Chê e Gibão que apresentam uma proporção menor de solos com alto potencial para o uso agrícola e uma proporção consideravelmente maior de solos com baixo potencial agrícola, em relação ao seus entornos, conforme tabela 5.7.

Vale ressaltar aqui que estes três assentamentos não aumentaram as áreas de pastagem após a sua criação; e mesmo assim os assentamentos Padre Josimo e Chê conseguiram melhorar suas pastagens. Provavelmente a rápida aplicação das políticas públicas da reforma agrária, nestes dois assentamentos, contribuíram para essa melhora. Nesse sentido, Naase (2010) afirma que frequentemente apenas com intervenção política os assentados conseguem acessar os benefícios da reforma agrária. Reforçando assim a importância da organização social dos assentados para buscar créditos, investimentos públicos em infraestrutura, serviços, educação e formação, estes fatores conjugados teriam o poder de alterar o ambiente institucional do meio rural para que ele deixe de ser assimilado automaticamente ao atraso e ao abandono (Abramovay, 1998; 1999).

Como no caso do assentamento Gibão, com um claro abandono da aplicação das políticas públicas da reforma agrária, devido à frágil organização social existente. Essa situação aliada ao não aumento sua área de pastagens e a presença de uma proporção maior de solos com baixo potencial agrícola em relação ao seus entornos, tornou o Gibão único assentamento aqui analisado, que divergiu da tendência de seu entorno, piorando suas pastagens.

Já os assentamentos Três Marias, Cachoeira Bonita e Dom Tomás Balduino que aumentaram consideravelmente suas áreas de pastagem, receberam a aplicação das políticas públicas da reforma agrária logo nos anos iniciais do assentamento e apresentam solos com um potencial agrícola maior que seus entornos, conseguiram melhorar mais suas pastagens em relação a seus entornos. Da mesma forma, os assentamentos Mata azul e Canaã melhoraram suas pastagens mais que seus entornos, nestes dois assentamentos o expressivo aumento da quantidade de pastagens (39,5% e 35,7% respectivamente), aliado

a “rápida” aplicação das políticas públicas, foi suficiente para suplantar as piores condições de seus solos em relação aos entornos.

Na tabela 5.5, percebe-se que ao juntarmos os oito assentamentos que melhoram as pastagens (representantes de 73% dos assentamentos de Goiás) e os dois assentamentos que pioraram as pastagens (representantes de 27% dos assentamentos de Goiás), a redução total no IDP em -1,26 foi a mesma tanto para os assentamentos quanto para os entornos. Demonstrando que embora existam variações na melhora e piora das pastagens dentro dos assentamentos e seus entornos, em média o conjunto de assentamentos acompanha a tendência do contexto local onde está inserido, corroborando de certo modo, os resultados de Kageyama *et al.* (2010) Calandino *et al.* (2012); Gosch *et al.* (2017a).

A metodologia aqui adotada com o objetivo de homogeneizar os efeitos da sazonalidade nas áreas de pastagens ao longo do ciclo hidrológico, mostrou que precisa de ajustes em função da diferença de disponibilidade de imagens Landsat no *Google Earth Engine* ao longo dos anos. Estes ajustes podem ser realizados com o nivelamento da quantidade de imagens disponíveis, ou seja, no exemplo do assentamento São Judas em 2007 (10 imagens período seco x 5 imagens período chuvoso), os novos cálculos deverão considerar apenas cinco imagens do período seco, igualando a quantidade de imagens dos períodos secos e chuvosos, permitindo uma análise mais assertiva da realidade pregressa.

Mesmo com a necessidade de ajustes, a metodologia se mostrou coerente, com ~70% de acerto entre a classificação realizada em escritório e as pastagens encontradas em campo. Um dos caminhos para se melhorar essa acurácia seria a adequação dos parâmetros estabelecidos no bioma Mata Atlântica por Andrade *et al.* (2013) (tabela 5.1), para a realidade edafoclimática do Cerrado goiano, com a validação destes novos parâmetros em campo.

5. Considerações finais

Esta pesquisa revelou que a criação dos assentamentos dinamizou os imóveis rurais até então com pouco grau de utilização da terra, com um aumento das pastagens na ordem de 18%, ante 5% dos seus entornos. Esse expressivo aumento das pastagens nos assentamentos ocorreu pela incorporação de novas áreas de Cerrado ao sistema produtivo, com um forte aumento da quantidade de pastagem (16%) na primeira metade de vida dos assentamentos rurais, seguido de uma certa estabilidade. Vale aqui a ressalva de que a conversão de novas áreas em pastagem no interior dos assentamentos rurais muitas vezes fazem parte do processo natural de apropriação da área e desenvolvimento dos processos

produtivos permitidos em lei (através de licenciamento ambiental específico) e assegurados aos pequenos agricultores dentro da política pública de reforma agrária.

Em regra os assentamentos rurais acompanharam as tendências de melhora ou piora das pastagens do seu contexto local. Em cinco assentamentos rurais houve uma melhora mais expressiva das pastagens no interior dos mesmos. Os fatores que parecem ter relação com a melhora das pastagens seriam o aumento da quantidade de pastagens após a criação dos mesmos (uso mais intensivo da terra); a aplicação rápida das políticas públicas da reforma agrária, fruto da organização social dos assentados; e a qualidade dos solos presente.

Por fim, verifica-se que a identificação de pastagens degradadas através de dados satelitários não é uma atividade simples e trivial, não estando ainda totalmente resolvida. A metodologia se mostrou coerente, com ~70% de acerto entre escritório e campo. Alguns desafios ainda precisam ser vencidos, como aprofundar o entendimento da resposta espectral das pastagens ao longo do ano, para superar as influências das variações sazonais na percepção de degradação das pastagens; é preciso também realizar uma melhor adequação dos parâmetros de níveis de degradação das pastagens as condições locais de cada bioma e regiões do Brasil; da mesma forma faz-se necessário mais trabalhos de campo a fim de validar os resultados encontrados nas análises através do sensoriamento remoto.

6. Agradecimentos

Este trabalho, parte da iniciativa MapBiomas (<http://mapbiomas.org>), foi apoiado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), Fundação Gordon and Betty Moore, The Nature Conservancy (TNC), Fundação de Apoio a Pesquisa de Goiás (FAPEG) e Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq).

7. Referências

Abramovay, R., 1998/1999. Agricultura familiar e desenvolvimento territorial. **Revista da Associação Brasileira de Reforma Agrária**, v. 28, n.1-3/29. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/ppgdtsa/files/2014/10/Texto-Abramovay-R.-Agricultura-familiar-e-de-senvolvimento-territorial.pdf>> Acesso em: 25 mar. 2021.

Aguiar, D.A., Mello, M.P., Nogueira, S.F., Gonçalves, F.G., Adami, M., Rudorff, B.F.T., 2017. MODIS Time Series to Detect Anthropogenic Interventions and Degradation Processes in Tropical Pasture. **Remote Sensing**, v.9, n.73, p.1-20.

Aguiar J.S.D., 2011. Uso da terra, técnica e territorialidade: os assentamentos de Santana do Livramento/RS. **Dissertação** de Mestrado. POSGEA, UFRGS, Porto Alegre. 255. Disponível em:

<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/32557/000787988.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 27 mar. 2021.

Alencar, A., Nepstad, D., Mcgrath, D., Moutinho, P., Pacheco, P., Diaz, M.D.C.V., Soares-filho, B., 2004. Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (**IPAM**). Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Pablo-Pacheco-6/publication/283091315_Desmatamento_na_Amazonia_indo_alem_da_emergencia_cronica/links/5645ae5b08aef646e6ccfa04/Desmatamento-na-Amazonia-indo-alem-da-emergencia-cronica.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

Alencar, A., Pereira, C., Castro, I., Cardoso, A., Souza, L., Costa, R., Novaes, R. 2016. Desmatamento nos Assentamentos da Amazônia: Histórico, Tendências e Oportunidades (pp. 93). Brasília. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (**IPAM**). Disponível em: <<https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2016/02/Desmatamento-nos-Assentamentos-da-Amaz%C3%B4nia.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2020.

Andrade, R.G., Bolfe, E.L., Victoria, D.D.C., Nogueira, S.F., 2017. Avaliação das condições de pastagens no cerrado brasileiro por meio de geotecnologias. **Embrapa Gado de Leite-Artigo em periódico indexado (ALICE)**.

Andrade, R.G., Rodrigues, C.A.G., Sanches, I.D.A., Torresan, F.E., Quartaroli, C.F., 2013. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, v.21, n.3, p.234-243.

Andrade, R.G., Teixeira, A.D.C., Leivas, J.F., Silva, G.B.S., Nogueira, S.F., Victoria, D.D.C., ... & Bolfe, É.L., 2015. Indicativo de pastagens plantadas em processo de degradação no bioma Cerrado. In **Embrapa Territorial-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. João Pessoa. INPE.

Barni, P.E., Fearnside, P.M., Graça, P.M.L.D.A., 2012. Desmatamento no sul do Estado de Roraima: padrões de distribuição em função de Projetos de Assentamento do INCRA e da distância das principais rodovias BR-174 e BR-210. **Acta Amazonica**. v.42, n.2, p.195-204.

Batista, E.M., 2009. O desmatamento em Projetos de Colonização e Reforma Agrária situados no estado do Amapá, **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 de abril, 2009, INPE, p. 5633-5639.

Bergamasco, S.M.P.P., 1997. A realidade dos assentamentos rurais por detrás dos números. **Estudos Avançados**. v.11 n.31, p.37-49. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0103-40141997000300003>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

Bittencourt, G., Borges de Castilhos, D., Bianchini, V., Correa da Silva, H., Guanziroli, C., 1999. Principais fatores que afetam o desenvolvimento dos assentamentos de reforma agrária no Brasil. **Projeto de cooperação técnica INCRA/FAO**, Brasília, 1999.

Brandão, J.A., Souza J.C., 2006. Deforestation in land reform settlements in the Amazon. State of the Amazon. **IPAM**. Belém, n.7, p.1-4.

Brito, J.L.S., Arantes, A.E., Ferreira, L.G., Sano, E.E., 2018. MODIS estimates of pasture productivity in the Cerrado based on ground and Landsat-8 data extrapolations. **Journal of Applied Remote Sensing**, v.12, n.2.

Calandino, D., Wehrmann, M., Koblitz, R., 2012. Contribuição dos assentamentos rurais no desmatamento da Amazônia: um olhar sobre o estado do Pará, **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba: Editora UFPR, v.26, p.161-170, jul./dez.

Caldas, M., Simmons, C., Walker, R., Perz, S., Aldrich, S., Pereira, R., . . . Arima, E., 2010. Settlement formation and land cover and land use change: A case study in the Brazilian Amazon. **Journal of Latin American Geography**, v.9, p.125-144. doi:10.1353/lag.0.0066

EMATER, 2016. Classes de solos dos municípios Goianos. **Distribuição dos solos de Goiás**. Responsável técnico Eng.º Agr.º Márcio de Jesus Guimarães Resende. Disponível em: <<http://www2.sieg.go.gov.br/post/ver/226836/mapeamento-desolos-1:250.000>>. Acesso em: 13 set. 2018.

EMBRAPA, 2020. **Solos**. Ageitec. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_11_2212200611540.html>. Acesso em: 19 de mar. de 2020.

Ferreira, G.C.V., Miziara, F., Vázquez-González, I., Mar Pérez-Fra, M., Couto, V.R.M., 2020. Distribución Espacial y Productiva de la Ganadería Bovina: El Caso de Goiás-Brasil. **Tecnia**, v.5, n.1, p.74-101.

Fonseca, E.L., Locatelli, M., 2018. NDVI aplicado na detecção de degradação de pastagens cultivadas. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie / Revista franco-brasileira de geografia*, n.35.

Galdino, S., Sano, E.E., Andrade, R.G., Grego, C.R., Nogueira, S.F., Bragantini, C., Flosi, A.H., 2016. Large-scale modeling of soil erosion with RUSLE for conservationist planning of degraded cultivated Brazilian pastures. **Land degradation & development**, v.7, n.3, p.773-784.

Gao, Q., Li, Y.E., Wan, Y., Lin, E., Xiong, W., Jiangcun, W., Wang, B., Li, W., 2006. Grassland degradation in Northern Tibet based on remote sensing data. **Journal of Geographical Sciences**, v.16, n.2, p.165-173.

Godar, J., Tizado E.J., Pokorny, B., 2012. Who is responsible for deforestation in the Amazon? A spatially explicit analysis along the Transamazon Highway in Brazil, **Forest Ecology and Management**, p.58-73.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v.202, p.18-27.

Gosch, M.S., Ferreira, M.E., Medina, G.D.S., 2017a. The role of the rural settlements in the Brazilian savanna deforesting process. **Journal of Land Use Science**, v.12, n.1, p.55-70.

Gosch, M.S., Ferreira, M.E., Barbosa Neto, M.A., 2017b. A antropização dos assentamentos rurais nas microrregiões do estado de Goiás, bioma Cerrado. **Revista Espaço e Geografia**, v.20, n.1.

Gosch, M.S., 2020. A criação dos assentamentos rurais no Brasil e seus desafios: algumas considerações sobre o Cerrado goiano. **RP3 - Revista de Pesquisa em Políticas Públicas**. Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/rp3/article/view/34177>>. Acesso em: 17 mar. 2021.

Gosch, M.S., Parente, L.L., Ferreira, N.C., Oliveira, A. R., Ferreira, L.G., 2020. Pastagens degradadas, uma herança dos imóveis rurais desapropriados para os assentamentos rurais do Cerrado goiano. **Campo-território: revista de geografia agrária**, v.15, n.35, p.202-229.

Gosch, M.S., Parente, L.L., Santos, C.O., Mesquita V.V., Ferreira, L.G., 2021. Landsat-based assessment of the quantitative and qualitative dynamics of the pasture areas in rural settlements in the Cerrado biome, Brazil. **Applied Geography**. No prelo.

INCRA, 2020. Números da Reforma Agrária. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/pt/reforma-agraria.html>>. Acesso em: 7 mar. 2020.

Kageyama, A., Bergamasco, S.M.P., Oliveira, J.A., 2010. Caracterização dos estabelecimentos de assentados no Censo Agropecuário de 2006. **Retratos de Assentamentos**, v.13, n.1, p.31-74.

Leite, S., 2000. Impactos regionais da reforma agrária no Brasil: aspectos políticos, econômicos e sociais. **Reforma agrária e desenvolvimento sustentável**. Brasília: Paralelo, 21. ISBN: 85-86315-32-X. Disponível em: <<http://econometrix.com.br/pdf/53612a1af7df0310cc387841741ba6bde04a64ae.pdf#page=37>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

Leite, S., Heredia, B., Medeiros, L., Palmeira, M., Cintrão, R., 2004. Impacto dos assentamentos: um estudo sobre o meio rural brasileiro. Brasília: **IICA/NEAD**; São Paulo: Editora: UNESP, 392p.

Li, Z., Huffman, T., Mcconkey, B., Townley-smith, L., 2013. Monitoring and modeling spatial and temporal patterns of grassland dynamics using time-series MODIS NDVI with climate and stocking data. **Remote Sensing of Environment**, v.138, p.232-244.

Ludewigs, T., D'antona, A.O., Brondízio, E.S., 2009. Agrarian Structure and Land-cover Change Along the Lifespan of Three Colonization Areas in the Brazilian Amazon. **World Development**, v.37, n.8, p.1348-1359.

Macedo, M.R.A., Darnet, L.A.F., Thalês, M.C., Pocard-chapuis, R., 2013. Configuração espacial do desflorestamento em fronteira agrícola na Amazônia: um estudo de caso na região de São Félix do Xingu, estado do Pará, **Revista NERA**, n.22, p.96-111.

Medina, G.D.S., Almeida, C., Novaes, E., Godar, J., Pokorny, B., 2015. Development conditions for family farming: lessons from Brazil. **World Dev.** v.74, p.386–396. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.05.023>.

Medina, G.D.S., Camargo, R., Silvestre, W., 2016. Retratos da Agricultura Familiar em Goiás: Relevância, Sistemas de Produção e Alternativas Para Sua Consolidação. In: Medina, G. (Org.). **Agricultura Familiar em Goiás: lições para o assessoramento técnico**, p.15-39. 3.Ed. Ver. E ampl. Goiânia, Editora UFG, 285 pp.

Medina, G.D.S., Gosch, M.S., DelGrossi, M.E., 2021. Development pathways for family farmers: Lessons from Brazil on the need for targeted structural reforms as a means to address regional heterogeneity. **Geoforum**, v.118, p.14-22.

NAASE, K.M., 2010. Recursos naturais, espaço social e estratégias de vida em assentamentos da reforma agrária na Amazônia brasileira (Sudeste Paraense). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Cienc. Hum.** v.5, n.1, p.79-102.

Numata, I., Roberts, D.A., Chadwick, O.A., Schimel, J., Sampaio, F.R., Leonidas, F.C., Soares, J.V., 2007. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v.109, p.314-327.

Oliveira, V.T., Hora, K.E.R., Ferreira, N.C., 2020. Conflitos ambientais em sub-bacias hidrográficas com assentamentos de reforma agrária em Goiás. **RP3 - Revista de Pesquisa em Políticas Públicas**. Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/rp3/article/view/34171>>. Acesso em: 27 mar. 2021.

Pereira, L.F., Ferreira, C.F.C., Guimarães, R.M.F., 2018. Manejo, qualidade e dinâmica da degradação de pastagens na Mata Atlântica de Minas Gerais-Brasil. **Nativa**, Sinop, v.6, n.4, p.370-379.

Pereira, O., Ferreira, L., Pinto, F., Baumgarten, L., 2018. Assessing pasture degradation in the Brazilian Cerrado based on the analysis of MODIS NDVI time-series. **Remote Sensing**, v.10, p.1761.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **Symposium of Significant Results Obtained with ERTS-1**, 3., Greenbelt, Maryland. Proceedings... Washington: NASA SP-351. p.309-317.

Roy, D.P., Wulder, M.A., Loveland, T.R., Woodcock, C.E., Allen, R.G., Anderson, M.C., ... Zhu, Z., 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. **Remote sensing of Environment**, v.145, p.154-172.

Santos, J.P., Steagall, E., Veronese, M., Machado, O.D.B. 2009. Análise multitemporal do desmatamento no assentamento Vale Verde, Gurupi – TO através do uso de imagens do sensor CCD do satélite CBERS 2. p.2163-2168. Natal: **Anais XIV simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**.

Sparovek, G.A. 2003. Qualidade dos assentamentos da reforma agrária brasileira. **Páginas & Letras**. Editora e Gráfica, v.1, 204p.

Sparovek, G., Alberto G.O., Barretto, P., Maule, R.F., Martins, P.S., 2005. Análise territorial da produção nos assentamentos. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário: **NEAD**. Disponível em: <<http://frentedagastronomiamineira.org/livros/analise-territorial-da-producao-nos-assentamentos.pdf>>, acesso em 20 de abril de 2020.

Xu, D., Guo, X., 2014. Compare NDVI extracted from Landsat 8 imagery with that from Landsat 7 imagery. **American Journal of Remote Sensing**, v.2, n.2, p.10-14.

Veloso, G.A., Ferreira, M.E., Ferreira Júnior, L.G., Silva, B.B., 2020. Modelling gross primary productivity in tropical savanna pasturelands for livestock intensification in Brazil. **Remote Sensing Applications: Society And Environment**, v.17, p.100288-8.

Wang, G., Fu, M., Xiao, Q., Wang, Z., 2009. Monitoring Desertification around Huoilinguole Using Multi-temporal Remotely Sensed Imagery. In: **The Sixth International Symposium on Digital Earth**, Beijing, China.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A identificação de pastagens degradadas através de dados satelitários ainda é uma questão não totalmente resolvida um dos principais desafios a ser vencido é a discriminação dos níveis de degradação das pastagens. A metodologia proposta por Gao *et al.* (2006) e a adaptação às condições brasileiras por Andrade *et al.* (2013), contempla esse desafio e busca estratificar os níveis de degradação das pastagens. Ao utilizar essa metodologia, percebe-se que a mesma foi capaz de retratar os dados encontrados nos documentos oficiais da União, retratado no apêndice A desta tese, e se constituiu, de certa forma, numa aproximação da realidade encontrada nos assentamentos rurais e seus entornos, confirmada através das visitas de campo, conforme apêndice C.

A adaptação metodológica realizada no apêndice A, com a utilização do NDVI anual, além de homogeneizar o efeito da sazonalidade nas pastagens, foi fundamental para comparar as áreas de pastagens avaliadas pelo INCRA, em diferentes épocas do ano, nos 102 imóveis rurais estudados. Já no apêndice B, com o conhecimento metodológico mais consolidado, e com o desafio de realizar o comparativo da qualidade das pastagens em dois períodos distintos, aprofundou-se as adaptações metodológicas com a implementação dos parâmetros de entrada $NDVI_{\min/\max}$ (1%menor/1%maior) no cálculo da Cobertura Vegetal da Pastagem - CVP. Da mesma forma, considerou-se como universo de análise todos os pixels das áreas de pastagem nos dois períodos estudados. Assim calculou-se a Cobertura Vegetal da Pastagem no “espaço/tempo”, permitindo comparar todos os pixels de pastagem no espaço (413 assentamentos rurais) e no tempo (30 anos diferentes).

O caminho metodológico indicado no apêndice C desta tese, se constitui num aprimoramento da metodologia até aqui executada, e permite realizar uma comparação mais assertiva entre diferentes períodos de análise. A constatação da diferença da quantidade de imagens Landsat disponíveis entre os anos não inviabiliza os resultados encontrados em campo, visto a similaridade da classificação realizada em escritório com a pastagem encontrada em campo. Nem tampouco, refuta os resultados do apêndice B desta tese, considerando que a desproporção das imagens entre o período seco e chuvoso independe da disponibilidade das imagens.

Essas adaptações realizadas trouxeram mais robustez à metodologia utilizada e permitiram uma melhor avaliação das pastagens ao longo do tempo. Em trabalhos futuros, em outras regiões do Cerrado ou mesmo em outros biomas do Brasil, faz-se necessário realizar adaptação tal qual realizado por Andrade *et al.* (2013) e Pereira *et al.* (2018) ao adaptarem as classe de nível de degradação de pastagem, de acordo com as condições edafoclimáticas do local estudado, assim para cada região/bioma do país há que se

adequar as faixas de percentual de cobertura vegetal da pastagem - CVP, que irão compor cada classe de degradação das pastagens.

Os resultados alcançados na pesquisa e as discussões realizadas, nos permitem afirmar que, de modo geral, a criação de assentamentos rurais teve um efeito positivo no uso do solo das áreas de pastagem analisadas. Isto demonstra, em certa medida, a assertividade da política de reforma agrária, que mesmo com seus percalços e contradições, foi capaz de regular em inúmeros casos, o cumprimento da função social da propriedade rural, alterando o regime de posse de grandes propriedades, com exploração econômica/produtiva ineficiente, que foram consideradas improdutivas, algumas inclusive utilizando apenas pastagens nativas para a produção pecuária. Assim, as desapropriações por interesse social para fins de reforma agrária nas áreas do Cerrado goiano, destinaram em sua maioria, imóveis rurais subutilizados e com pastagens degradadas, às famílias assentadas.

A caracterização da precária condição produtiva das pastagens nos imóveis rurais desapropriados, ocorreu tanto no apêndice A (no momento de avaliação dos imóveis rurais pelo INCRA), quanto nos apêndices B e C desta tese (no ano de criação dos assentamentos rurais). Embora o universo de análise dos três apêndices tenha sido diferente, os resultados demonstram coerência, visto que no ano de avaliação dos imóveis rurais, verificou-se que 75% das pastagens tinham algum grau de degradação. Já no ano de criação dos assentamentos rurais (apêndices B e C) verificou-se que 87% das pastagens estavam com algum grau de degradação. Se considerarmos que o hiato temporal entre a avaliação das pastagens nos imóveis rurais e a efetiva criação dos assentamentos rurais, é em média de dois anos e meio, e que o proprietário do imóvel avaliado, provavelmente, não terá mais interesse em investir em um imóvel rural que será desapropriado pelo INCRA; e que muitas vezes os proprietários acabam arrendando ou superlotando as áreas de pastagem a fim de retirar o máximo de retorno econômico antes de terem suas fazendas desapropriadas; veremos que os resultados encontrados de piora do percentual de pastagens degradadas, entre os dois momentos avaliados, é factível.

Tal cenário mostra a necessidade de melhorar os critérios para desapropriação de novos imóveis rurais, a fim de não adquirir passivos ambientais e repassá-los às famílias assentadas. Um dos desafios enfrentados pelos assentados da reforma agrária em Goiás é, portanto, recuperar as áreas de pastagens degradadas, adquiridas pelo INCRA. Os resultados mostram que esse desafio foi alcançado por grande parte dos assentamentos rurais, onde 73% destes conseguiram melhorar suas pastagens, de acordo com a variação do IDP (apêndice B); sendo que em 30% dos assentamentos a variação do IDP foi superior a 0,5 (meio), indicando uma razoável melhora das pastagens; e em outros 30% a variação do IDP foi superior a 1 (um), indicando uma melhora substancial das pastagens.

Além da melhora da qualidade das pastagens, os assentados aumentaram o quantitativo de área produtiva de pastagem após a criação dos assentamentos rurais em 11%, no apêndice B, e em 18% no apêndice C. O aumento das pastagens em apenas 5% nos entornos dos assentamentos no apêndice C, demonstra como a criação dos assentamentos rurais altera o uso do solo e pode dinamizar os imóveis rurais até então com pouco grau de utilização da terra. Neste sentido, a implantação de pastagens de boa qualidade é essencial para evitar que ela se degrade ao longo do tempo. Políticas públicas como o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC) teriam a oportunidade de prevenir a degradação de pastagens com investimentos prévios (para formação de pastagens de boa qualidade) nos assentamentos rurais recém criados, que em regra, irão aumentar suas áreas de pastagens.

Alguns fatores se mostraram importantes na recuperação das pastagens degradadas pelos assentados, como a idade do assentamento, as condições naturais (relevo, solo e precipitação pluviométrica), a localização geográfica, e o aumento da quantidade de pastagens (pastagens mais novas). Assim, os assentamentos rurais mais antigos tiveram maior sucesso na melhoria das suas pastagens. Resultado compreensível, visto que após alguns anos (cinco anos) os assentamentos, em regra, já tiveram acesso às diversas políticas públicas proporcionadas pela reforma agrária e a organização social dos assentados, o que possibilita uma certa estabilidade financeira dos assentados e permite aos mesmos realizarem investimentos produtivos em suas parcelas.

A localização geográfica, vista no apêndice B, se mostrou fundamental para a recuperação das pastagens. Nas mesorregiões Centro e Sul do estado, mais desenvolvidas economicamente e com melhores condições naturais de solo, ocorreu uma concentração de assentamentos rurais com melhora das condições das pastagens. Já nas mesorregiões Norte e Leste de Goiás (especialmente no nordeste goiano), que tem pouca aptidão agrícola, baixa precipitação pluviométrica anual e precários índices de desenvolvimento socioeconômico, ocorreu uma concentração de assentamentos que pioraram suas pastagens após a criação dos mesmos.

Ao que tudo indica, a execução da política de reforma agrária no Cerrado goiano trouxe mais benefícios ambientais do que impactos negativos. A criação dos assentamentos rurais proporcionou um aumento de ~120 mil ha de pastagem, indicando que os assentados intensificaram o uso da terra e converteram novas áreas de Cerrado em pastagem. Processo esse que traz sim impacto nos remanescentes de Cerrado, mas que muitas vezes fazem parte do processo natural de apropriação das áreas, até então subutilizadas, e do desenvolvimento dos processos produtivos, permitidos em lei.

Por outro lado, em regra, viu-se que os assentados tendem a respeitar as áreas de reserva legal, o que permitiu uma redução média de 22% nas áreas de pastagem no interior

das reservas legais dos assentamentos rurais analisados (apêndice B), processo este também descrito por Gosch *et al.* (2017). Outro aspecto importante foi descrito por Oliveira *et al.* (2020), que demonstrou que as Áreas de Preservação Permanente (APP) no interior dos assentamentos rurais de Goiás estão mais preservadas que nas propriedades particulares. Nesse sentido, a criação de assentamentos rurais institui áreas destinada à proteção ambiental, que estão sob o domínio da União, situação descrita por Maywald & Júnior (2013), onde as APPs e as reservas legais dos assentamentos investigados corresponderam a 167% da área total ocupada pelos Parques e Reservas do município de Uberlândia (MG), oferecendo uma valiosa contribuição para a conservação biológica no município, ao aumentar significativamente a área destinada à proteção ambiental. Ademais, a própria recuperação das pastagem degradada pelos assentados, reduz a degradação do solo, aumenta a matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, o que contribui para o armazenamento de água e carbono orgânico no solo, reduzindo assim as emissões de gases de efeito estufa (GEEs); além de reduzir pressões sobre desmatamento de novas áreas de Cerrado, para a formação de pastagens.

Os resultados encontrados no apêndice C demonstram que, em regra, os assentamentos rurais acompanharam as tendências de melhora ou piora das pastagens do seu contexto local mas com uma melhora mais expressiva no interior dos assentamentos, corroborando de certa forma os resultados de Kageyama *et al.* (2010); Calandino *et al.* (2012); Gosch *et al.* (2017a). Assim, os assentamentos rurais da reforma agrária não podem ser considerados “ilhas” isoladas da realidade local, mas parte integrante das unidades produtivas rurais.

Por fim, viu-se neste estudo que, em regra, os trabalhadores rurais assentados de Goiás conquistam suas terras com pastagens predominantemente degradadas e as melhoram com o passar dos anos. Pode-se identificar também as regiões prioritárias do estado de Goiás, para uma atuação efetiva das instituições públicas, a fim de promover ações concretas de incentivo para reformar ou recuperar as pastagens degradadas nos assentamentos rurais. O que possibilitará a geração de trabalho e renda e a promoção social dos assentados da reforma agrária.