

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE CASCAVEL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**MAPEAMENTO DE ÁREA E DE UNIDADES DE ARMAZENAMENTO DE GRÃOS NO  
ALTO PARANÁ NO PARAGUAI**

**SERGIO MANUEL CHAMORRO DÍAZ**

**CASCAVEL – PR  
2023**

**SERGIO MANUEL CHAMORRO DÍAZ**

**MAPEAMENTO DE ÁREA E DE UNIDADES DE ARMAZENAMENTO DE GRÃOS NO  
ALTO PARANÁ NO PARAGUAI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais, com a temática Geoprocessamento, Estatística Espacial e Agricultura de Precisão.

Orientador: Dr. Jerry Adriani Johann  
Coorientador: Dr. Miguel Angel Uribe-Opazo

**CASCADEL – PR**

**2023**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.<sup>1</sup>

Chamorro Diaz, Sergio Manuel

MAPEAMENTO DE ÁREA E DE UNIDADES DE ARMAZENAMENTO DE GRÃOS NO ALTO PARANÁ NO PARAGUAI / Sergio Manuel Chamorro Diaz; orientador Jerry Adriani Johann; coorientador Miguel Angel Uribe-Opazo. -- Cascavel, 2023. 73 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2023.

1. Sensoriamento remoto . 2. Mapeamento. 3. Unidades de Armazenamento. 4. Capacidade de armazenamento estática e dinâmica. I. Johann, Jerry Adriani, orient. II. Uribe-Opazo, Miguel Angel , coorient. III. Título.

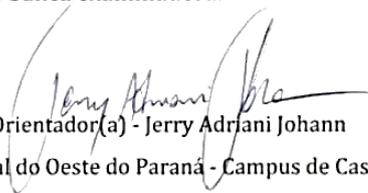
---

<sup>1</sup> Revisão de língua portuguesa, normas e língua inglesa feita por Silvana de Araújo Vaillões em 15 de maio de 2023.

## **SERGIO MANUEL CHAMORRO DÍAZ**

### **MAPEAMENTO DE ÁREA E DE UNIDADES DE ARMAZENAMENTO DE GRÃOS NO ALTO PARANÁ NO PARAGUAI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais, linha de pesquisa Geoprocessamento, Estatística Espacial e Agricultura de Precisão, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



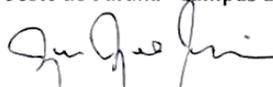
Orientador(a) - Jerry Adriani Johann

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Luciana Pagliosa Carvalho Guedes

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Juan José Bonnín Acosta

Universidade Nacional de Asunción (UNA)

Cascavel, 10 de fevereiro de 2023.

## **BIOGRAFIA RESUMIDA**

Paraguaio, nasceu na cidade de Asunción – Paraguai, em 1993. Formou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidad Nacional de Asunción - Facultad de Ciencias Agrárias (UNA-FCA) em 2015. Atua como professor técnico na UNA-FCA desde 2016. É aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, nível de Mestrado, na área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais, linha de pesquisa Geoprocessamento, Estatística Espacial e Agricultura de Precisão.

DÍAZ, Sergio Manuel Chamorro. **Mapeamento de área e de unidades de armazenamento de grãos no Alto Paraná do Paraguai**. Orientador: Jerry Adriani Johann. 2023. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2023.

## **MAPEAMENTO DE ÁREA E DE UNIDADES DE ARMAZENAMENTO DE GRÃOS NO ALTO PARANÁ NO PARAGUAI**

### **RESUMO**

Uma maneira eficiente de localizar áreas cultivadas é por meio de ferramentas de sensoriamento remoto. Da mesma forma, é possível localizar as unidades de armazenamento (UAs) disponíveis nas áreas de produção de maneira rápida e sem a necessidade de georreferenciamento em campo. No entanto, essa ferramenta tem suas limitações para calcular a capacidade estática de armazenamento (CEA) e a capacidade dinâmica de armazenamento (CDA) necessária para o estudo de UAs. O objetivo geral deste trabalho foi mapear, por meio de imagens de satélite, a área de produção agrícola (soja e milho), geolocalizar a distribuição de unidades de armazenamento (UAs) estimando sua capacidade de armazenamento estática (CEA) e dinâmica (CDA), no Departamento de Alto Paraná, no Paraguai, e, por fim, identificar as regiões com áreas sem cobertura de armazenamento para fins de instalação de novas UAs que atendam à produção do Departamento. A área de estudo deste experimento foi o departamento de Alto Paraná Paraguai, localizado entre os paralelos 24 ° 30 'e 26 ° 15' de latitude sul, e os meridianos 54 ° 20 'e 55 ° 20' de longitude oeste. Foi considerada a plataforma Google Earth Engine (GEE), utilizando as imagens multiespectrais do Sentinel-2 e SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) para a safra 2019/20. Para a localização das unidades de armazenamento, foi utilizado o software QGIS, com imagens de satélite Google Hybrid, ERSI e Bing. Para silos verticais, foi necessário conhecer a altura (h) para cada UA. Para isso, foi realizada uma modelagem matemática utilizando dados de CEA, altura e diâmetro de algumas UAs que foram medidas em campo. No entanto, como eram poucos dados coletados, também foram utilizados os catálogos das marcas de silos que são construídas no Paraguai (marcas como Kepler Weber, Comil, GSI, Cash and Carry e Consilos). Para o cálculo da Capacidade Dinâmica de Armazenamento (CDA), foi utilizado o fator de rotação de 1,5 do CEA por UAs. Finalmente, para identificar as áreas sem cobertura de armazenamento e definir possíveis regiões de instalação de novas UAs, foi necessário utilizar mapas de produção em formato raster, juntamente com as informações de localização das UAs com as respectivas informações sobre a CEA. Com essas informações, foi possível determinar novos locais no Departamento em que há déficit de UAs, mas existem áreas agrícolas. A geração de mapas de cultivos agrícolas no estado do Alto Paraná, com a plataforma Google Earth Engine, utilizando as imagens Sentinel-2, permitiu a identificação da área plantada, bem como a estimativa da produção para os 22 municípios dentro do Departamento. Destaca-se que esses dados não ficam disponíveis nas páginas do governo dedicadas ao monitoramento do setor agrícola. Foi possível identificar 688.683 ha de soja e 118.893 ha de milho no total em todo o Departamento. Os municípios com maior área plantada foram Itakyry, para soja, Yguazu, para milho, verão e Minga Porá, para milho inverno, para safra 2019/20. Foi possível a geolocalização das 187 UAs no Departamento, bem como a estimativa do CEA e CDA, totalizando mais de 2,6 milhões de toneladas e mais de 3,8 milhões de toneladas distribuídas pelo departamento. Esses valores também foram calculados para os 22 municípios que compõem o Departamento. Essa diferenciação por município é extremamente importante, pois não existem valores divulgados por instituições governamentais sobre o assunto para os diferentes municípios. Também, foram encontradas áreas com produção agrícola, mas sem a presença de UAs (áreas não contempladas). Sendo assim, são locais potenciais para a instalação de novas UAs, principalmente em Itakyry que

teve produção estimada em mais de 300 mil toneladas nesse ano safra, porém, com CEA de apenas 49 mil toneladas, mostrando uma clara deficiência de UAs.

**PALAVRAS-CHAVES:** Google Earth Engine. Sentinel-2. SRTM. Modelagem estatística. Áreas sem cobertura de armazenamento.

DÍAZ, Sergio Manuel Chamorro. **Mapping the area and grain storage units in Alto Paraná, Paraguay**. Advisor: Jerry Adriani Johann. 2023. 68 p. Dissertation (Master's Degree in Agricultural Engineering) – Western Paraná State University, Cascavel, 2023.

## **MAPPING THE AREA AND GRAIN STORAGE UNITS IN ALTO PARANÁ, PARAGUAY**

### **ABSTRACT**

An efficient way to locate cultivated areas is through remote sensing tools. Similarly, locating available storage units (SUs) in production areas quickly and without the need for georeferencing in the field is possible. However, this tool has limitations in calculating the static storage capacity (SSC) and dynamic storage capacity (DSC) required to study SUs. The general objective of this work was to map by satellite images the agricultural production area (soybean and corn), geolocate the distribution of storage units (SUs), estimate their static storage capacity (SSC) and dynamic storage capacity (DSC) in the Department of Alto Paraná, in Paraguay, and, finally, identify the regions with areas without storage coverage to install new SUs to meet the production of the Department. The study area for this experiment was the Department of Alto Paraná, located between the parallels 24 ° 30 'and 26 ° 15' south latitude and the meridians 54 ° 20 'and 55 ° 20' west longitude. The Google Earth Engine (GEE) platform was considered, using Sentinel-2 and SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) multispectral images for the 2019/20 crop. For the location of the storage units, QGIS software was used, with Google Hybrid, ERSI, and Bing satellite images. For vertical silos, it was necessary to know each SU's height (h). For this, mathematical modeling was performed using SSC, height and diameter data for some SUs measured in the field. However, since there was little data collected, the catalogs of the brands of silos that are built in Paraguay (brands such as Kepler Weber, Comil, GSI, Cash and Carry, and Consilos) were also used. To calculate the Dynamic Storage Capacity (DSC), the rotation factor of 1.5 of the SSC per SUs was used. Finally, to identify the areas without storage coverage and to define possible regions for installing new SUs, it was necessary to use production maps in raster format, together with the location information of the SUs with their respective information on the SSC. With this information, it was possible to determine new locations in the Department with a deficit of SUs, but agricultural areas exist. The generation of maps of agricultural crops in Alto Paraná, with the Google Earth Engine (GEE) platform, using Sentinel-2 images, allowed the identification of the planted area and the estimation of production for the 22 municipalities within the Department. Notably, this data is not available on government websites dedicated to monitoring the agricultural sector. It was possible to identify 688,683 ha of soybeans and 118,893 ha of corn throughout the Department. The municipalities with the largest planted area were Itakyry for soybeans, Yguazu, for summer corn, and Minga Porá, for winter corn for the 2019/20 crop. It was possible to geolocate the 187 SUs in the Department and the SSC and DSC estimates, totaling over 2.6 million tons and over 3.8 million tons distributed across the Department. These figures were also calculated for the 22 municipalities that make up the Department. This differentiation by the municipality is crucial because government institutions publish no figures on the subject for the different municipalities. Also, areas with agricultural production were found but without SUs (areas not included). Thus, they are potential sites for installing new SUs, especially in Itakyry, which had an estimated production of more than 300 thousand tons in this harvest year but with an SSC of only 49 thousand tons, showing an evident deficiency of SUs.

**KEYWORDS:** Google Earth Engine. Sentinel-2. SRTM. Statistical modeling. Areas without storage coverage

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2.OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1. Objetivo Geral .....	15
2.2. Objetivos Específicos.....	15
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
3.1. Produção de grãos do Paraguai .....	16
3.1.1. Calendário agrícola, área e produção de soja no Paraguai.....	17
3.1.2. Calendário agrícola, área e produção de milho no Paraguai .....	19
3.2. Armazenamento de grãos.....	21
3.2.1. Classificação de UAs de acordo com as características de armazenagem .....	22
3.2.2 Classificação de UAs de acordo com a localização .....	23
3.2.3. Classificação de UAs de acordo com a forma da estrutura de armazenagem .....	23
3.2.3.1. Silos horizontais .....	24
3.2.3.2. Silos verticais.....	25
3.2.3.2.1. Vantagens e inconvenientes dos silos verticais .....	27
3.2.4. Volume das unidades de armazenamento .....	28
3.3. Armazenamento de grãos no Paraguai.....	29
3.4. Sensoriamento remoto .....	30
3.4.1. Sentinel 2 .....	31
3.4.2. Plataforma Google Earth Engine (GEE) .....	32
3.4.3. Segmentação de imagem.....	33
3.5. Mapeamento de culturas Agrícolas .....	34
<b>4. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>37</b>
<b>5. METODOLOGIA GERAL</b> .....	<b>42</b>
<b>6. ARTIGOS</b> .....	<b>44</b>
6.1 ARTIGO 1 - MAPEAMENTO DE SOJA E MILHO COM IMAGENS DE SATÉLITE NO DEPARTAMENTO DE ALTO PARANÁ NO PARAGUAI.....	44
6.1.1 INTRODUÇÃO .....	45
6.1.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	47
6.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	50

6.1.3.1 Mapeamento de soja .....	50
6.1.3.2 Mapeamento de milho .....	52
6.1.4 CONCLUSÕES.....	55
6.1.5. REFERÊNCIAS.....	55
<b>6.2. ARTIGO 2 – SENSORIAMENTO REMOTO NA ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO ESTÁTICA E DINÂMICA DAS UNIDADES DE ARMAZENAMENTO EM ALTO PARANÁ, PARAGUAI.....</b>	<b>58</b>
6.2.1. INTRODUÇÃO .....	59
6.2.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	61
6.2.2.1 Geolocalização das Unidades Armazenadoras (UAs) e determinação das Capacidades de Armazenamento Estática (CEA) e Dinâmica (CDA) dos Silos .....	61
6.2.2.2 Mapeamento de cultivos de soja e milho e suas produções .....	62
6.2.2.3 Estudo da cobertura de armazenamento espacial das Unidades de Armazenamento....	64
6.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	65
6.2.3.1 Geolocalização das Unidades Armazenadoras (UAs).....	65
6.2.3.2 Determinação das Capacidades de Armazenamento Estática (CEA) e Dinâmica (CDA) dos Silos .....	66
6.2.3.3 Identificação de regiões para novas instalações de UAs .....	67
6.2.4 CONCLUSÕES.....	70
6.2.5. REFERÊNCIAS.....	71
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>73</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Fórmulas matemáticas para calcular o volume das unidades de armazenamento	29
Tabela 2 Comprimentos de onda e resolução espacial das bandas espectrais dos satélites.....	31
Tabela 3 Recomendações de épocas de semeadura e colheita de soja e milho para o departamento de Alto Paraná .....	49
Tabela 4 Área e produção de soja por municípios do Departamento do Alto Paraná, safra 2019/2020 .....	51
Tabela 5 Área e produção de milho verão por municípios do Departamento do Alto Paraná, safra 2019/2020.....	53
Tabela 6 Área e produção do milho inverno por municípios do Departamento do Alto Paraná, safra 2019/2020.....	55
Tabela 7 Densidade aparente de produtos agrícolas para armazenamento de grãos.....	62
Tabela 8 Quantidade de Unidades Armazenadoras (UAs), Capacidade de Armazenamento Estática (CEA) e Dinâmica (CDA) para os municípios do departamento de Alto Paraná, Paraguai, safra 2019/2020.....	67
Tabela 9 Produção total (soja e milho) e sua diferença com a Capacidade de Armazenamento Estática (CEA) e Dinâmica (CDA) para os municípios do departamento de Alto Paraná, Paraguai, safra 2019/2020 .....	69

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Regiões do Paraguai.....	16
Figura 2 Área semeada com soja no Paraguai.....	18
Figura 3 Produção de Soja no Paraguai.....	19
Figura 4 Área semeada com milho no Paraguai.....	20
Figura 5 Produção de milho no Paraguai .....	21
Figura 6 Armazéns com fundo plano (a) e fundo em “V” (b).....	25
Figura 7 Silos de concreto .....	26
Figura 8 Bateria de silos metálicos.....	27
Figura 9 Distribuição das UAs no Paraguai.....	30
Figura 10 Ambiente de trabalho GEE (Code Editor) e código para obter imagens do Sentinel-2.....	33
Figura 11 Algoritmos de segmentação, SLIC (a) e SNIC (B).....	34
Figura 12 Área de estudo, localização do departamento de Alto Paraná e seus 22 municípios no Paraguai.....	42
Figura 13 Fluxograma das etapas seguidas para obter os resultados.....	43
Figura 14 Fluxograma de etapas para o mapeamento dos cultivos de soja e milho.....	48
Figura 15 Biblioteca GEE com exemplos de scripts disponíveis e interface para criação e edição de scripts .....	49
Figura 16 Mapeamento da soja no Departamento do Alto Paraná, safra 2019/2020.....	51
Figura 17 Mapeamento do milho verão no Departamento do Alto Paraná safra 2019/2020	52
Figura 18 Mapeamento do milho de inverno no Departamento do Alto Paraná, safra 2019/2020 .....	54
Figura 19 Fluxograma de etapas para a geolocalização e medição do diâmetro dos silos..	61
Figura 20 Mapeamento da soja (a), milho inverno (b) e milho verão (c) no Departamento do Alto Paraná, safra 2019/2020.....	63
Figura 21 Mapeamento total da superfície e produção no Departamento do Alto Paraná, safra 2019/2020 .....	64
Figura 22 Geolocalização das UAs do departamento Alto Paraná, Paraguai .....	65
Figura 23 Gráfico de dispersão e regressão linear simples da altura e diâmetro dos silos, obtidos a campo e de catálogos de fabricantes.....	66
Figura 24 Comparação dos dados obtidos nos principais municípios produtivos .....	68
Figura 25 Mapeamento das áreas descobertas de UAs, de acordo com a produção total de grãos e a CEA.....	70

## 1. INTRODUÇÃO

A criação de mapas a partir de tecnologias de sensoriamento remoto está se tornando uma ferramenta essencial para o setor agrícola devido à sua rapidez e fácil acesso às informações necessárias (imagens de satélite). Essa tecnologia surge como uma ferramenta para monitorar a dinâmica de ocupação para rápida execução e aquisição de dados, ao menor custo associado ao processo em comparação aos métodos de observação *in situ* (FORMAGGIO e SANCHES, 2017; BECKER *et al.*, 2019).

No Paraguai, o estudo das áreas agrícolas é realizado por instituições governamentais, como o Ministério da Agricultura e Gandéria (MAG), pelo Instituto Paraguai de Tecnologia Agrária (IPTA) e também por empresas privadas, como a Câmara Paraguai de Exportadores e Comercializadores de Cereais e Oleaginosas (CAPECO). Essas instituições dedicam-se a realizar censos de área plantada, produtividade e produção de diversos itens agrícolas sem o uso de ferramentas de sensoriamento remoto. Da mesma forma, os estudos das unidades de armazenamento realizados pelos CAPECO não estão publicamente disponíveis e são de difícil acesso junto à CAPECO.

Como a agricultura é um setor chave da economia do Paraguai, pois representa 30% do Produto Interno Bruto (PIB) e 40% das exportações, é evidente que os riscos agrícolas têm repercussões no crescimento da economia (e suas exportações), nas finanças públicas e no desempenho das cadeias de valor. O Paraguai perde cerca de US \$ 237 milhões anuais em média, ou seja 5,4% do PBI, devido a riscos de produção que poderiam ser administrados nas principais cadeias agrícolas. As atividades mais afetadas são o fornecimento de insumos, como maquinário, armazenamento e transporte (BANCO MUNDIAL, 2020).

As culturas no Paraguai com mais destaque são soja, milho e trigo com áreas de semeadura e produção, respectivamente, de 3.631.000 ha (11.024.460 ton), 1.100.00 ha (5.834.593 ton) e 480.800 ha (1.302.870 ton). Atualmente, o departamento de Alto Paraná destaca-se por ter a maior produção e produtividade de grãos do país (MAG, 2020), com uma área de 14.895 km<sup>2</sup> que representa 3,66% do total do país (406.752 km<sup>2</sup>). Sua economia, que contribui com 15% do PIB do país, é baseada principalmente na agricultura e foi o maior produtor de soja, milho e trigo do País na safra 2019/2020. Segundo o MAG (2016) e MAG (2020), somente no Alto Paraná, entre as safras 2015/2016 e 2019/2020, a produção de soja, milho e trigo aumentou, respectivamente, em 591.444 ton, 207.147 ton e 150.676 ton.

Uma forma eficiente de localizar áreas cultivadas é por meio de ferramentas de sensoriamento remoto (PALUDO *et al.*, 2020). Da mesma forma, é possível localizar as unidades de armazenamento (UA) disponíveis nas áreas de produção de forma rápida e sem a necessidade de georreferenciamento de campo. O Paraguai não possui mapas que descrevam com precisão a localização das principais culturas extensivas de grãos em escala

nacional, o que é um pré-requisito para muitas aplicações. Por exemplo, para a estimativa da área semeada, produtividade e produção agrícola, é necessário haver informações georreferenciadas; a obtenção de uma distribuição espacial das culturas permitiria estratificar a área para amostragem de campo e otimizar os recursos dos programas de estimativa da área semeada, bem como o rendimento de cada safra, reduzindo o erro de um país e de cada região (BERNARDI *et al.*, 2014; BECKER *et al.*, 2019).

Essa produção de grãos precisa ser armazenada após sua colheita, até que seja utilizada no mercado interno ou exportada. Dessa forma, a capacidade instalada de armazéns de grãos deveria minimamente suprimir essa produção. No entanto, atualmente, o Paraguai não tem informação da disponibilidade de unidades de armazenamento de grãos. Sendo assim, conhecer onde estão localizadas e quanto é a capacidade de armazenamento das unidades de armazenamento já instaladas é uma grande necessidade para o Agronegócio. Isso também se justifica, pois será possível identificar as regiões em que são necessárias mais unidades de armazenamento de grãos, ou seja, com um mapa da localização das unidades de armazenamento, será possível identificar a existência ou não de um déficit na capacidade de armazenamento de grãos no Paraguai (AZEVEDO *et al.*, 2008; BRANDÃO *et al.*, 2018).

A demanda por armazenamento depende: 1) da magnitude da produção e se é necessário armazená-la; se a produção for uniforme, ao longo do tempo, ela é consumida e não é necessário armazená-la; 2) a existência de transporte desde a zona produtora até ao mercado permite uma rápida mobilização do produto e reduz a necessidade de armazenamento; 3) alto consumo na área produtora demanda mais produção, diminui o excesso temporário de oferta e, portanto, armazenamento (GARCÍA-SALAZAR *et al.*, 2000).

Portanto, a existência de infraestrutura de armazenamento suficiente é importante porque a segurança alimentar só pode ser obtida com uma rede de infraestrutura de armazenamento e uma rede de vias de comunicação para acesso a todas as regiões produtoras e consumidoras agrícolas do País. Os armazéns devem ser suficientes, espaçosos e adequados, além de permitir a disponibilidade, acesso, salubridade e inocuidade de forma estável e sustentável.

Segundo o Banco de Desarrollo de América Latina (2016), a capacidade instalada de armazenamento de grãos no Paraguai foi estimada em cerca de 9 milhões de toneladas naquele ano. Porém, para o mesmo ano, MAG (2016) publicou que apenas a produção de soja foi superior a 10 milhões de toneladas, detectando, assim, um déficit considerável desde aquele ano.

## **2.OBJETIVOS**

### 2.1. Objetivo Geral

- Mapear a área e produção das principais culturas agrícolas e a distribuição de unidades de armazenamento (UAs) no Departamento de Alto Paraná, no Paraguai.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Mapear a área, por meio de imagens de satélite, das principais culturas agrícolas de verão (soja e milho) e de inverno (milho).
- Geolocalizar e estimar a capacidade de armazenamento estática (CAE) e dinâmica (CAD) das UAs.
- Identificar regiões do Alto Paraná com áreas sem cobertura de armazenamento para fins de instalação de novas UAs que atendam à produção do Departamento.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Produção de grãos do Paraguai

O Paraguai é um país mediterrâneo no centro da América do Sul, localizado na bacia do Río de La Plata, que forma um importante sistema hídrico com os rios Paraguai e Paraná. O rio Paraguai divide o território nacional em duas regiões: a Região Leste, que ocupa quase 40% do território, e a Região Oeste (ou Chaco), que ocupa aproximadamente 60% do território (Figura 1). O déficit hídrico é importante porque o relevo do Chaco é plano e carente de encostas, o que não permite que os rios formem um leito, portanto, quando termina a estação das chuvas, esses cursos de água secam (FAO, 2017).

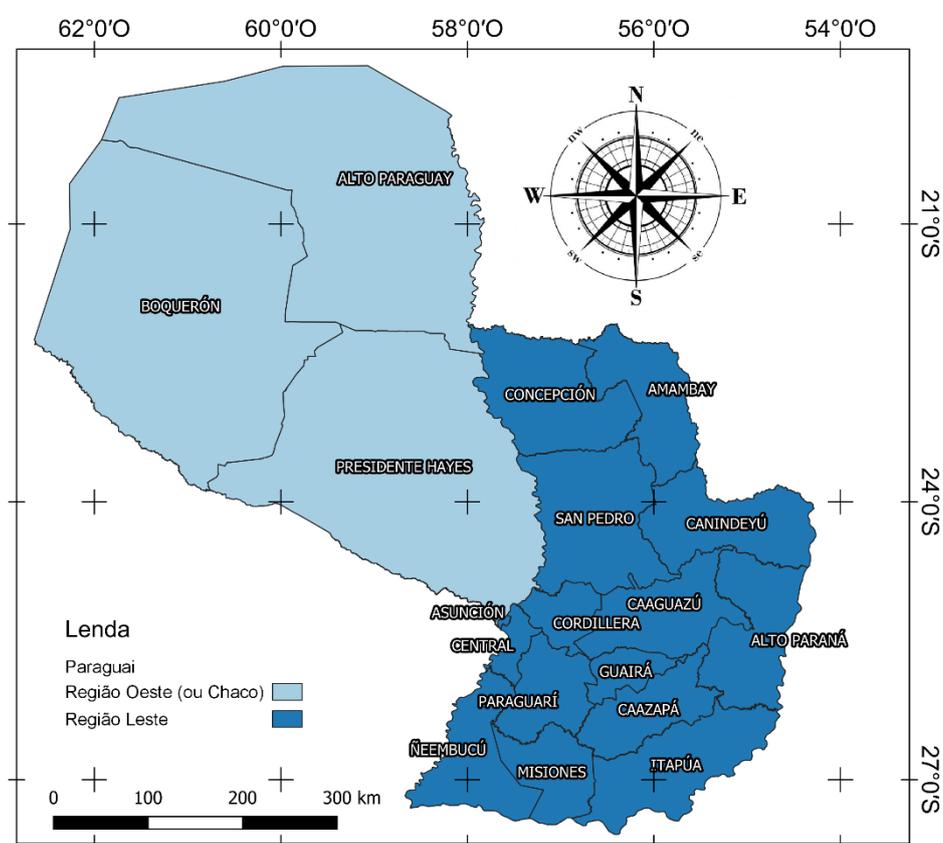


Figura 1 Regiões do Paraguai  
Fonte: Adaptado do INE (2012)

Segundo dados do Banco Mundial (2013), o setor agrícola contribui com 30,4% do produto interno bruto (PIB) do país, dividido em 22,2% na agricultura, 6,6% na pecuária, 1,5% na silvicultura e 0,1% na pesca; e representa 40% das exportações nacionais e mais de 40% da força de trabalho do país. A maior parte da produção agrícola está centrada no cultivo de soja, milho e trigo, que representam 76% do valor bruto da produção total da agricultura no

Paraguai. Essa produção é quase toda localizada na região leste do país, já que a região oeste ou Chaco (também classificada como região árida) não tem condições adequadas para a agricultura, como consequência do tipo de solo muito arenoso, presença de sal no solo, escassez de água e baixa precipitação média anual (400 mm a 1200 mm).

De acordo com o MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería), no total, essas três culturas possuem uma área de 5.211.800 ha (3.631.000 ha para soja, 1.100.000 ha para milho e 480.800 ha para trigo) e uma produção total de 18.161.923 toneladas (11.024.460 toneladas para soja, 5.834.593 toneladas para o milho e 1.302.870 toneladas para o trigo) correspondentes à safra 2019/2020 (MAG, 2020).

### **3.1.1. Calendário agrícola, área e produção de soja no Paraguai**

Para a produção de soja no Paraguai, o Instituto Paraguai de Tecnologia Agrária (IPTA) recomenda a época de semeadura entre os meses de setembro e outubro (semeadura pontual) para variedades semiprecoces; mas, para variedades precoces, a época de semeadura pode ser estendida até novembro (semeadura tardia). A colheita da soja normalmente começa no mês de janeiro e pode se estender até março; isso depende do ciclo da cultura (semiprecoce ou precoce) do mês da semeadura (IPTA, 2019).

De acordo com o MAG, a área da safra 2015/2016 de soja foi de 3.370.000 ha, dos quais apenas 5.103 ha foram registrados na região oeste (3.364.897 ha na região leste). A Diretoria de Censos e Estatísticas Agropecuárias do MAG divulgou que os departamentos (Estado) de Alto Paraná, Canindeyu e Itapúa tiveram área semeada em maio, para a mesma safra; 923.418 ha estão no departamento de Alto Paraná (27,4% de do total), 648.297 ha em Canindeyu (19,23% do total), 601.735 ha em Itapúa (17,85%) e o restante está distribuído nos demais departamentos, conforme mostra a Figura 2 (MAG, 2016).

Em comparação, a área total de semeadura de soja na safra 2019/2020 foi de 3.631.000 ha, 261.000 ha a mais que na safra 2015/2016, dos quais apenas 30.000 ha estão na região Oeste e o restante na região Leste (3.601.000 ha). Mais uma vez, os departamentos de Alto Paraná, Itapúa e Canindeyu tiveram maior área semeada, 950.000 ha para Alto Paraná o que equivale a cerca de 26,16% do total (26.582 ha a mais que na safra 2015/2016), 740.000 ha para Itapúa, cerca de 20,38% (138.265 ha mais que na safra 2015/2016), 660.000 ha para Canindeyu, o que corresponde a cerca de 18,17% (11.703 ha mais que na safra 2015/2016) e o restante é distribuído nos demais departamentos (Figura 2) (MAG, 2020).

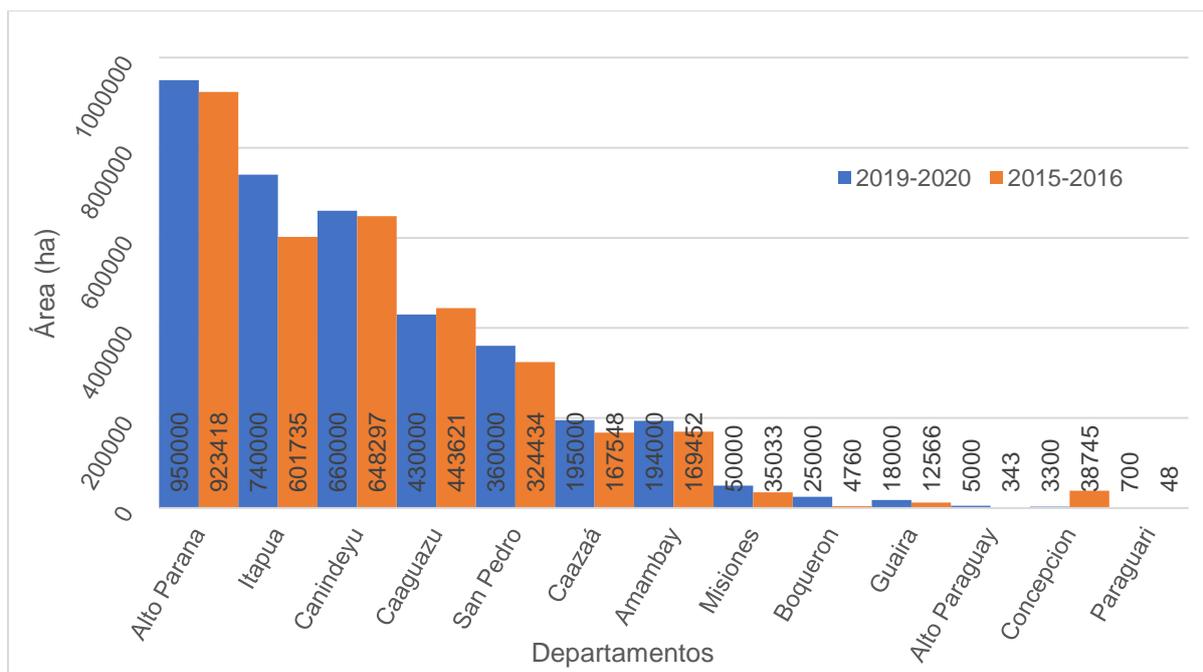


Figura 2 Área semeada com soja no Paraguai  
 Fonte: Adaptado de MAG (2016) e MAG (2020).

Segundo o MAG, a produção da safra 2015/2016 foi de 9.163.030 toneladas, sendo 510.088 toneladas para a região oeste e 9.154.269 toneladas para a região leste. Os departamentos com maior produção foram Alto Paraná, Itapúa e Canindeyu, respectivamente, com 2.367.556 toneladas (25,84%), 1.797.588 toneladas (19,62%), 1.648.464 toneladas (18%) e o restante nos demais departamentos (Figura 3) (MAG, 2016).

Em comparação, a produção total da safra 2019/2020 foi de 11.024.460 toneladas, sendo 57.500 toneladas para a região oeste e 10.966.960 toneladas para a região leste. Novamente, as maiores produções foram nos departamentos de Alto Paraná (2.959.000 toneladas – 26,84), com cerca de 591.444 toneladas a mais que na safra 2015/2016; Itapúa com 2.176.600 toneladas (19,74%), sendo 379.012 toneladas a mais que a safra 2015/2016, e Canindeyu (2.176.200 toneladas – 19,73%), com 527.736 toneladas a mais que a safra 2015/2016, sendo o restante distribuído nos outros departamentos (Figura 3) (MAG, 2020).

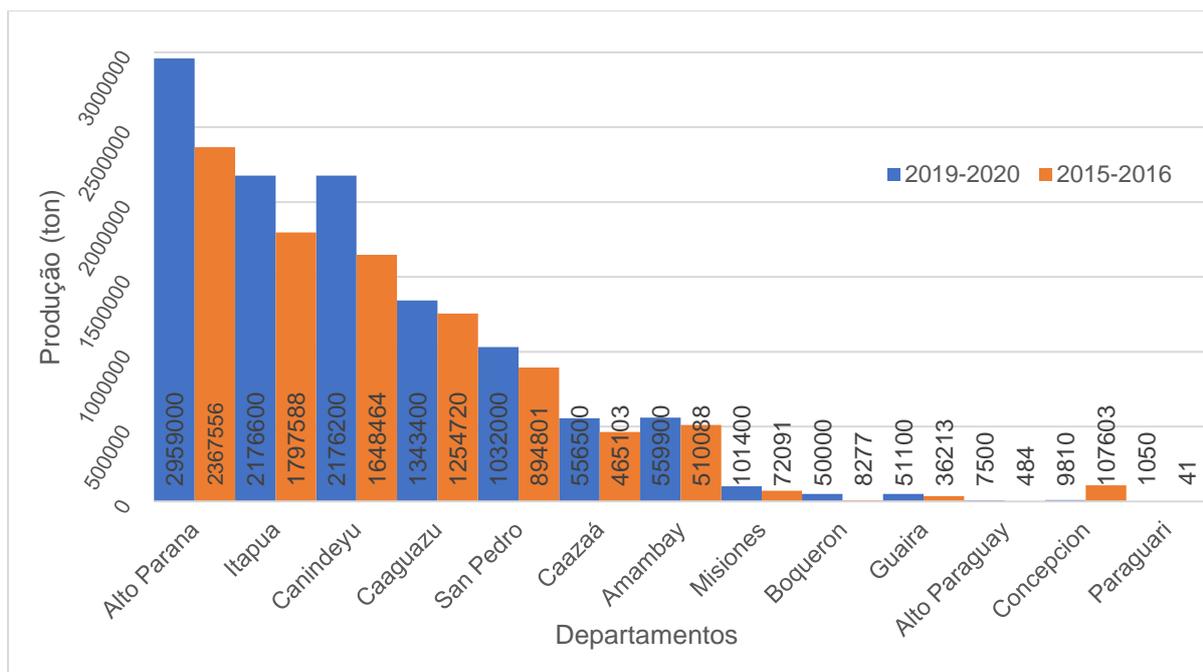


Figura 3 Produção de Soja no Paraguai  
Fonte: Adaptado de MAG (2016) e MAG (2020).

### 3.1.2. Calendário agrícola, área e produção de milho no Paraguai

Segundo o IPTA (2019), o milho tem uma época de semeadura muito diferente para as diferentes variedades; para alguns, recomenda-se fazer apenas uma safra iniciando com a semeadura em julho e uma colheita em janeiro. Para os outros, recomendam-se duas safras: a 1ª safra em fevereiro e, em outubro, para a 2ª safra, com épocas de colheita que dependem do ciclo de maturação da variedade de milho.

Segundo o MAG, a área com milho na safra 2015/2016 foi de 959,601 ha, sendo 399 ha para a região oeste e 959,601 ha para a região leste. Os departamentos com maior produção foram Alto Paraná, Canindeyu e Caaguazú, respectivamente, com 275,368 ha (28.7%), 221,305 ha (23.06%), 149558 ha (15.58%) e o restante nos demais departamentos (Figura 4) (MAG, 2016).

Em comparação, a área total de semeadura de milho na safra 2019/2020 foi de 1,100,000 ha, 140,399 ha a mais que na safra 2015/2016, dos quais apenas 450 ha estão na região Oeste e o restante na região Leste. (1,099,550 ha). Novamente, as áreas maiores foram nos departamentos de Alto Paraná (300,000 há – 27,27%), com cerca de 18,695 ha a mais que na safra 2015/2016; Canindeyu, com 240,000 ha (21.81%), sendo 18,695 a mais que na safra 2015/2016; e Caaguazú (160,000 ha – 14.54%), com 10,442 ha a mais que na safra 2015/2016, sendo que o restante é distribuído nos outros departamentos (Figura 4) (MAG, 2020).

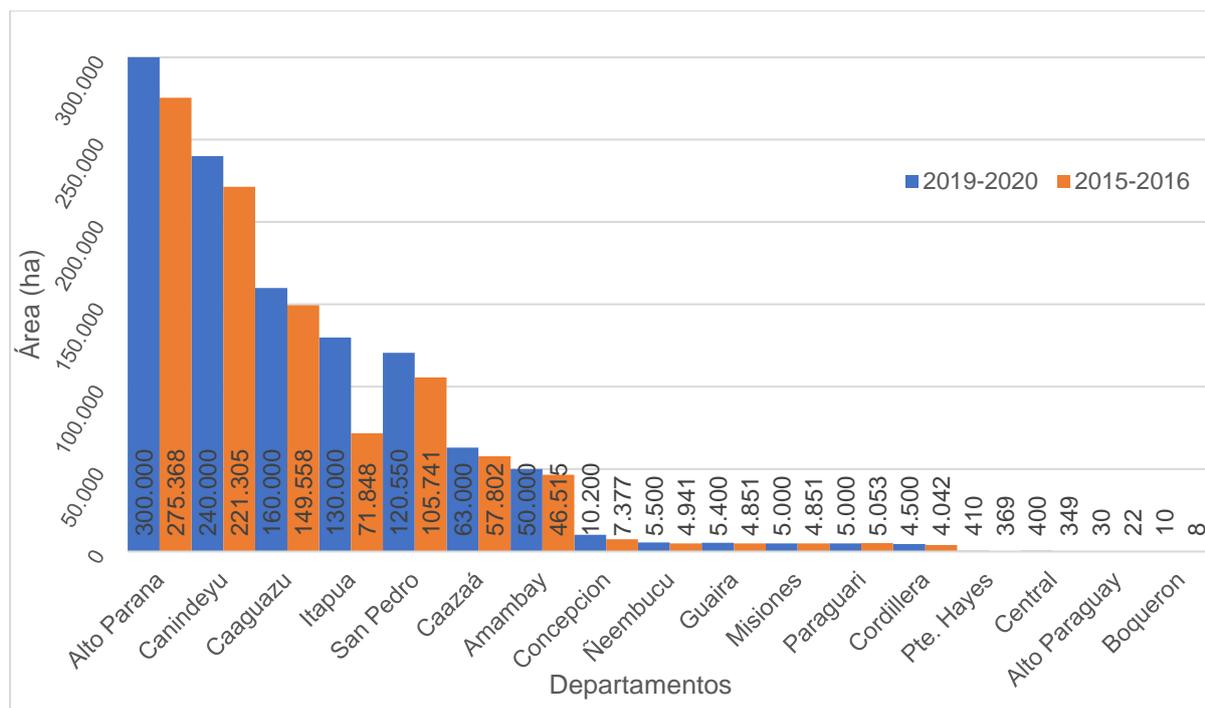


Figura 4 Área semeada com milho no Paraguai  
Fonte: Adaptado de MAG (2016) e MAG (2020).

De acordo com o MAG, a produção de milho na safra 2015/2016 foi de 5,152,320 toneladas, sendo 10.860 toneladas para a região oeste e 5.150.460 toneladas para a região leste. Os departamentos com maior produção foram Alto Paraná, Canindeyu e Caaguazú, respectivamente com 1.562.853 toneladas (30,33%), 1.179.606 toneladas (22,9%), 827.532 toneladas (16,06%), e o restante nos demais departamentos (Figura 5) (MAG, 2016).

Em comparação, a produção total de milho na safra 2019/2020 foi de 5.834.593 toneladas, sendo 1.978 toneladas para a região oeste e 5.832.615 toneladas para a região leste. Novamente, as maiores produções foram nos departamentos de Alto Paraná (1.770.000 toneladas – 30,33%), com cerca de 207.147 toneladas a mais que na safra 2015/2016; Canindeyu com 1.224.000 toneladas (20,98%), sendo 44.394 toneladas a mais que na safra 2015/2016; Caaguazú (832.000 toneladas – 14,26%) com 4.468 toneladas a mais que na safra 2015/2016), e o restante nos outros departamentos (Figura 5) (MAG, 2020).

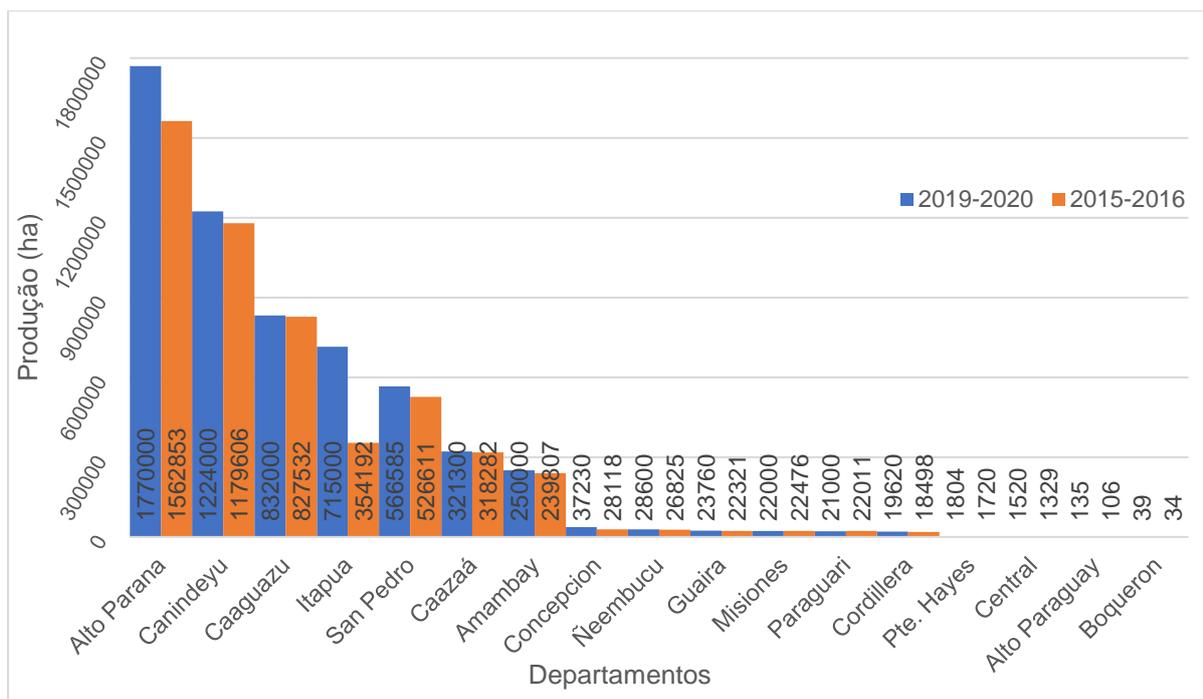


Figura 5 Produção de milho no Paraguai  
 Fonte: Adaptado de MAG (2016) e MAG (2020).

### 3.2. Armazenamento de grãos

A armazenagem tem o objetivo de proteger e dar segurança aos produtos. Além disso, a armazenagem pode fazer parte do processo de produção. Algumas decisões típicas relacionadas à armazenagem de produtos são: a determinação do espaço de armazenagem, o layout do armazém e projetos de docas, a configuração do armazém, a disposição dos produtos no estoque de acordo com o tipo de produto, tipo de cliente ou rotatividade (MORABITO e IANNONI, 2007).

Armazenar é guardar e conservar o produto, diminuindo ao máximo as perdas, utilizando-se, da melhor maneira possível, das técnicas existentes. A armazenagem é uma das operações pelas quais os grãos passam na sua cadeia produtiva, a qual tem início na escolha da área e da cultivar a ser plantada até chegar ao consumidor final (LORELINI *et al.*, 2002).

As unidades armazenadoras (UAs) devem possuir estrutura adequada às suas finalidades, de maneira que devem ser localizadas e dimensionadas de acordo com as características de operação, estabelecendo um fluxo lógico de atendimento ao escoamento da safra, com manutenção da qualidade dos grãos, até que esses produtos cheguem ao consumo humano, animal ou industrial (AZEVEDO *et al.*, 2008). Segundo Biage *et al.* (2002), existem funções intrínsecas e extrínsecas que estão ligadas diretamente à armazenagem de grãos.

Os mesmos autores mencionam que, entre as funções extrínsecas, está a capacidade estática de armazenamento (CEA) e capacidade dinâmica de armazenamento (CDA); a CEA é o volume de grãos que podem ser armazenados na unidade de armazenamento (em toneladas) e a CDA refere-se à quantidade de grãos que entram e saem de uma unidade de armazenamento durante um período de um ano (em toneladas por ano). Segundo a FAO (*Food and Agriculture Organization*), a capacidade estática de armazenamento (CEA) de um país deve ser 1,2 vezes sua produção agrícola anual.

Para que se tenha um excelente armazenamento de grãos, é necessária uma organização em todas as suas etapas, desde a escolha do local correto e adequado, planejando o manuseio e limpeza correspondentes dos grãos, bem como o local onde é feito o armazenamento. Em alguns casos, os agricultores conseguem aperfeiçoar ou fazer melhorias nos ambientes destinados ao armazenamento de grãos; isso vai desde a limpeza até a realização de reparos no local onde armazenam sua produção de grãos (BALDEON e CASTRO, 2017).

Em países emergentes, a armazenagem de grãos tem sido objeto de constantes estudos; uma das prioridades dos países não desenvolvidos deve ser a redução de desperdício devido a silos inapropriados, limpeza em instalações mal feitas, secagem imprópria, transporte inadequado, dentre outros fatores relacionados à armazenagem de grãos (MLAMBO *et al.*, 2017).

### **3.2.1. Classificação de UAs de acordo com as características de armazenagem**

A armazenagem dos grãos pode ser feita de duas formas: a granel (sem embalagem) ou acondicionada em volumes (sacarias). A armazenagem a granel (silos) são células individualizadas, construídas de chapas metálicas, de concreto ou alvenaria. Geralmente, possuem forma cilíndrica, podendo ou não ser equipadas com sistema de aeração. Essas células apresentam condições necessárias à preservação da qualidade do produto, durante alguns períodos de armazenagem (SILVA *et al.*, 2000).

Segundo o mesmo autor, a armazenagem de grãos é por sacarias (galpões ou depósitos); são unidades armazenadoras adaptadas de construções projetadas para outras finalidades; por isso, não apresentam características técnicas necessárias à armazenagem segura e são utilizadas, em caráter de emergência, durante períodos curtos. Esses depósitos recebem a denominação de paiol, quando construídos por ripas de madeira, espaçado entre si, o que favorece muito a aeração natural do produto.

Segundo Mesquita *et al.* (2007), o armazenamento graneleiro apresenta-se diretamente como concorrente dos armazéns convencionais. Surgiu em meados de 1960, com a implantação das lavouras extensivas, como uma solução econômica para a

granelização, a partir de armazéns convencionais com transporte mecanizado de carga e descarga. Inicialmente, não apresentava controle de temperatura e aeração, armazenando somente grãos limpos e secos novos ou oriundos de outros silos. Atualmente, sistemas de termometria são implantados nessas estruturas, de modo a manter os grãos em condições adequadas de temperatura e umidade por tempos mais prolongados, evitando perdas e tendo maior controle sobre pragas.

Armazenamento em silos ou em armazéns equipados com sistemas eficientes para manutenção da qualidade dos grãos, como recursos de termometria, são as formas mais empregadas por cooperativas, agroindústrias e grandes produtores. Se bem dimensionados e manejados corretamente, esses sistemas podem ser empregados também por médios e pequenos produtores (ELIAS, 2003).

### 3.2.2 Classificação de UAs de acordo com a localização

Segundo Weber (2001), as unidades armazenadoras (UAs) podem ser classificadas quanto à sua localização, como produtor, coletoras, subterminais e terminais.

Na situação de Produtor, elas se encontram localizadas nas empresas agrícolas ou pessoas físicas, junto às fazendas, e servem, geralmente, a um único proprietário, sendo, portanto, de pequeno porte.

As UAs coletoras encontram-se a uma distância média das propriedades rurais e servem a vários produtores. São de médio ou grande porte; por exemplo, podemos mencionar as cooperativas.

Os subterminais são UAs que armazenam produtos de origem das fazendas ou das unidades coletoras. Localizam-se em pontos estratégicos do sistema viário, em locais atendidos pelo sistema ferroviário, sempre que possível, do hidroviário que apresenta enormes vantagens aos produtores, consumidores e ao complexo exportador, em função da diminuição dos custos de transporte. Essa redução não se deve apenas em relação aos valores do transporte, mas a todo o sistema, especialmente na expansão e conservação das rodovias.

E, finalmente, os terminais são UAs localizadas junto aos grandes centros consumidores, de onde o produto sai para o consumo imediato. Também, são assim denominadas as encontradas junto aos portos para a exportação de grãos.

### 3.2.3. Classificação de UAs de acordo com a forma da estrutura de armazenagem

Brandjes (2016) indica que existe uma grande diversidade de métodos e tipos de armazenamento; normalmente, existem quatro tipos de armazenamento de grãos, que são

almoxarifado, silo de placas, silo de sacos e empíricos (em áreas rurais sem infraestrutura). Outra classificação básica que pode ser utilizada é a mencionada por Fernandez (2015), em que se estabelecem dois tipos de UAs, que são horizontais e verticais, sendo as últimas comumente conhecidas como silos verticais ou simplesmente silos.

### **3.2.3.1. Silos horizontais**

Os silos horizontais são estruturas caracterizadas pela dimensão horizontal que permitem o armazenamento de produtos à granel; em algumas regiões, essas unidades são chamadas de armazéns graneleiro ou simplesmente graneleiros. A introdução desse tipo de estrutura em grande escala teve sua atividade mais intensificada entre as décadas de 1950, quando implantado nos Estados Unidos face ao aprimoramento da técnica de aeração, em 1970. Foi empregada conforme a necessidade de uma maior capacidade estática de armazenamento e de uma adequação da rede armazenadora, a fim de conservar melhor as qualidades físicas e químicas dos produtos (GOMEZ, 2000; PATURCA, 2014).

Em relação ao silo elevado, além de maior rapidez na construção, o interesse no emprego dessa estrutura é cada vez mais crescente em muitos países. Apresenta estruturação bastante simplificada e o método de estocagem é vantajoso: os produtos são estocados em montes, sobre lajes de concreto executadas diretamente sobre o terreno. Porém, há algumas limitações funcionais, destacando-se a necessidade de manter a massa de grãos com teor de umidade inferior àquela dos silos elevados, a necessidade do emprego frequente de aeração mecânica e dificuldades no processo de descarga do produto. Também, deve-se realizar análises das patologias nas unidades já construídas, já que, por possuírem aberturas laterais, a entrada de insetos nos graneleiros é facilitada e gera infestações constantes. Os problemas mais comuns devem-se à infiltração nas paredes e na cobertura, problemas de escoamento do produto e, ainda, sistemas de aeração e termometria mal dimensionados (NEGRISOLI, 1997 apud GOMES, 2000).

Esse tipo de armazém se caracteriza por grandes compartimentos de estocagem de concreto ou alvenaria, que separam o local em depósitos iguais onde a massa de grão é armazenada. Oportunizam, dessa maneira, melhor controle preservativo do produto e uma movimentação mais ágil. O fundo pode ser plano, em “V” ou em duplo “V” (Figura 6). Quando plano, dificulta-se a operação de descarga, tornando-a mais cara. Já em “V” ou duplo “V”, o processo é mais acessível, pois os produtos são descarregados por gravidade, não necessitando do uso de equipamentos específicos para tal execução (PATURCA, 2014).

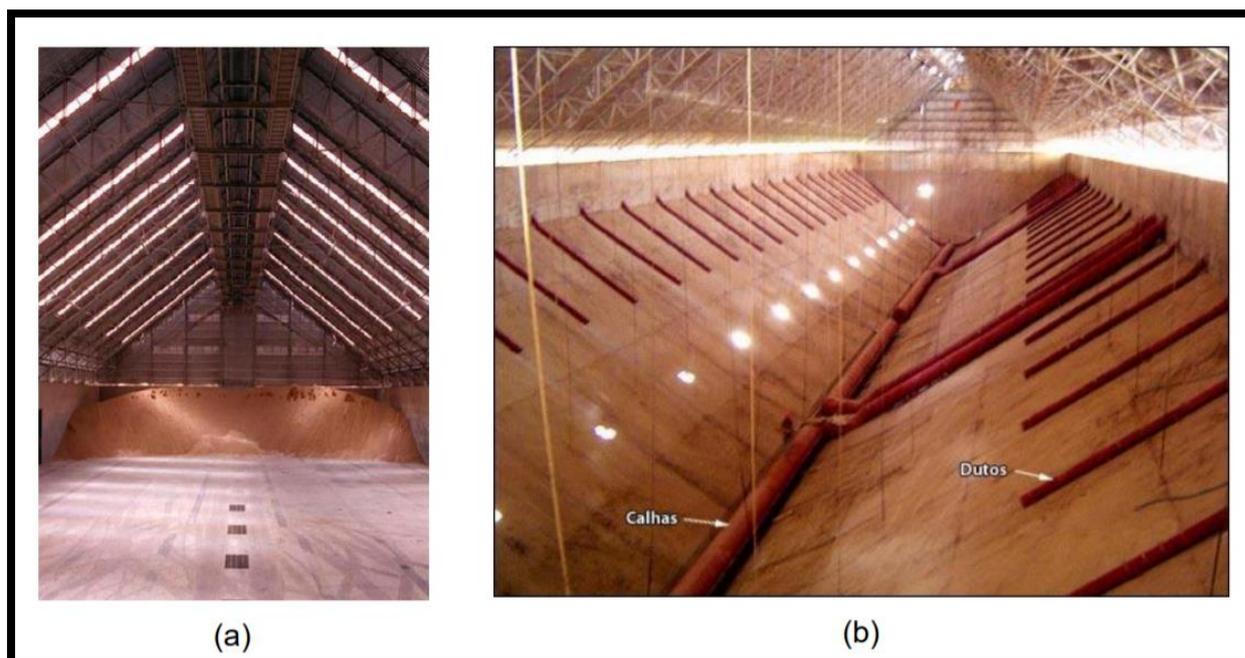


Figura 6 Armazéns com fundo plano (a) e fundo em “V” (b).  
Fonte: Silva (2010).

A exceção dos graneleiros de fundo plano, os demais requerem escavações que podem atingir até 15 m de profundidade. Desse modo, especial atenção deve ser dada ao levantamento geotécnico, quanto à variação do nível do lençol freático. Isso é para evitar a infiltração de água nos túneis e paredes do graneleiro, principalmente, nos períodos chuvosos quando há elevação do lençol freático. Internamente, os graneleiros são divididos em células, o que permite a armazenagem de produtos diferentes, de forma que a capacidade estática pode variar de 35.000 a 150.000 toneladas (SILVA, 2010).

### 3.2.3.2. Silos verticais

Os silos verticais são unidades armazenadoras caracterizadas por compartimentos estanques ou herméticos, ou ainda semi-herméticos. Em virtude da compartimentação disponível, permitem o controle das características físico-biológicas dos grãos, já que, embora percam a identidade de origem, as espécies e padrões agrícolas são armazenados separadamente; ademais, de acordo com os materiais estruturais, podem ser classificados como: de concreto, metálicos, de alvenaria armada, de argamassa armada, de madeira e de fibra de vidro (PATURCA, 2014).

Por motivo da grande necessidade de produção, armazenagem e transporte de produtos agropecuários e industriais, os silos oferecem um aparelhamento apto a otimizar esse processo. Eles colaboram para a geração de reservas com os excedentes de anos de grande safra para contrabalançar anos de fraca produção agrícola. Esses equipamentos

podem ser produzidos a partir da madeira, da alvenaria, do concreto ou do aço (Figura 7) (LEITE, 2008).



Figura 7 Silos de concreto

Fonte: Equipe ESSS (<https://www.esss.co/es/blog/modelado-de-silos-de-concreto-para-el-almacenamiento-de-soja/>)

Os silos de alvenaria são mais indicados para armazenagem em fazendas. Esse silo é fácil de construir, tem custo reduzido e é de simples manejo. A dimensão muda de acordo com a precisão do agricultor, todavia, é corriqueiro existir projetos circulares, com diâmetro de 2 a 3 m e altura de cilindro de 3 m, o que representa uma disposição estática de quase 16 t de milho (SANTOS, 2004).

Normalmente, os silos são fabricados com alto padrão de qualidade, podendo ser ajustados às necessidades do cliente (LEITE, 2013). Silo representa o procedimento mais garantido de armazenamento, possibilitando maior controle da qualidade, por motivo da facilidade de associação com sistemas de secagem com ar forçado, sistema de aeração e de controle de temperatura (termometria). Pode ser vertical ou horizontal, conforme a proporção de altura e largura. O silo vertical possui dimensão de 2:1, podendo ser de chapa metálica, alvenaria ou de concreto. O silo horizontal, ou graneleiro, tem altura baixa e apoio mais extenso, não sendo vedado, o que impede a fumigação (PIMENTEL e FONSECA, 2011).

Conforme Leite (2013), os silos mais usados, hoje, são os fabricados por sistemas metálicos (Figura 8). Isso se explica, ainda, porque os silos metálicos são mais adequados ao armazenamento de materiais agropecuários, assegurando maior eficácia e durabilidade.

Nesse sentido, o conhecimento técnico sobre silos metálicos ainda é raro. Porém, eles são bastante usados nas áreas rurais e portuárias.



Figura 8 Bateria de silos metálicos

Fuente: Silos Cordoba (<https://siloscordoba.com/es/blog-es/almacenaje-de-grano/importancia-de-los-silos-metalicos-para-almacenar-grano-en-un-mundo-cada-vez-mas-poblado/>)

Os silos de média e pequena capacidade, em geral, são metálicos, de chapas lisas ou corrugadas, de ferro galvanizado ou alumínio, fabricados em série e montados sobre um piso de concreto. Os silos de ferro galvanizados são pintados de branco para evitar a intensa radiação solar (D'ARCE, 2015).

Os silos podem ser edificados com uma ou mais células, que podem ser dispostas lado a lado. Essas células têm aberturas no topo e na base, por onde se realiza o enchimento e o esvaziamento, simultaneamente (LEITE, 2013).

#### **3.2.3.2.1. Vantagens e inconvenientes dos silos verticais**

Segundo Paredes (2017), as vantagens dos silos são que eles são fabricados em locais diferentes com chapas de zinco lisas; as ferramentas para sua fabricação são leves e fáceis de transportar; fornece a segurança necessária para evitar o acesso de insetos, parasitas, roedores, pássaros e até mesmo roubo; minimiza os preconceitos que surgem em outros sistemas de armazenamento; permite a preservação dos grãos por um período maior de tempo, sem apresentar deficiências físicas na produção armazenada, evitando prejuízos

aos benefícios nutricionais dos grãos e proporcionando maiores benefícios aos pequenos produtores; a erradicação de pragas, como insetos, é realizada de uma forma muito simples e sem afetar o meio ambiente; uma vez que o silo está vazio, é fácil de manusear e realocar; os materiais usados para sua fabricação estão prontamente disponíveis; as chapas ou silos de metal têm durabilidade de até 20 anos; os silos usam menos espaço e fornecem maior capacidade em comparação com outros sistemas de armazenamento; têm maior aceitação entre os pequenos produtores; com sua correta manutenção, evitam-se prejuízos à produção; apoiam o armazenamento da produção em casos de preços mais baixos e permitem que sejam mantidos até que haja uma subida dos preços e obtenha melhores lucros.

O mesmo autor também menciona as desvantagens dos silos que são profissionais da área para sua construção; a produção deve ser seca com um mínimo de 14% de umidade dos grãos; manuseio impróprio dos grãos (molhado, sujo, com microrganismos) gera perdas consideráveis; manutenção inadequada gera deterioração e faz com que o silo seja danificado em pouco tempo; se houver um processo de desinfecção e inspeção incorreto, causaria danos à produção armazenada; treinamento especializado e aconselhamento para o pessoal responsável pelo gerenciamento de silos e produção.

No entanto, SENAR (2018) menciona outras vantagens para silos, que são: maior quantidade de grãos por área construída; o sistema de transporte para encher e esvaziar os silos é todo mecanizado e rápido; facilita o manejo dos grãos; possibilita pouca perda de grãos; custos operacionais baixos; rápida construção das instalações; utilização de menos mão de obra; e pouca perda com roedores. Também, menciona as seguintes desvantagens: alto custo inicial; cuidados nos danos mecânicos ao grão; e exige mão de obra qualificada.

O mesmo autor também menciona que os armazéns maiores que 30 m<sup>3</sup> devem ter sistemas de aeração para a ventilação dos grãos. Nesse local, o ar é forçado a passar através da massa de grãos usando-se ventiladores. Esse tipo de armazenamento tem um sistema de termometria que permite o controle da temperatura dos grãos em diferentes locais da unidade armazenadora. O local para a construção do silo depende de alguns fatores, como a área, de preferência, plana com terreno firme e não sujeita à inundação. Devem ser consideradas também as distâncias das lavouras. Ademais, o silo deve ser construído a uma distância mínima de 2,5 metros de barrancos e de superfícies que sejam desniveladas. A profundidade e a largura da fundação dependem da resistência do solo. Para maior segurança, recomenda-se que o lençol freático esteja, no mínimo, 1 metro abaixo da terra na época de chuvas.

#### **3.2.4. Volume das unidades de armazenamento**

De acordo com Dantas *et al.* (2006), as formulações matemáticas utilizadas nos cálculos de volume e dimensionamento da capacidade de armazenamento das UAs, bem

como a determinação do tempo necessário para carregá-los, além das variáveis, símbolos e constantes utilizados (Tabela 1) variam de acordo com o formato do silo, que pode ser retangular, cilíndrico, cônico e piramidal.

Tabela 1 Fórmulas matemáticas para calcular o volume das unidades de armazenamento

FORMAS	FÓRMULA	SIGNIFICADO
<b>Silo em forma de Retângulo</b>	$V = a \cdot b \cdot h$	V = volume (m <sup>3</sup> ); a = comprimento (m); b = largura (m); h = altura (m)
<b>Silo em forma de Cilindro</b>	$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$	V = volume (m <sup>3</sup> ); $\pi = 3.141592653589$ ; r = raio (m); h = altura (m)
<b>Silo em forma de Cone</b>	$V = (\pi \cdot r^2 \cdot h) / 3$	V = volume (m <sup>3</sup> ); $\pi = 3.141592653589$ ; r = raio (m); h = altura (m)
<b>Silo em forma de Pirâmide</b>	$V = (a \cdot b \cdot h) / 3$	V = volume (m <sup>3</sup> ); a = comprimento (m); b = largura (m); h = altura (m)

Fonte: Adaptado de Dantas *et al.* (2006)

### 3.3. Armazenamento de grãos no Paraguai

O modelo de armazenamento de grãos no Paraguai é caracterizado pelo grande número de prestadores de serviços, conhecidos como acopios. Geralmente, são de propriedade de comerciantes revendedores de defensivos agrícolas e cooperativas. As grandes empresas internacionais, tais como ADM, Bunge, Cargill, Louis Dreyfus Company, NobleGroup e Vicentin (Argentina), tem uma grande rede de UAs distribuída no território do país (CAPECO, 2016).

Para o ano 2002, a capacidade instalada, segundo a CAPECO (Câmara Paraguaia de Exportadores e Comerciantes de Cereais e Oleaginosas), era de 4.686.560 toneladas, contando 526 UAs sem diferenciação do tipo de UAs (Figura 9); para o ano 2004, a capacidade era de 5.119.901 toneladas, contando 550 UAs; e, para o ano de 2016, a capacidade era de quase 9 milhões de toneladas, mas sem mencionar a quantidade de UAs. Essas UAs estão distribuídas, na sua maioria, em região leste do país, onde estão localizadas em áreas de alta produção, como o departamento de Alto Paraná e Itapúa (CAPECO, 2021; CAPECO, 2016).

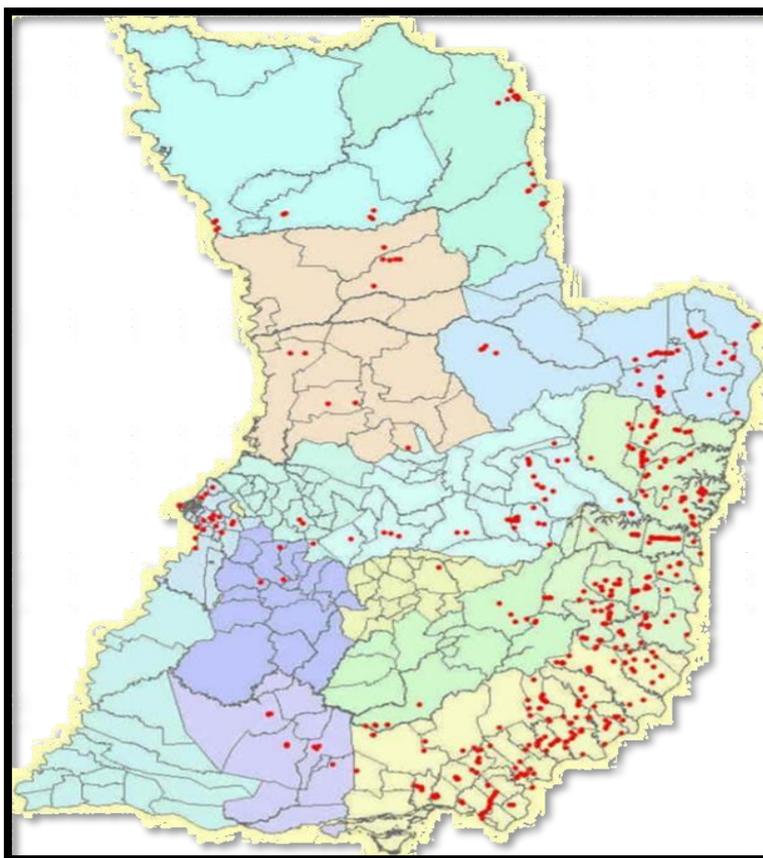


Figura 9 Distribuição das UAs no Paraguai  
Fonte: CAPECO (2021)

### 3.4. Sensoriamento remoto

Sensoriamento remoto é a ciência de adquirir informações de um objeto, área ou fenômeno por meio da análise de dados adquiridos por um dispositivo que não está em contato com o objeto, área ou fenômeno sob investigação (CORTI *et al.*, 2018). Dessa forma, o objetivo das tecnologias de sensoriamento remoto é disponibilizar observações de algum parâmetro físico em algum tempo ou período de tempo (HUANG *et al.*, 2018; PALUDO, 2019).

A radiação eletromagnética (REM) emitida pelo sol é a fonte de energia normalmente utilizada pelo sensoriamento remoto ao estudar a superfície terrestre (CORTI *et al.*, 2018). A REM propaga-se na forma de ondas e pode ser caracterizada por duas medidas: o comprimento de onda (distância entre duas cristas de ondas sucessivas) e a frequência (número de oscilações completas por segundo); após a REM ser emitida, se propagar pela atmosfera e interagir com os alvos na superfície terrestre, ela é retransmitida através da atmosfera, sendo, então, captadas e registradas pelos equipamentos denominados de sensores (CORTI *et al.*, 2018).

Os sensores orbitais dependem das capacidades técnicas de quatro resoluções: resolução espacial, que se refere ao tamanho do pixel da imagem gerada; resolução

radiométrica, que se refere à intensidade de radiância de cada pixel que o sensor é capaz de mensurar, representado por valores números ou nível de cinza; resolução espectral, que se refere ao número de faixas espectrais do sensor; e resolução temporal, que é o tempo que o satélite leva para visitar a mesma área (BELWARD e SKOIEN, 2015).

### 3.4.1. Sentinel 2

Os produtos Sentinel-2 representam os dados de satélite multiespectrais mais acessíveis. Após o lançamento dos dois satélites Sentinel-2, o potencial de uso deles criou boas oportunidades para a observação precisa da Terra. Esses dados no momento são os que possuem menor resolução espacial e temporal, dentre os que são disponibilizados de forma gratuita. A missão é formada por uma constelação de dois satélites imaginadores idênticos, Sentinel-2A e Sentinel-2B, com órbita sol-síncrona, defasados em 180° um do outro, altitude de 786 km e 98,5623° de inclinação. A capacidade de revisita é de 5 dias, quando utilizada a constelação completa. O Sentinel-2A foi lançado em junho de 2015, enquanto o Sentinel-2B foi lançado somente em março de 2017 (ESA.INT, 2021; PALUDO, 2019).

O Sentinel-2 possui 13 bandas (Tabela 2) espectrais para uma nova perspectiva da terra e a vegetação presente nela. A combinação de alta resolução, novas capacidades espectrais, uma largura de faixa de 290 km e frequentes tempos de revisitação o caracterizam com um grande potencial de uso em mapeamento e monitoramento agrícola e florestal, além de ajudar na gestão da segurança alimentar. Ele também poderá ser utilizado para previsão efetiva da produtividade de culturas agrícolas e aplicações relacionadas ao acompanhamento ou monitoramento de crescimento da vegetação da Terra. Além disso, é usado para mapear mudanças na cobertura da terra (BRAZ *et al.*, 2017; PALUDO, 2019).

Tabela 2 Comprimentos de onda e resolução espacial das bandas espectrais dos satélites

Resolução	Nº de banda	Nome da banda	Comprimento de onda central (mm)
10 m	B02	Blue (Azul)	490
	B03	Green (Verde)	560
	B04	Red (Vermelho)	665
	B08	NIR (Infravermelho Próximo)	842
20 m	B05	Red Edge 1	705
	B06	Red Edge 2	740
	B07	Red Edge 3	783
	B08a	Red Edge 4	865
	B11	SWIR 1	1610
	B12	SWIR 2	2190
60 m	B01	Aerossol	443
	B09	Water Vapo	940
	B10	Cirrus	1375

Fonte: Citado por Paludo (2019) e adaptado de ENGESAT (2017).

### 3.4.2. Plataforma Google Earth Engine (GEE)

O GEE é composto por quatro elementos principais. A primeira é a infraestrutura do Google, que disponibiliza seus servidores ao usuário, permitindo análises paralelas com cerca de 10.000 CPUs. Isso acelera a velocidade de processamento, em comparação com um único computador. Por exemplo, o desenvolvimento do mapa global sem nuvens com resolução de 15 m do Google Earth e Google Maps, usando esses servidores, demorou alguns dias, ao passo que, se um computador pessoal tivesse sido usado, o atraso teria sido de 14 anos (MOORE, 2017).

O segundo elemento é a coleta de dados (conjuntos de dados). O Google armazenou todas as imagens de vários sensores (Landsat, Sentinel, MODIS, entre outros). Esses bancos de dados são atualizados à medida que novas imagens são obtidas (cerca de 6.000 novas cenas por dia), criando um enorme catálogo de dados geoespaciais. Essas bases de dados podem ser consultadas por diferentes critérios (qualidade, localização, datas) sem a necessidade de download ou solicitação de acesso às imagens (GORELICK *et al.*, 2017).

O terceiro elemento é a API (Application Program Interface), que consiste em uma série de comandos e funções predefinidos, escritos em linguagem JAVA, que permitem uma fácil programação no desenvolvimento de algoritmos para investigações. Porém, essas funções não podem ser modificadas, nem seu código pode ser acessado, o que impede o usuário de fazer modificações para realizar análises alternativas às pré-estabelecidas. Dessa forma, a flexibilidade de programação do usuário é limitada, sendo um tanto restritiva, uma vez que apenas as funções da API podem ser utilizadas. Vale ressaltar que também existe uma API para a linguagem Python, mas deve ser baixada. Isso limita o processamento, pois consome memória do computador do usuário. Além disso, pode incorrer em taxas de uso, não ter documentos comprovativos e ajuda (PERRILLA e MAS, 2020).

Por fim, os mesmos autores mencionam que o quarto elemento é o *Code Editor* (Figura 10), que é um ambiente de desenvolvimento integrado on-line, no qual todos os elementos se encontram. É onde o usuário pode, por meio de código de trabalho (“scripts”), chamar os dados, processá-los e visualizá-los de forma virtual com os servidores do Google, tendo, assim, seus resultados e informações na nuvem.

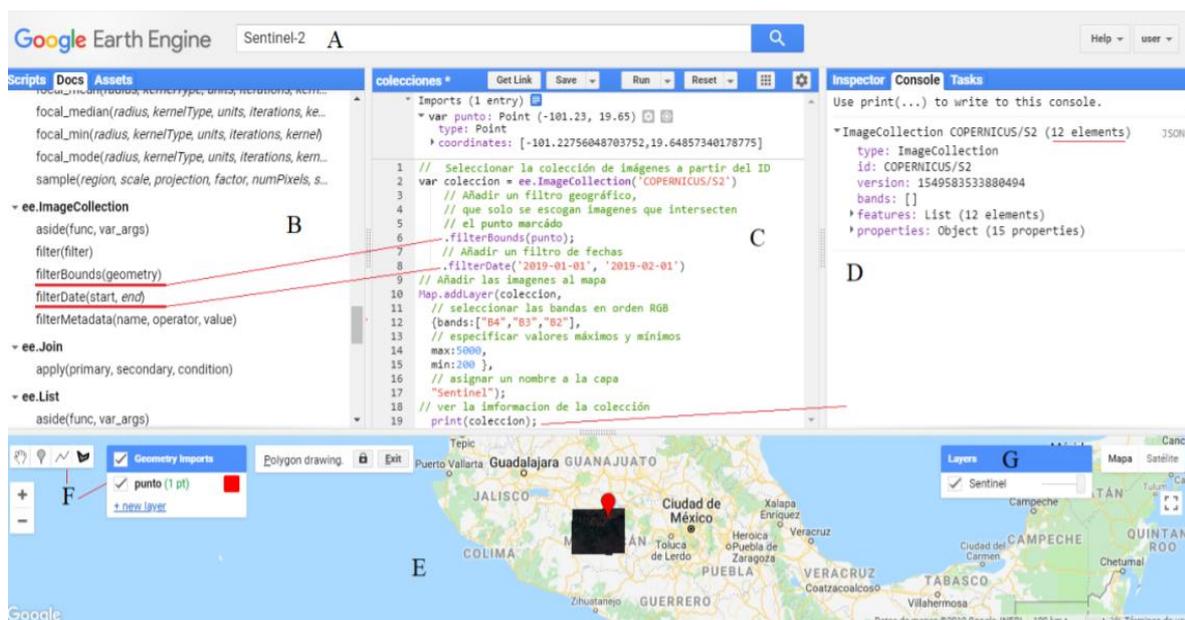


Figura 10 Ambiente de trabalho GEE (Code Editor) e código para obter imagens do Sentinel-2  
Fonte: Perrilla e Mas (2020).

Na Figura 10, é possível ver as diferentes partes da interface do GEE. Em A), o mecanismo de pesquisa, em que os conjuntos de dados necessários podem ser pesquisados, nesse caso, o Sentinel-2 é pesquisado. Em B), o painel onde estão localizadas as funções API pré-estabelecidas. Nesse caso, são indicadas duas funções de filtro que são utilizadas no código. Em C), o painel de programação no qual o usuário cria seus algoritmos. Nesse caso, existe um código para busca de imagens de Sentinel-2, de janeiro de 2019, que interceptam com o ponto indicado por Morelia. Para usar esse código, é considerado o ID do Sentinel-2 obtido no mecanismo de busca. Além disso, são especificados os parâmetros de exibição das imagens. Em D), o console em que apenas os resultados são mostrados usando a função 'imprimir' das análises que foram processadas pelos servidores do Google. Nesse caso, são apresentadas as informações contidas na coleção do usuário. Pode-se verificar que, para as datas e zona estabelecida, existem 12 imagens disponíveis. Em E), o painel de visualização onde são mostrados os mapas, raster ou vetores, que o usuário chamou em seu código. Em F), as ferramentas de desenho nas quais você pode selecionar uma região de interesse por meio de um ponto, uma linha ou um polígono (filtro geográfico). E, finalmente, em G), as camadas ativas na visualização (PERRILLA e MAS, 2020).

### 3.4.3. Segmentação de imagem

A disponibilidade de imagens espaciais de alta resolução gerou a necessidade de novas metodologias para a análise e classificação desses dados. Os classificadores tradicionais baseiam-se na análise individual de cada pixel, o que não é ideal para extrair

informações de dados de sensores com alta resolução espacial. Esses dados geralmente apresentam alto contraste e sobreposição de objetos causados pelo grande FOV (Field of View) das câmeras e geralmente incluem objetos com dimensões maiores que o tamanho do pixel, o que se torna incompatível com uma classificação (ZANOTTA *et al.*, 2009).

Os mesmos autores também mencionam que o objetivo da segmentação de imagens é passar a representação da imagem para algo simples de analisar, auxiliando as sucessivas etapas de interpretação, como a classificação das imagens. O processo de segmentação fragmenta a imagem em regiões que podem ou não representar objetos com significado claro para o analista, como estradas urbanas, telhados residenciais, árvores.

Um dos mais promissores algoritmos de segmentação de superpixels é o algoritmo de agrupamento iterativo linear simples (SLIC) (Figura 11a), que satisfaz esses critérios e é muito eficiente em termos de requisitos de computação e memória. Apesar do seu uso generalizado, o SLIC tem algumas deficiências. Por isso, foi desenvolvido o algoritmo SNIC (Simple Non-Iterative Clustering) (Figura 11b), que é uma versão não-iterativa do algoritmo SLIC, sendo executado em uma única iteração; não usa um mapa de distância e, portanto, requer menos memória (ACHANTA; SUSSTRUNK, 2017).

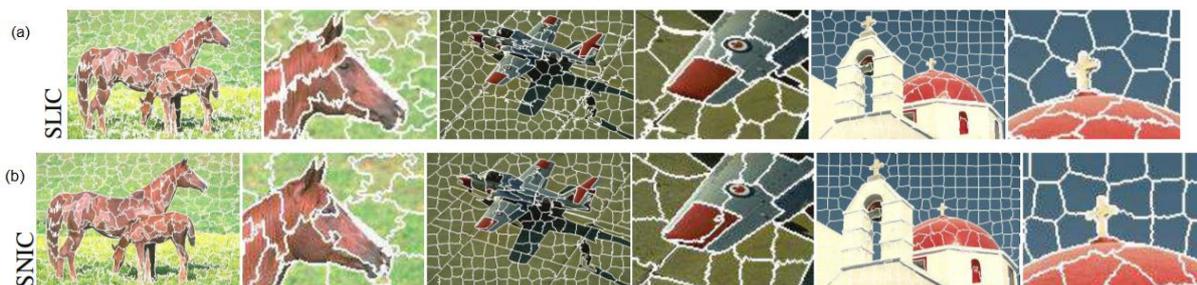


Figura 11 Algoritmos de segmentação, SLIC (a) e SNIC (B)  
Fonte: Adaptado de ACHANTA; SUSSTRUNK (2017)

### 3.5. Mapeamento de culturas Agrícolas

No Paraguai, o estudo das áreas agrícolas é realizado por instituições governamentais, como o Ministério da Agricultura e Gandéria (MAG), pelo Instituto Paraguai de Tecnologia Agrária (IPTA) e também por empresas privadas, como a Câmara Paraguuaia de Exportadores e Comercializadores de Cereais e Oleaginosas (CAPECO); essas instituições se dedicam a realizar censos de área plantada, produtividade e produção de diversos itens agrícolas sem o uso de ferramentas de sensoriamento remoto.

Para Johann *et al.* (2016), a obtenção desses dados por meio de questionários é demorada, cara e não considera o detalhamento da distribuição espacial das áreas de cultivo, o que prejudica a eficácia de qualquer sistema de previsão de safra, além de comprometer o

planejamento logístico das empresas, bem como a comercialização de produtos básicos, que dependem da entrada e saída de grãos.

Com uma demanda crescente por dados de mapeamento geográfico e mapeamento temático, utilizando interpretação técnico-visual das características da cobertura do solo a partir de imagens de satélite, softwares e plataformas de processamento em nuvem para aquisição desses dados, desde a atualização, a quantidade constante de dados facilita o entendimento da distribuição de padrões do espaço, de maneira que o monitoramento serve como auxiliar para os processos de tomada de decisão (PESSANHA; SILVA, 2017).

Um exemplo de mapeamento de áreas agrícolas com imagens de satélite é o trabalho de Paludo *et al.* (2020), que mapeou as lavouras agrícolas de soja e milho 1 safra para o estado do Paraná, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, utilizando a plataforma GEE e imagens do Sentinel 2, Landsat 8 e SRTM, usando métodos de segmentação de imagem (SNIC) e classificação (CNB). Assim, mapeou 4,17 milhões de ha para a soja 2016/2017 com uma precisão geral de 93,7%; a área é menor que a informada pelos órgãos oficiais, que foi de 5,2 milhões de ha, e 4,57 milhões de ha foram mapeados para a Soja 2017/2018, com uma precisão global de 92,9%; para milho 1 safra, 574 mil ha foram mapeados para o ano de 2016/2017, com uma precisão geral de 92,9%, próxima ao reportado pelos órgãos oficiais de 550 mil ha, e 391 mil ha foram mapeados com 90,5% de acerto global para a safra 2017/2018.

Becker *et al.* (2019) utilizaram as imagens do satélite Landsat-8 e a plataforma GEE para a classificação do uso da cobertura do solo no município de Cascavel, Paraná. Usando o editor de código da plataforma GEE, eles desenvolveram um script para processar as imagens Landsat-8 e a combinação RGB-432 (cor verdadeira) e RGB-564 (cor falsa); eles também calcularam os índices de vegetação: Razão Simples (SR), Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Aprimorado (EVI), Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) e Índice de Vegetação Ajustado pelo Solo (SAVI); ademais, usaram a classificação Random Forest (algoritmo de classificação que consiste em muitas árvores de decisão). Esses autores determinaram que, para Cascavel, a agricultura corresponde a 56,02%, árvores nativas 25,94%, pastagem 7,61%, área urbana 4,14%, reflorestamento 3,2% e água 0,10%. Verica (2018) também utilizou o algoritmo Random Forest para mapear áreas agrícolas no estado do Paraná para identificar as áreas de soja, milho, 1ª e 2ª safra, safras de inverno, agricultura semipermanente, silvicultura e outros objetos permanentes para os agricultores, nos anos 2013/2014 a 2016/2017.

Também, outro exemplo é o trabalho de Cechim (2016), que mapeou e estimou a área cana-de-açúcar no estado do Paraná, a partir das imagens dos satélites Landsat 5 e 8, e do satélite IRS, entre os anos safra 2010/2011 a 2014/2015. Com a classificação supervisionada da MAXVER e utilizando o software de processamento de imagens ENVI, determinou que a

maior área de cana-de-açúcar para o estado do Paraná está localizada na microrregião Nordeste desse estado.

#### 4. REFERÊNCIAS

- ACHANTA, R.; SUSSTRUNK, S. **Superpixels and Polygons using simple non-iterative clustering**. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017. Disponível em: [https://openaccess.thecvf.com/content\\_cvpr\\_2017/papers/Achanta\\_Superpixels\\_and\\_Polygons\\_CVPR\\_2017\\_paper.pdf](https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2017/papers/Achanta_Superpixels_and_Polygons_CVPR_2017_paper.pdf). Acesso em: 1 mai. 2021.
- AZEVEDO, L.F.; PINHEIRO DE OLIVEIRA, T.; GONÇALVES PORTO, A.; SCHWANZ DA SILVA, F. A capacidade estática de armazenamento de grãos no Brasil. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_stp\\_069\\_492\\_11589.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_stp_069_492_11589.pdf). Acesso em: 06 nov. 2020.
- BANCO MUNDIAL. **Análisis de riesgo del sector agropecuario en Paraguay: identificación, priorización, estrategia y plan de acción**. 2020. Disponível em: <http://documents1.worldbank.org/curated/pt/105821468332711721/pdf/928660WP0SPANIO0Box385339B00PUBLIC0.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2021.
- BANCO MUNDIAL. **Paraguay: Análisis de Riesgo del Sector Agropecuario**. Volumen 1: Identificación y Priorización de los Riesgos Agropecuarios. Washington, DC: World Bank, 2013.
- BIAGI, J. D.; BERTOL, R.; CARNEIRO, M. C. Armazéns em Unidades centrais de Armazenamento. In: LORINI, I.; MIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de Grãos**. [s.l.]: sem editora, 2002. p. 157-161.
- BECKER, W. R.; CARVALHO, L. E.; JOHANN, J. A.; SILVA, L. C. de A.; PALUDO, A.; RICHETTI, J.; RAMBO, E. M. Google Earth Engine como instrumento de classificação uso e cobertura do solo no município de Cascavel, Paraná, Brasil. In: **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. INPE. Santos, SP, Brasil, 2019.
- BELWARD, Alan S.; SKØIEN, Jon O. Who launched what, when and why; trends in global land-cover observation capacity from civilian earth observation satellites. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, [s.l.], v. 103, p. 115-128, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.03.009>. Acesso em: 09 jul. 2021.
- BERNARDI DE CAMPOS, A.C.; NAIME DE MENDONÇA, J.; VILELA DE RESENDE, A.; BOSSIO, L.H.; YASSUSHU INAMASU, R. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Embrapa, 2014.
- BRANDJES, P.J. **Almacenamiento de Granos, Tipos y Definición**. Centro de Agricultura Internacional, 2016.
- BRAZ, A. M.; BRAZ, A. M.; BARROS, M. H. S.; GARCIA, P. H. M. Validação das Classificações das Imagens dos Satélites Landsat 8 E Sentinel-2 na Bacia Hidrográfica do Córrego Ribeirãozinho/MS. **Revista da Associação Brasileira de Geógrafos**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 36-47, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/RevAGB/article/view/5286>. Acesso em: 09 jul. 2021.
- CAPECO (Cámara Paraguaya de exportadores de Comercializadores de Cereales y Oleaginosas). **Logística de exportación de granos y mercados**. 2016. Disponível em:

<http://capeco.org.py/wp-content/uploads/2015/06/5-Sonia-Tomassone-23-abril.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2021.

CAPECO (Cámara Paraguaya de exportadores de Comercializadores de Cereales y Oleaginosas). **Capacidad Estática de Silos**. 2021. Disponível em: <https://capeco.org.py/capacidad-estatica-de-silos-es/> Acesso em: 20 jul. 2021.

CECHIM JÚNIOR, C. **Mapeamento e estimação de área de cana-de-açúcar no estado do Paraná**. Orientador: Jerry Adriani Johann. 2016. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.

CORTI, M.; CAVALLI, D.; CABASSI, G.; GALLINA, P.M.; BECHINI, L. Does remote and proximal optical sensing successfully estimate maize variables? A review. **European Journal of Agronomy**, [s.l.], v. 98, p. 82-97, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.06.008>. Acesso em: 09 jul. 2021.

DANTAS, L. A.; CARDOSO ALMEIDA, F.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; MARTINS DUARTE, M. E.; GUEDES, M. A. Programa computacional para o cálculo das dimensões e capacidade de armazenamento em silos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 85-91, 2006.

D'ARCE, M. A. B. **PÓS COLHEITA E ARMAZENAMENTO DE GRÃOS**. Depto. Agroindústria, Alimentos e Nutrição ESALQ/USP. 2016. Disponível em: <https://sinueloagropecuaria.com.br/wp-content/uploads/2016/09/armazenamento-de-graos-1.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2021.

ELIAS, M. C. **Armazenamento e conservação de grãos**. Universidade Federal de Pelotas. Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Pelotas-RS, 2013.

ENGESAT. **Sentinel-2**. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/sentinel-2/>. Acesso em: 18 jul. 2021.

ESA INT (The European Space Agency). **Sentinel-2 MSI introduction, site**. 2021. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi>. Acesso em: 09 jul. 2021.

FAO (Food and Agriculture Organization). **Análisis de capacidades técnicas e institucionales**. Paraguay, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i8208ES/i8208es.pdf> Acesso em: 18 jul. 2021.

GARCÍA-SALAZAR, J. A.; MATUS-GARDEA, J. A.; MARTÍNEZ DAMIÁN, M.A.; SANTIAGO-CRUZ, M.J.; MARTÍNEZ-GARZA, A. Determinación de la demanda óptima de almacenamiento de maíz en México. **Agrociência**, [s.l.], v. 34, p. 773-784, 2000.

GOMES, F.C. **Estudo teórico e experimental das ações em silos horizontais**. Orientador: Carlito Calil Júnior. 2000. 205 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, [s.l.], v. 202, p. 18-27, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>. Acesso em: 13 mai. 2023.

HUANG, Y., CHEN, Z, YU, T, HUANG, X, HU, X. Agricultural remote sensing big data: Management and applications. **Journal of Integrative Agriculture**, v.17, n. 1, p. 1-11, 2018. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61859-8](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61859-8). Acesso em: 09 jul. 2021.

INE (Instituto nacional de Estadística-Py). **Catografía digital 2012 [recurso eletrônico]**. Disponível em: <https://www.ine.gov.py/microdatos/cartografia-digital-2012.php>. Acesso em: 18 jul. 2021.

IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agrarias). **Catálogo de Variedades**: algodón, arroz, trigo, soja, maíz y sésamo. 2019. Disponível em: [https://ipta.gov.py/application/files/6015/8840/6221/Catalogo\\_Var\\_2020\\_digital\\_abril\\_c.pdf](https://ipta.gov.py/application/files/6015/8840/6221/Catalogo_Var_2020_digital_abril_c.pdf). Acesso em: 13 mai. 2023.

JOHANN, J. A; BECKER, W. R.; URIBE-OPAZO, M. A.; MERCANTE, E. Uso de imagens do sensor orbital modis na estimação de datas do ciclo de desenvolvimento da cultura da soja para o estado do Paraná - Brasil. **Engenharia Agrícola**, [s.l.], v. 36, n. 1, p. 126-142, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162016000100126&lng=pt&nrm=iso&tng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162016000100126&lng=pt&nrm=iso&tng=en). Acesso em: 28 mai. 2021.

LEITE, L. M. O. **Silos metálicos**. Orientador: José António Fonseca da Mota Freitas. 2008. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57667/1/000129225.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2023.

LORINE, I.; MIIKE. L. H. & SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de Grãos**. Armazéns em Unidades Centrais de Armazenamento. Campinas - São Paulo, 2002.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganaderías). **Síntesis estadística**: producción agropecuaria año agrícola 2015/2016. San Lorenzo, Paraguay, 2016.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganaderías). **Síntesis estadística**: producción agropecuaria año agrícola 2019/2020. San Lorenzo, Paraguay, 2020.

MARTINEZ-JIMENEZ, A; GARCÍA-ZALAZAR, J.A.; MORA-FLORES, J.S. Capacidad de almacenamiento y demanda de almacenamiento de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Chiapas, México. **Agrociencia.**, [s.l.], v. 46, n. 6. p.689-702, 2015.

MESQUITA, J.L.; MACEDO, M.A.S.; BARBOSA, A.C.T. Avaliação do sistema brasileiro de armazenagem convencional e a granel: um estudo apoiado em Análise Envoltória de Dados (DEA). **Anais da SOBER – Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. Londrina-PR, 2007.

MLAMBO, S.; MVUMI, B.M.; STATHERS, T.; MUBAYIWA, M; NYABAKO, T. Field efficacy of hermetic and other maize grain storage options under smallholder farmer management. **Crop Protection.**, [s.l.], v. 98, p. 198-210, 2017.

MOORE, R. (Directora de Google Earth, Earth Engine y Earth Outreach). **Accompanying presentation Earth Engine Users' Summit 2017** (Videoconferência). 2017. Disponível em: <https://youtu.be/5yy1EwtZmhE>. Acesso em: 28 mai. 2021.

MORABITO, R.; IANNONI, A. P. Logística Agroindustrial. *In*: BATALHA, M. O. **Gestão Agroindustrial**: GEPAl: Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais. São Paulo: Atlas, 2007.

PALUDO, A. **Google Earth engine para mapeamento de culturas agrícolas no Paraná**. Orientador: Jerry Adriani Johann. 2019. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

PALUDO, A.; BECKE, W. R.; RICHETTI, J.; SILVA, L. C DE A.; JOHANN, J. A. Mapping summer soybean and corn with remote sensing on Google Earth Engine cloud computing in Parana state – Brazil. **International Journal of Digital Earth**, [s.l.], v. 0, n. 0, p. 1-13, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1772893>. Acesso em: 30 mai. 2021.

PAREDES, J. **Sistemas de Almacenamiento, Silos Chapa o Metalicos**. [s.l.], El Agro (CONADE), 2017.

PATURCA, E. Y. **Caracterização das estruturas de armazenagem de grãos: um estudo de caso no mato grosso**. Grupo de pesquisa e extensão em logística agroindustrial. ESALQ-LOG: Piracicaba, 2014.

PERILLA, G. A.; MAS, J. F. Google earth engine (GEE): una poderosa herramienta que vincula el potencial de los datos masivos y la eficacia del procesamiento en la nube. **Investigaciones Geográficas**, [s.l.], 101, e57630, 2020. Disponível em: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-46112020000100111&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-46112020000100111&script=sci_abstract). Acesso em: 18 jul. 2021.

PESSANHA, M. S.; SILVA, C. D. da. Mapeamento do uso e ocupação do solo utilizando imagens de satélite do sensor msi/sentinel-2a para o município de volta Redonda-RJ. In: **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Santos-SP, Brasil, 2013, p. 1643-1650. Disponível em: [https://itr.ufrj.br/sigabi/wp-content/uploads/6\\_sigabi/Sumarizado/PESSANHA\\_MARIANE\\_143\\_corrigido.pdf](https://itr.ufrj.br/sigabi/wp-content/uploads/6_sigabi/Sumarizado/PESSANHA_MARIANE_143_corrigido.pdf). Acesso em: 28 mai. 2021.

PIMENTEL, M. A. G.; FONSECA, M. J. O. **Secagem e Armazenamento**. [s.l.]: Embrapa Milho e Sorgo, 2011.

SANTOS, J.P. **Armazenagem de milho a granel na fazenda**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004.

SENAR (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural). **Grãos: armazenamento de milho, soja, feijão e café**. Brasília: Coecao SENAR 216, 2018.

SILVA, L.C. **Estruturas para armazenagem a granel**. Universidade Federal do Espírito Santo. Departamento de Engenharia Rural. 2010. Disponível em: [http://www.agais.com/manuscript/ag0210\\_armazenagem\\_granel.pdf](http://www.agais.com/manuscript/ag0210_armazenagem_granel.pdf). Acesso em: 12 mai. 2023.

SILVA, J. S.; FILHO, A. F. L. & REZENDE, R. C. Estrutura para Armazenagem de Grãos. In: SILVA, J. de S. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000.

USGS - Science for a Changing World. **Landsat 8 | Landsat Missions**. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov/landsat-8>. Acesso em: 18 jul. 2021.

VANHELLEMONT, Q.; RUDDICK, K. Turbid wakes associated with offshore wind turbines observed with Landsat 8. **Remote Sensing of Environment**, [s.l.], v. 145, p. 105-115, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2014.01.009>. Acesso em: 18 jul. 2021.

WEBER, E. **Armazenagem Agrícola**. 2 ed. Guaíba: Livraria e Ed. Agropecuária Ltda., 2001.

ZANOTTA, DC; FERRIERA, MP; ZORTEA, M. **Processamento de imagens de satélite**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

## 5. METODOLOGIA GERAL

A área de estudo deste experimento foi o departamento de Alto Paraná no Paraguai que está localizado entre os parâmetros  $24^{\circ} 30'$  e  $26^{\circ} 15'$  de latitude sul e os meridianos  $54^{\circ} 20'$  e  $55^{\circ} 20'$  de longitude oeste (Figura 12). Esse departamento foi escolhido entre os departamentos do Paraguai por ser o que possui a maior área destinada à agricultura e, portanto, espera-se que tenha também a maior quantidade de unidades de armazenamento. Esse departamento tem uma área total de aproximadamente  $14.895 \text{ km}^2$  e está subdividido em 22 municípios (Figura 12).

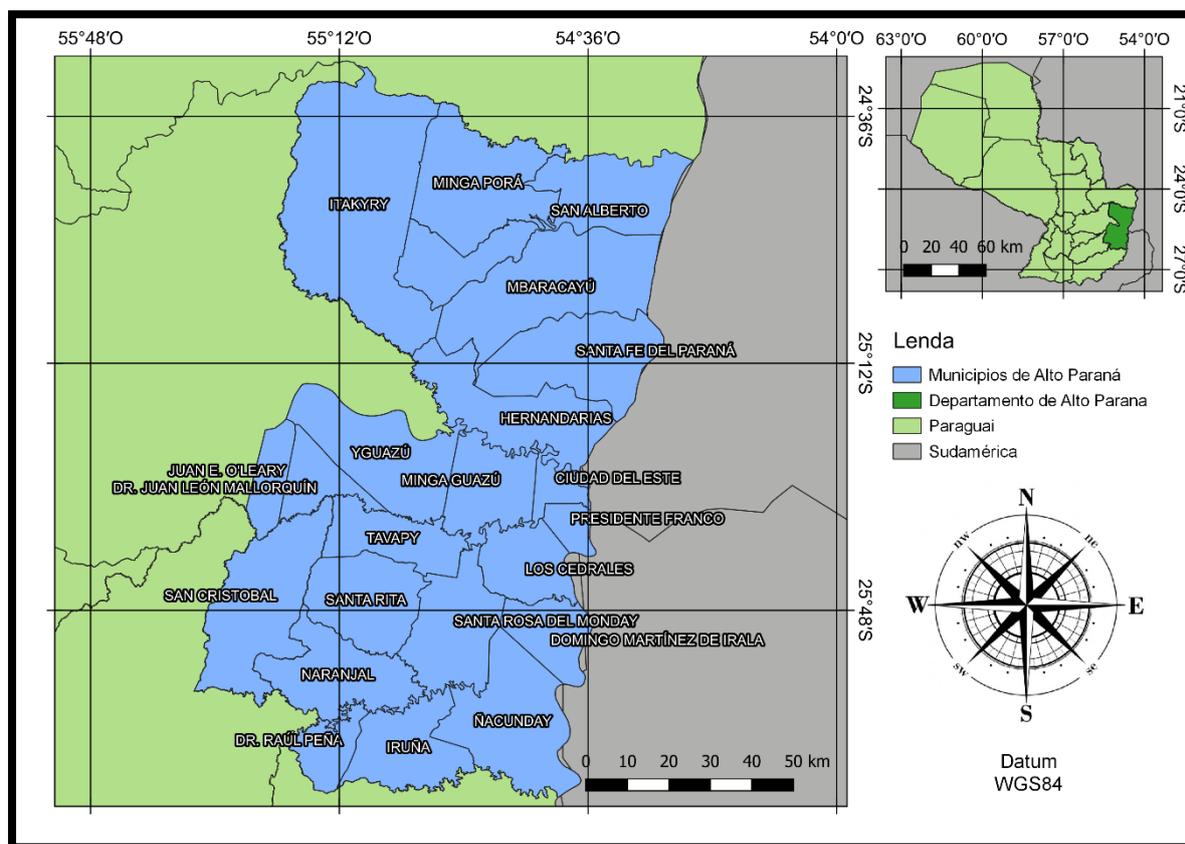


Figura 12 Área de estudo, localização do departamento de Alto Paraná e seus 22 municípios no Paraguai  
Fonte: Autor

Nesse departamento, a circulação geral da atmosfera coloca-o no domínio do anticiclone subtropical da borda oeste do Atlântico Sul; assim, é lavado pelos ventos quente e úmido do Oceano Atlântico, na maior parte do ano, através dos ventos predominantes do nordeste. De acordo com Köppen (1936), o departamento tem um clima temperado úmido com chuvas o ano todo e verão quente; durante o inverno, é frequente a invasão de ar frio subpolar, através dos ventos de sul, o que faz com que a temperatura do ar caia consideravelmente, até produzir geadas em certas ocasiões.

Segundo a Diretoria Nacional de Aeronáutica Civil (DINAC) e ITAIPÚ Binacional (IB), que possuem estações meteorológicas distribuídas no departamento, a temperatura máxima no verão é de 42 °C; a mínima, no inverno, pode chegar a 0 °C em algumas áreas e a média anual é de 21 °C; a precipitação é abundante durante todo o ano e pode chegar a 1725 mm por ano, sendo o valor mais alto registrado no Paraguai. Como resultado, a área fica com bastante umidade durante praticamente o ano todo, um aspecto favorável para trabalhos agrícolas (GRASSI *et al.*, 2020).

Os mesmos autores mencionam que o tipo de solo da área é caracterizado por ser argiloso com textura fina, cujo material original é o basalto. O relevo do solo do departamento apresenta declividades cujos valores variam entre 2 - 15%; os solos correspondem à classificação dos subgrupos taxonômicos Ródico Paleudutl e Lítico Udorthent, que se encontram nos grupos Ultisol e Entisol.

Em geral, foram elaborados mapas de plantio das culturas agrícolas extensivas (soja e milho) mais produzidas no departamento de estudo e geralmente armazenadas em UAs (unidades armazenadoras). Da mesma forma, as UAs foram georreferenciadas; em seguida, foram calculadas a CEA (capacidade de armazenamento estático) e a CDA (capacidade de armazenamento dinâmico). Finalmente, com os mapas, a geolocalização e os cálculos efetuados, certas áreas não foram cobertas com as capacidades de armazenamento. A Figura 13 apresenta o fluxograma com as etapas realizadas para a elaboração dos artigos.

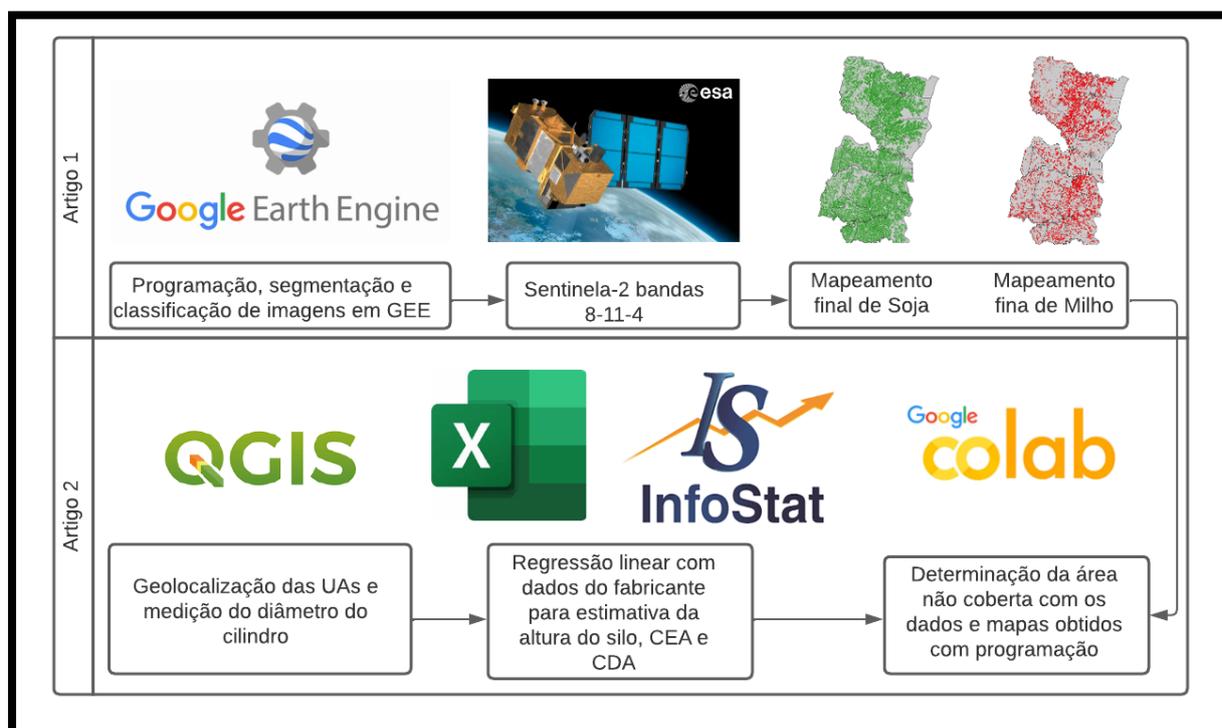


Figura 13 Fluxograma das etapas seguidas para obter os resultados

Fonte: Autor

## 6. ARTIGOS

### 6.1 ARTIGO 1 - MAPEAMENTO DE SOJA E MILHO COM IMAGENS DE SATÉLITE NO DEPARTAMENTO DE ALTO PARANÁ NO PARAGUAI

**RESUMO:** A criação de mapas a partir de tecnologias de sensoriamento remoto vem se tornando uma ferramenta essencial para o setor agropecuário devido à sua rapidez e facilidade de acesso às informações necessárias (imagens de satélite). No entanto, monitorar grandes áreas por um longo período de tempo aumenta consideravelmente os recursos computacionais necessários para o processamento de dados geoespaciais. A plataforma de nuvem do Google Earth Engine (GEE) permite a análise em larga escala de dados ambientais usando os servidores do Google. O objetivo deste trabalho foi mapear os cultivos agrícolas de soja e milho, no departamento de Alto Paraná – Paraguai, usando imagens da constelação do satélite Sentinel-2 no GEE a fim de estimar a área e produção dessas culturas para a safra 2019/2020. Foram utilizadas imagens multiespectrais do Sentinel-2, do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), considerando o método de segmentação Simple Non-Iterative Clustering (SNIC), e também foi usado um método de classificação chamado Continuous Naive Bayes (CNB). A geração de mapas de cultivos agrícolas no estado do Alto Paraná permitiu a identificação da área plantada, como também a estimativa da produção de forma geral e específica para cada município (22 no total) dentro do departamento. Atualmente, dados específicos dos departamentos não estavam disponíveis nas páginas do governo dedicadas ao monitoramento do setor agrícola. Foi possível identificar 688.683 ha de soja e 118.893 ha de milho no total em todo o departamento, bem como a identificação dos municípios com maior área plantada, Itakyry para soja, Yguazu para milho verão e Minga Porá para milho inverno.

**PALAVRAS-CHAVE:** CNB, Google Earth Engine, Sentinel-2, SNIC, SRTM.

### ARTICLE 1 - MAPPING SOYBEAN AND CORN WITH SATELLITE IMAGES IN THE DEPARTMENT OF ALTO PARANÁ, PARAGUAY

**ABSTRACT:** Creating maps from remote sensing technologies has become essential for the agricultural sector due to its speed and ease of access to the necessary information (satellite images). However, monitoring large areas over a long period considerably increases the computational resources required for geospatial data processing. The Google Earth Engine (GEE) cloud platform enables large-scale environmental data analysis using Google's servers. The objective of this work was to map the crops of soybean and corn in the Department of Alto Paraná - Paraguay, using images from the Sentinel-2 satellite constellation on GEE in order to estimate the area and production of these crops for the 2019/2020 crop. Sentinel-2 multispectral images from SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) were used, considering the Simple Non-Iterative Clustering (SNIC) segmentation method, and also a classification method called Continuous Naive Bayes (CNB) was used. The generation of maps of agricultural crops in the Upper Paraná state allowed the identification of the planted area, as well as the estimation of production in a general and specific way for each municipality (22 in total) within the Department. Department-specific data were not available on government websites dedicated to monitoring the agricultural sector. It was possible to identify 688,683 ha of soybeans and 118,893 ha of corn in total across the Department, as well as identifying the municipalities with the largest planted area, Itakyry for soybeans, Yguazu for summer corn, and Minga Porá for winter corn.

**KEYWORDS:** CNB, Google Earth Engine, Sentinel-2, SNIC, SRTM.

### 6.1.1 INTRODUÇÃO

O Paraguai é um país exportador de alimentos e matérias-primas por excelência de grãos, como soja e milho, entre outros. No total, estima-se que a área de plantio de soja foi de 3.600.000 hectares e 1.000.000 hectares de milho de acordo com a síntese estatística do ano agrícola 2019/2020 publicada pelo Ministério da Agricultura e Pecuária do Paraguai (MAG 2020). Essa síntese menciona a metodologia utilizada para obtenção dos dados, que se deu por meio da coleta de fontes secundárias, trabalho de campo por meio de entrevistas com informantes qualificados, informações fornecidas pelas instituições e sindicatos de produtores.

Para a safra 2019/2020, os departamentos com maior área agrícola de soja e milho foram Alto Paraná, Itapuá e Canindeyu com 950.000 ha, 740.000 ha e 660.000 ha respectivamente; também foram os que mais produziram com 2.959.000 toneladas, 2.176.600 toneladas e 2.176.200 toneladas, respectivamente (MAG, 2020).

No Paraguai, existem dados de produção e área plantada das principais culturas agrícolas, como soja e milho, porém, grande parte é elaborada a partir do sistema estatístico do Ministério da Agricultura, que se baseia em dados de levantamento. Por outro lado, o uso de imagens de satélite para mapeamento de áreas agrícolas é limitado ou indisponível por serem desenvolvidas por empresas privadas. Geralmente, todos os dados disponíveis detalham a área plantada e a produção por departamentos e não por município (PEKHOLTZ, 2014; INE, 2020).

A criação de mapas a partir de tecnologias de sensoriamento remoto vem se tornando uma ferramenta essencial para o setor agropecuário devido à sua rapidez e facilidade de acesso às informações necessárias (imagens de satélite). Essa tecnologia surge como uma ferramenta de monitorização da dinâmica de ocupação para uma rápida execução e aquisição de dados, bem como ao menor custo associado ao processo, face aos métodos de observação *in situ* (FORMAGGIO e SANCHES, 2017; BECKER *et al.*, 2019).

No entanto, monitorar grandes áreas por um longo período de tempo aumenta consideravelmente os recursos computacionais necessários para o processamento de dados geoespaciais. A plataforma de nuvem do Google Earth Engine (GEE) permite a análise em larga escala de dados ambientais, usando os servidores do Google. Além disso, o GEE fornece ao usuário uma abordagem altamente interativa para o desenvolvimento de algoritmos, um ciclo rápido de testes e melhorias para processamento de dados em larga escala (GORELICK, 2017; BECKER *et al.*, 2019).

De acordo com os mesmos autores, o uso da plataforma GEE no mapeamento permite a realização de diversas simulações e rápida visualização dos resultados devido ao processamento em nuvem, no qual a plataforma está baseada. A partir de um roteiro, é possível mapear o uso e ocupação do solo em outros municípios, bastando selecionar as amostras de objetivos de interesse que abranjam toda a região de estudo e que estejam bem distribuídos.

Essa plataforma permite o processamento de informações geoespaciais na nuvem sem a necessidade de ocupar a memória do computador do usuário. Ao mesmo tempo, o GEE está diretamente ligado a vários programas de satélites que permitem a integração nas bases de dados, no que se refere às imagens que acabaram de ser tiradas. O GEE é, portanto, uma solução inovadora para lidar com dados massivos (“Big Data”), que permite enfrentar problemas globais, dando resultados rapidamente. Dessa forma, permite propor e atuar em soluções para esses problemas de forma ágil (GORELICK *et al.*, 2017; PERRILLA e MA, 2020).

Existem trabalhos realizados com o Google Earth Engine utilizando imagens de satélite do LandSat 8 e sentinela-2; trabalhos, como para a classificação da cobertura do uso da terra, para monitoramento da vegetação, monitoramento da infestação de plantas invasoras, formações florestais e tipos de culturas (DINIZ *et al.*, 2019; GOMEZ, 2017; CHO, 2021; PAN *et al.*, 2019).

É possível citar os seguintes trabalhos: Penha *et al.* (2022), em que se consideram imagens do Sentinel-2 para mapear o uso e a cobertura da terra; ademais, Paludo *et al.* (2020), que mapearam as lavagens agrícolas da safra de soja e milho 1 para o estado do Paraná, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, utilizando a plataforma GEE e imagens do Sentinel 2, Landsat 8 e SRTM; Becker *et al.* (2019) utilizaram imagens do satélite Landsat-8 e da plataforma GEE para classificar o uso da cobertura do solo no município de Cascavel, Paraná; Cechim (2016), que mapeou e estimou a área canavieira no estado do Paraná, com base em imagens dos satélites Landsat 5 e 8, e do satélite IRS entre as safras 2010/2011 a 2014/2015.

O objetivo deste trabalho foi mapear o cultivo agrícola de soja e milho, no departamento de Alto Paraná, no Paraguai, usando imagens da constelação do satélite Sentinel-2 na plataforma on-line Google Earth Engine e estimar a área dessas culturas para os municípios na safra 2019/2020.

### 6.1.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o mapeamento das culturas de verão (soja e milho) e de inverno (milho), para a safra 2019/2020, foi utilizada a plataforma Google Earth Engine (GEE) com linguagem de programação JavaScript, seguindo a metodologia proposta por Paludo (2019) e Paludo *et al.* (2019), apresentado no fluxograma (Figura 14).

Foram utilizadas imagens multiespectrais do Sentinel-2 e SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), utilizando o método segmentação Simple Non-Iterative Clustering (SNIC), que é uma versão não-iterativa do algoritmo SLIC, sendo executado em uma única iteração, sem o uso de um mapa de distância, o que requer menos memória (ACHANTA e SUSSTRUNK, 2017). Ao contrário do SLIC, que realiza uma otimização localizada de k-means na imagem CIELAB de cinco dimensões e no espaço de cores para agrupar pixels, a partir de sementes escolhidas em uma grade regular, o SNIC visita todos os pixels apenas uma vez, exceto aqueles nas bordas dos superpixels. Assim, o número de visitas é  $N$  mais um valor que depende do número de superpixels desejados  $K$ . A fila de prioridade, quando implementada, usando uma estrutura de dados de heap, é conhecida por ter complexidade logarítmica para elementos push e popping (DHILLON *et al.*, 2007; LI e CHEN, 2015; ACHANTA e SUSSTRUNK, 2017).

Como método de classificação supervisionada para o mapeamento, foi utilizado o algoritmo Continuous Naive Bayes (CNB). Esse algoritmo realiza a classificação baseado na regra de Bayes e em um conjunto de suposições de independência condicional, dado o objetivo de aprender  $P(Y|X)$ . O valor dessa suposição é que ela simplifica drasticamente a representação de  $P(X|Y)$  e o problema de estimá-lo a partir dos dados de treinamento (MITCHELL, 2017).

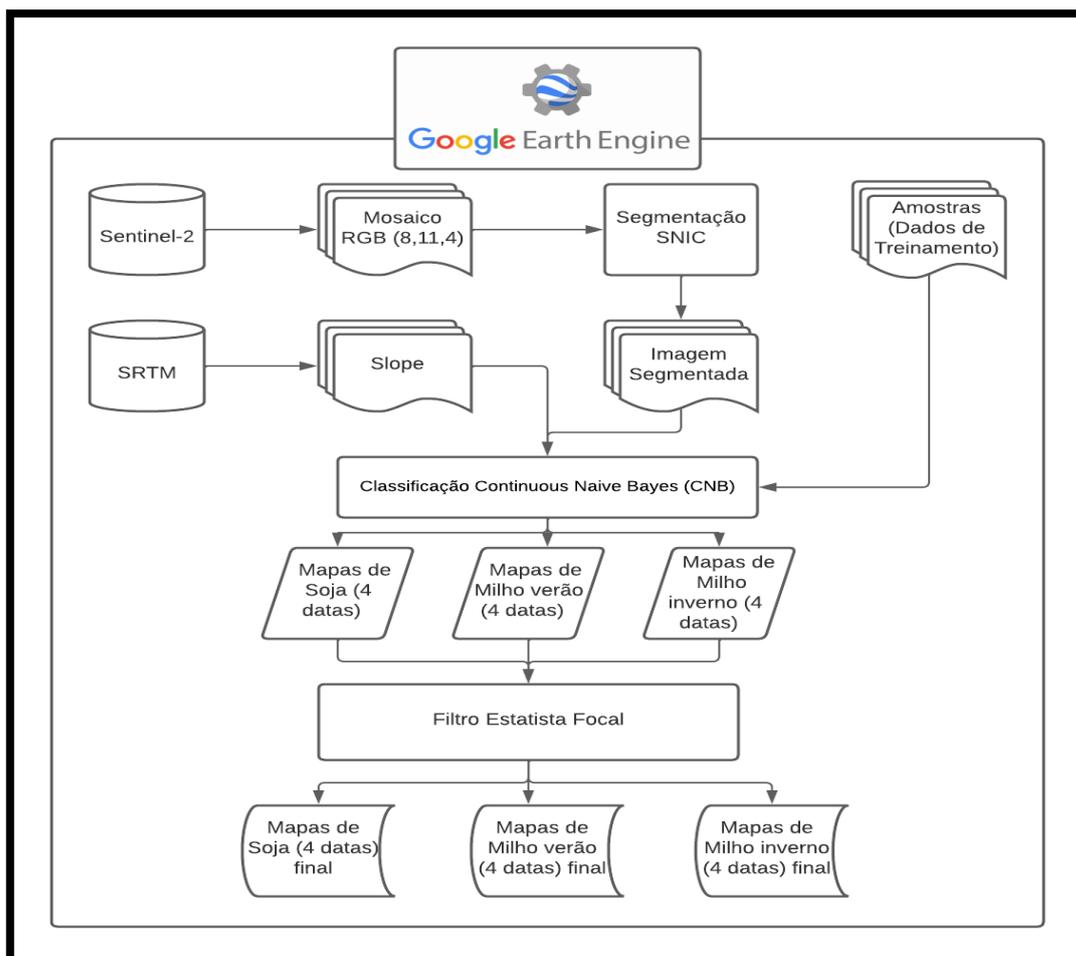


Figura 14 Fluxograma de etapas para o mapeamento dos cultivos de soja e milho  
 Fonte: Adaptado de Paludo (2019)

No processamento das imagens, para fins de mapeamento das culturas (Figura 15), foram utilizadas as imagens do satélite Sentinel-2, especificamente as bandas B4, B8 (vermelho e infravermelho), que possuem resolução espacial de 10 m e a banda 11 (SWIR 1), com resolução espacial de 20 m. Essas bandas também foram utilizadas para gerar a composição colorida RGB (8,11,4). A composição foi posteriormente segmentada com Simple Non-Iterative Clustering (SINC). Outro plano de informação utilizado foi a inclinação do terreno orbital a partir dos dados SRTM +, que tem resolução espacial de 30 m.

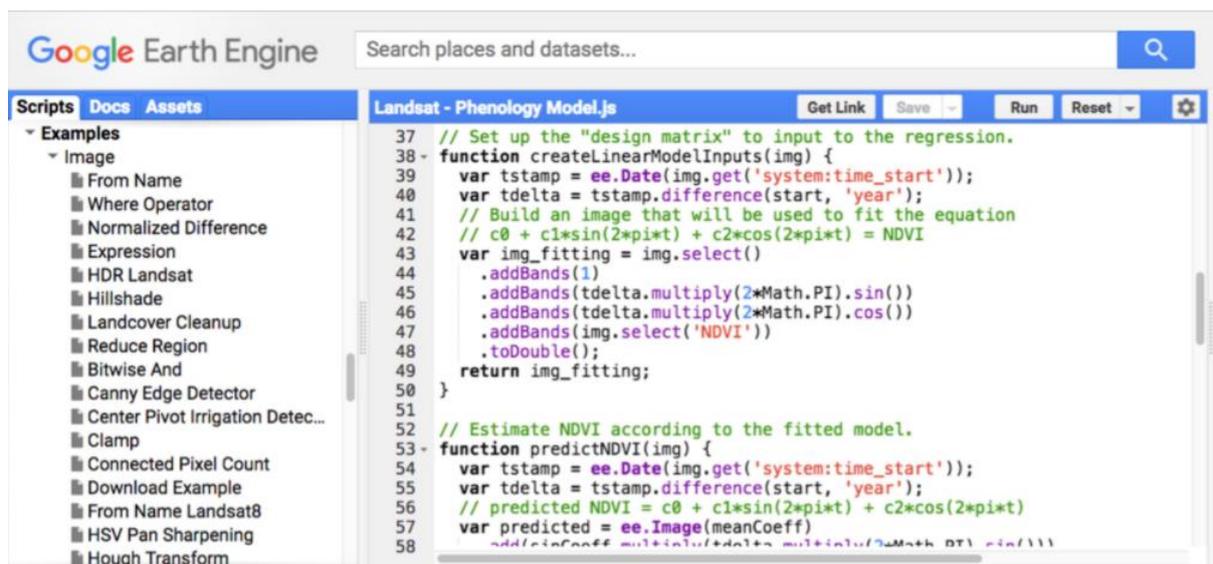


Figura 15 Biblioteca GEE com exemplos de scripts disponíveis e interface para criação e edição de scripts

Fonte: Adaptado de Gorelick *et al.* (2017).

Para trabalhar na plataforma GEE, foi necessário criar um *script* a partir da biblioteca da plataforma (Figura 15). Nesse *script*, primeiro, determina-se o período em que serão utilizadas as imagens de satélite, para a classificação. Devido às variações nas datas de semeadura e colheita, foram utilizadas as recomendações do Instituto Paraguaio de Tecnologia Agrária (IPTA) para as diferentes safras (Tabela 3).

Tabela 3 Recomendações de épocas de semeadura e colheita de soja e milho para o departamento de Alto Paraná

Cultura	Época de semeadura	Época de Colheita
Soja	Setembro, outubro e novembro	Fevereiro, março e abril
Milho	Final de dezembro, início de janeiro	Julho

Fonte: Adaptado de IPTA (2020)

Diante disso, para mapear o cultivo da safra de soja e milho, no período de primavera-verão, realizou-se uma pré-filtragem das imagens de satélite para os seguintes períodos: de 1º a 10 de dezembro de 2019 como primeira data; de 20 a 31 de dezembro, como segunda data; de 1º a 10 de janeiro e de 20 a 31 de janeiro de 2020. Para mapear o milho de inverno, utilizaram-se imagens de satélite nos seguintes períodos: de 1 a 10 de maio, 10 a 20 de maio, 20 a 30 de maio e 1 a 10 de junho.

Portanto, os mapeamentos de cultivo de verão (soja e milho) e de inverno (milho) foram feitos separadamente, dividindo os limites do Departamento do Alto Paraná em 4 regiões para melhorar a acurácia dos mapeamentos. Assim, em síntese, utilizaram-se imagens de satélite Sentinel-2 de 01/12/2019 até 31/01/2020, para o cultivo de verão, e de 01/05/2020 a 30/06/2020, para o cultivo de inverno.

Para esses períodos, a fim de retirar as imagens com excesso de nuvens que dificultam o mapeamento, as imagens com presença de cobertura de nuvens maior que 10% foram descartadas do processamento para a realização dos mapeamentos.

Como pós-processamento, após a realização da classificação e consequente mapeamento dos cultivos, no software Qgis, as áreas menores que 5.000 m<sup>2</sup> foram removidas, por serem consideradas possíveis erros do processo de classificação ou áreas de culturas agrícolas muito pequenas.

A partir dos mapas de soja e milho, obtiveram-se as áreas plantadas e a produção dessas culturas dessa safra, que foram comparadas com o banco de dados oficial do Paraguai, da Diretoria de Censos e Estatísticas Agropecuárias (DCEA) do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAG).

Uma vez obtidas as superfícies plantadas de cada cultura, foram utilizados os valores de rendimento por hectare do departamento de acordo com MAG (2020), para soja, 3,115 ton.ha<sup>-1</sup> e, para milho, 5,9 ton.ha<sup>-1</sup>. Multiplicam-se esses valores pela área obtida no mapeamento para calcular a produção total do departamento e seus municípios.

### **6.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **6.1.3.1 Mapeamento de soja**

Para o mapeamento da safra 2019/2020 de soja para o Departamento do Alto Paraná, obteve-se uma área total plantada de 688.683 ha (Figura 16) contra 950.000 ha divulgados por dados oficiais (MAG, 2020). Portanto, pelo mapeamento por satélite em comparação com dados oficiais que não usam sensoriamento remoto, a área total de cultivo foi 261.317 ha (27,5%) menor. Essa diferença possivelmente é consequência da superestimação dos produtores no momento da realização dos questionários de área plantada realizados pelo MAG, bem como do momento da coleta de dados, que, no caso do mapeamento, foi durante o desenvolvimento da safra e o MAG sem data especificada.

Essa área multiplicada pela produtividade departamental, que, de acordo com o MAG (2020), foi de 3,115 t.ha<sup>-1</sup>, leva a uma produção total de 2.145.248 toneladas, contra 2.959.000 toneladas publicadas pelos dados oficiais para o mesmo ano safra. Essa produção corresponde a 19,5% da produção total do Paraguai (11.024.460 toneladas).

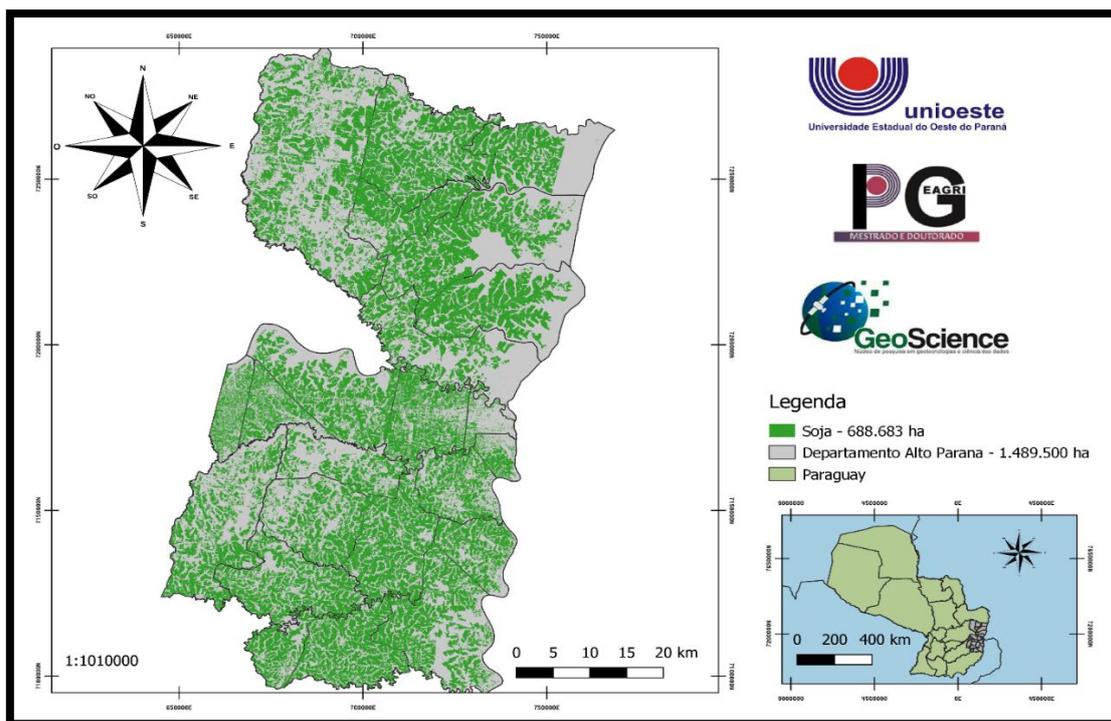


Figura 16 Mapeamento da soja no Departamento do Alto Paraná, safra 2019/2020  
Fonte: autor

Dentro dos 22 municípios do departamento, os que tiveram maior área plantada e produção foram Itakyry, Minga Pora e Mbaracayú, com 76.811 ha (239.266,3 ton.), 53.106 ha (165.425,2 ton.) e 52.731 ha (164.257,1 ton.), respectivamente. Esses dados dentro da área de semeadura e produção total do departamento correspondem a 11,5%, 7,71% e 7,65%, respectivamente, para esses municípios e o restante distribui-se pelos municípios restantes (Tabela 4). Atualmente, não existe um banco de dados oficial de área de cultivo e produção de soja para os 22 municípios do estado do Alto Paraná, pois são disponibilizados apenas dados gerais para os Departamentos.

Tabela 4 Área e produção de soja por municípios do Departamento do Alto Paraná, safra 2019/2020

Municípios	Área (ha)	Porcentagem (%)	Produção (ton)
Itakyry	76.811	11,15	239.266
Minga Pora	53.106	7,71	165.425
Mbaracayú	52.731	7,66	164.257
San Alberto	49.697	7,22	154.806
Ñacunday	42.881	6,23	133.574
Santa Fe del Paraná	40.419	5,87	125.905
Santa Rosa del Monday	40.325	5,86	125.612
San Cristobal	39.435	5,73	122.840
Yguazú	38.378	5,57	119.547
Naranjal	35.399	5,14	110.268
Iruña	35.268	5,12	109.860
Minga Guazú	28.945	4,20	90.164
Santa Rita	28.208	4,10	87.868

Fonte: autor

Tabela 4 Continuação

Municípios	Área (ha)	Porcentagem (%)	Produção (ton)
Hernandarias	24.592	3,57	76.604
Los Cedrales	20.385	2,96	63.499
Domingo Martínez de Irala	18.594	2,70	57.920
Tavapy	15.292	2,22	47.635
Dr. Juan León Mallorquin	14.179	2,06	44.168
Dr. Raul Peña	13.832	2,01	43.087
Juan E. O'Leary	11.317	1,64	35.252
Presidente Franco	5.608	0,81	17.469
Ciudad del Este	3.281	0,48	10.220
Total	688.683	100	2.145.248

Fonte: autor

### 6.1.3.2 Mapeamento de milho

Para o milho, safra 2019/2020, foram mapeados os cultivos de verão e de inverno. Para o verão, obteve-se uma área de 10.243 ha no departamento (Figura 17), o que corresponde a cerca de 0,68% da área total do departamento do Alto Paraná. No entanto, esse resultado não pode ser comparado com a base de dados MAG (2020), uma vez que, na sua síntese estatística da produção nacional, não existe divisão de milho de verão e milho de inverno. Essa área multiplicada por 5,90 t.ha<sup>-1</sup>, que é a produtividade departamental mencionada pelo MAG (2020), resultou em uma produção total de 60.433 toneladas de milho no verão. Como não há dados oficiais para a produção total de milho no departamento do Alto Paraná, não foi possível realizar a comparação.

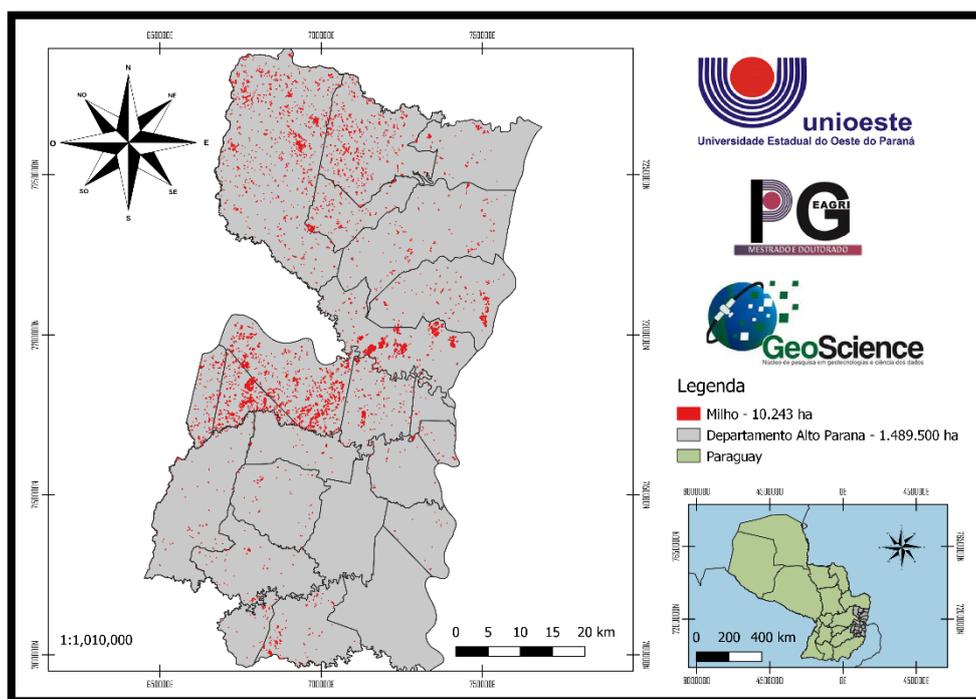


Figura 17 Mapeamento do milho verão no Departamento do Alto Paraná safra 2019/2020

Fonte: autor

Com o mapeamento da safra de milho no verão, a área e a produção foram determinadas para os 22 municípios do departamento (Tabela 5). Não foram encontradas áreas de milho nos municípios de Santa Rosa del Monday e Ñacunday. Os municípios com maior área e produção foram Yguazú (1.934 ha e 11.411 ton), Hernandarias (1.892 ha e 11.163 ton) e Itakyry (1.845 ha e 10.886 ton), que respondem juntos por 55,36% da área de cultivo e produção do departamento. Da mesma forma, para o cultivo da soja, atualmente, não existe um banco de dados oficial com esses dados, por município, no departamento do Alto Paraná.

Tabela 5 Área e produção de milho verão por municípios do Departamento do Alto Paraná, safra 2019/2020

<b>Municípios</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>	<b>Produção (Ton)</b>
Yguazú	1.934	18,88	11.411
Hernandarias	1.892	18,47	11.163
Itakyry	1.845	18,01	10.886
Juan León Mallorquín	1.066	10,41	6.289
Minga Porá	955	9,32	5.635
San Alberto	542	5,29	3.198
Minga Guazú	425	4,15	2.508
Santa Fe del Paraná	385	3,76	2.272
Juan E. O'Leary	250	2,44	1.475
Iruña	240	2,34	1.416
Mbaracayú	218	2,13	1.286
San Cristobal	89	0,87	525
Naranjal	78	0,76	460
Tavapy	71	0,69	419
Santa Rita	70	0,68	413
Ciudad del Este	51	0,5	301
Presidente Franco	43	0,42	254
Dr. Raul Peña	36	0,35	212
Los Cedrales	34	0,33	201
Domingo Martínez de Irala	19	0,19	112
<b>Total</b>	<b>10.244</b>	<b>100</b>	<b>60.434</b>

Fonte: autor

Para o cultivo de milho, na safra de inverno, safra 2019/2020, no departamento de Alto Paraná, detectou-se uma área de 108.650 ha (Tabela 6), que corresponde a 7,29% da área total do departamento (Figura 18). Considerando a produtividade média de 5,90 t.ha<sup>-1</sup> oficial do Departamento (qual é a mesma produtividade média da safra de milho no verão), publicado pelo MAG (2020), obtém-se uma produção total de 641.035 ton de milho no inverno. Segundo o MAG (2020), a área total de milho, para a safra 2019/2020 (sem diferenciar se é produção de verão ou inverno), foi de 300.000 ha. No inverno, o cultivo de milho foi observado em todos os municípios do departamento, o que não ocorreu no período de verão.

A área total de milho (verão e inverno) obtido nos mapeamentos foi de 118.894 ha, apenas 39,63% do valor mencionado pelos dados oficiais. A produção total apontada pelo MAG (2020) de 1.770.000 toneladas é superior ao observado por sensoriamento remoto, que foi de 701.469 toneladas. Essa diferença entre os valores oficiais e os obtidos é consequência

das diferenças nas metodologias de obtenção dos dados. O MAG (2020) refere, na sua síntese estatística 2019/2020, que a informação compilada no documento resulta da recolha de informação por meio do levantamento de informantes qualificados (fonte secundária), com base em diferentes técnicas de coleta (telefonemas, entrevistas, e-mail, notas etc.).

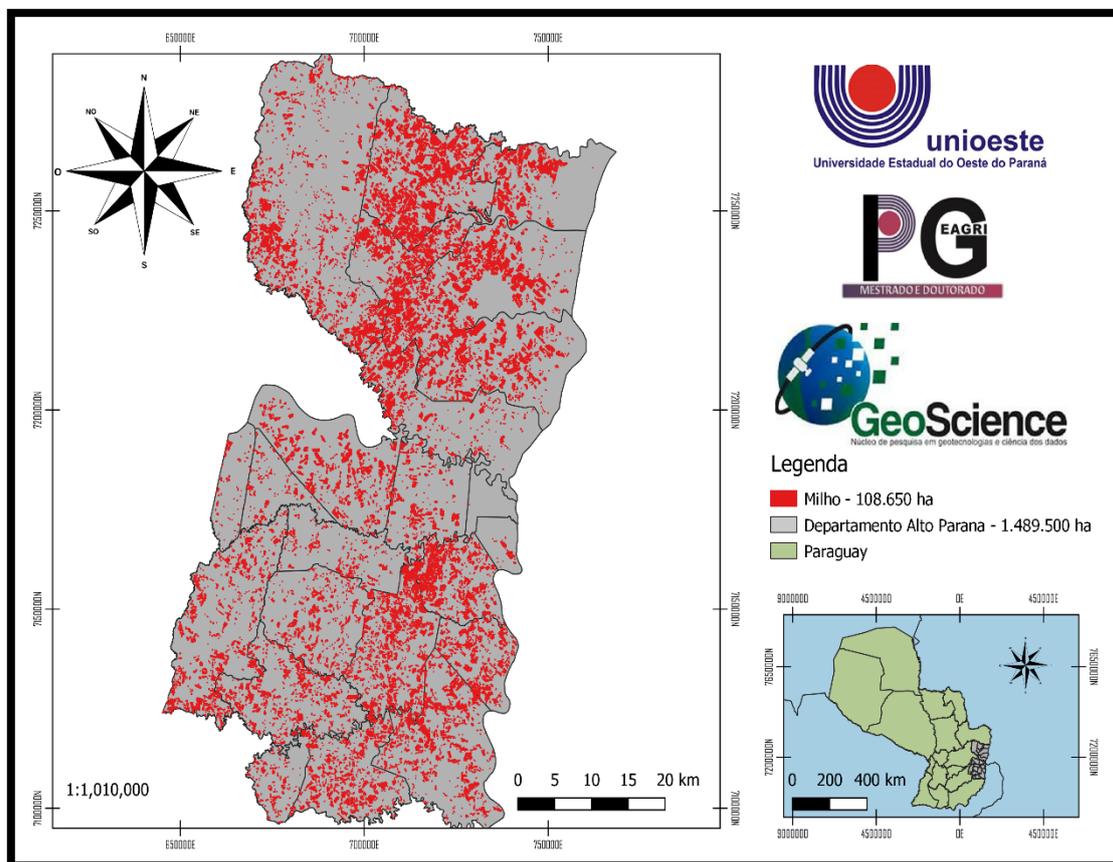


Figura 18 Mapeamento do milho de inverno no Departamento do Alto Paraná, safra 2019/2020  
Fonte: autor

Os municípios com maior área e produção de milho (verão e inverno) foram Minga Porá (16.025 ha e 94.548 ton), Mbaracayú (14.316 ha e 84.464 ton) e San Alberto (12.229 ha e 72.151 ton). Os três municípios respondem a 35,81% da produção total do departamento (Tabela 6). Atualmente, também não há banco de dados oficial da produção de milho no inverno por municípios do estado do Alto Paraná, bem como de soja e milho no verão.

Tabela 6 Área e produção do milho inverno por municípios do Departamento do Alto Paraná, safra 2019/2020

Municípios	Área (ha)	Porcentagem (%)	Produção (Ton)
Minga Porá	15.070	13,87	88.913
Mbaracayú	14.098	12,98	83.178
San Alberto	11.687	10,76	68.953
Itakyry	9.049	8,33	53.389
Santa Fe del Paraná	7.859	7,23	46.368
Santa Rosa del Monday	7.353	6,77	43.383
Yguazú	5.564	5,12	32.828
Ñacunday	5.496	5,06	32.426
Los Cedrales	5.323	4,90	31.406
San Cristobal	4.726	4,35	27.883
Hernandarias	4.254	3,92	25.099
Iruña	3.700	3,41	21.830
Naranjal	3.602	3,32	21.252
Domingo Martínez de Irala	3.204	2,95	18.904
Santa Rita	2.335	2,15	13.777
Minga Guazú	2.232	2,05	13.169
Tavapy	926	0,85	5.463
Dr. Raul Peña	889	0,82	5.245
Juan Leon Mallorquin	702	0,65	4.142
Juan E. O'Leary	305	0,28	1.800
Presidente Franco	264	0,24	1.558
Ciudad del Este	12	0,01	71
<b>Total</b>	<b>108.650</b>	<b>100</b>	<b>641.035</b>

Fonte: autor

### 6.1.4 CONCLUSÕES

A geração de mapas de cultivos agrícolas de soja e milho, no departamento do Alto Paraná, no Paraguai, com a plataforma Google Earth Engine, utilizando imagens Sentinel-2, permitiu a identificação da área plantada, bem como a estimativa da produção geral para cada um dos 22 municípios.

No entanto, os dados obtidos com essa metodologia foram menores que os publicados oficialmente, certamente, pela diferença na forma como os dados dessas culturas são levantadas. Destaca-se que não existe publicação nas páginas do governo paraguaio dedicadas ao monitoramento do setor agropecuário, de dados de área plantada e produção, por municípios.

Foram mapeados 688.683 ha de soja e 118.894 ha de milho (verão e inverno) em todo o departamento. Constatou-se que os municípios com maior área plantada são Itakyry, para soja, Yguazu, para milho verão, e Minga Porá, para milho inverno.

### 6.1.5. REFERÊNCIAS

ACHANTA, R.; SUSSTRUNK, S. **Superpixels and Polygons using simple non-iterative clustering**. In: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017.

Disponível em:  
[https://openaccess.thecvf.com/content\\_cvpr\\_2017/papers/Achanta\\_Superpixels\\_and\\_Polygons\\_CVPR\\_2017\\_paper.pdf](https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2017/papers/Achanta_Superpixels_and_Polygons_CVPR_2017_paper.pdf). Acesso em: 1 mai. 2021.

BECKER, W.R.; CARVALHO, L.E.; JOHANN, J.A; SILVA, L.C.de A.; PALUDO, A.; RICHETTI, J.; RAMBO, E. M. Google Earth Engine como instrumento de classificação uso e cobertura do solo no município de Cascavel, Paraná, Brasil. *In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. INPE. Santos, SP, Brasil, 2019.

CECHIM JÚNIOR, C. **Mapeamento e estimação de área de cana-de-açúcar no estado do Paraná**. Orientador: Jerry Adriani Johann. 2016. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.

CHO, D.F. **Processamento de Imagens Sentinel na Nuvem para o Monitoramento das Autorizações de Supressão de Vegetação em Empreendimentos Hidrelétricos na Amazônia Legal**: Estudo de Caso na UHE São Manoel. Orientador: Edson Eyji Sano. 2021. 119 f. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas e Geodinâmica) - Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em:  
[https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/41392/1/2021\\_DavidFernandoCho.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/41392/1/2021_DavidFernandoCho.pdf). Acesso em: 27 mai. 2022.

DHILLON, I.; GUAN, Y.; KULIS, B. **Weighted graph cuts without eigenvectors**: a multilevel approach. 2007. Disponível em: [https://people.bu.edu/bkulis/pubs/pami\\_multilevel.pdf](https://people.bu.edu/bkulis/pubs/pami_multilevel.pdf). Acesso em: 27 mai. 2022.

DINIZ FERREIRA DE SOUZA, J.M.; MACIEL, D.A.; GAMA, F.F.; ADAMI, M. **Avaliação do Sentinel-2, NDVI e MLME para Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra**. 2020. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/343800290\\_Avaliacao\\_do\\_Sentinel-2\\_NDVI\\_e\\_MLME\\_para\\_Mapeamento\\_do\\_Uso\\_e\\_Cobertura\\_da\\_Terra](https://www.researchgate.net/publication/343800290_Avaliacao_do_Sentinel-2_NDVI_e_MLME_para_Mapeamento_do_Uso_e_Cobertura_da_Terra). Acesso em: 27 mai. 2022.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento Remoto em Agricultura**. São José dos Campos - SP: Oficina de Textos, 2017.

GOMEZ FERNANDES, D. **Uso de imagens Sentinel-2 na identificação de áreas com infestação do capim-annoni-2 no complexo eólico cerro chato, Santana do Livramento, RS**. Orientador: Dejanira Luderitz Saldanha. 2017. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em:  
<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/173600/001062038.pdf?sequence=1>. Acesso em: 27 mai. 2022.

GORELICK, N., HANCHER, M., DIXON, M., ILYUSHCHENKO, S., THAU, D., MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, [s.l.], v. 202, p. 18-27, 2017. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.03>. Acesso em: 28 mai. 2021.

INE. **Compendio estadístico 2020**. Disponível em:  
[https://www.ine.gov.py/Publicaciones/Biblioteca/documento/4ec5\\_Compendio%20Estadistico%20del%20Py%202020%20\(19%20mayo%202022\).pdf](https://www.ine.gov.py/Publicaciones/Biblioteca/documento/4ec5_Compendio%20Estadistico%20del%20Py%202020%20(19%20mayo%202022).pdf). Acesso em: 27 mai. 2022.

IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agrarias). **Catálogo de Variedades**: algodón, arroz, trigo, soja, maíz y sésamo. 2019. Disponível em: [https://ipta.gov.py/application/files/6015/8840/6221/Catalogo\\_Var\\_2020\\_digital\\_abril\\_c.pdf](https://ipta.gov.py/application/files/6015/8840/6221/Catalogo_Var_2020_digital_abril_c.pdf). Acesso em: 30 abr. 2021.

LI, Z.; CHEN, J. Superpixel segmentation using linear spectral clustering. *In: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2015. Disponível em: [https://www.cv-foundation.org/openaccess/content\\_cvpr\\_2015/papers/Li\\_Superpixel\\_Segmentation\\_Using\\_2015\\_CVPR\\_paper.pdf](https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_cvpr_2015/papers/Li_Superpixel_Segmentation_Using_2015_CVPR_paper.pdf). Acesso em: 27 mai. 2022.

MITCHELL, T.M. **Generative and discriminative classifiers: naive bayes and logistic regression**. Disponível em: <https://www.cs.cmu.edu/~tom/mlbook/NBayesLogReg.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2022.

PALUDO, A. **Google Earth engine para mapeamento de culturas agrícolas no Paraná**. Orientador: Jerry Adriani Johann. 2019. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

PALUDO, A.; BECKE, W. R.; RICHETTI, J.; SILVA, L. C. DE A.; JOHANN, J. A. Mapping summer soybean and corn with remote sensing on Google Earth Engine cloud computing in Parana state – Brazil. **International Journal of Digital Earth**, [s.l.], v. 0, n. 0, p. 1-13, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1772893>. Acesso em: 30 mai. 2021.

PAN, H.; CHEN, Z.; DE WIT, A.; REN, J. Joint Assimilation of Leaf Area Index and Soil Moisture from Sentinel-1 and Sentinel-2 Data into the WOFOST Model for Winter Wheat Yield Estimation. **Sensors (MDPI)**, [s.l.], v. 19, n. 14, p. 3161, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/14/3161>. Acesso em: 27 mai. 2022.

PEKHOLTZ, F. **Estimación por análisis Geo-Espacial de cobertura de los principales cultivos mecanizados de la campaña agrícola 2013/2014, en la región oriental del Paraguay**. 2014. Disponível em: <https://www.inbio.org.py/informes/superficies-siembra/2014/Zafra2014-2015.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2022.

PENHA, A. R., BOLFE, E. L., PEREIRA MENDES, P. R., PERREIRA, T. C., VICTORIA, D. **Imagens sentinel - 2a para mapeamento de uso e cobertura da terra em áreas de expansão agrícola no cerrado**. 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1146118/1/RE22601-CIIC2022.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2022.

PERILLA, G. A.; MAS, J. **Google Earth Engine (GEE): una poderosa herramienta que vincula el potencial de los datos masivos y la eficacia del procesamiento en la nube**. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n101/2448-7279-igeo-101-e59929.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2022.

## 6.2. ARTIGO 2 – SENSORIAMENTO REMOTO NA ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO ESTÁTICA E DINÂMICA DAS UNIDADES DE ARMAZENAMENTO EM ALTO PARANÁ, PARAGUAI

**RESUMO:** A produção de grãos precisa ser armazenada após sua colheita até que seja utilizada no mercado interno ou exportada. Dessa forma, a capacidade instalada de armazéns de grãos deveria minimamente suprimir essa produção. No entanto, atualmente, o Paraguai não tem informação da disponibilidade de unidades de armazenamento de grãos. Sendo assim, com mapa da localização e com a capacidade de armazenamento das unidades de armazenamento (UAs) já instaladas, é possível verificar a existência ou não de déficit na capacidade de armazenamento de grãos no Paraguai e identificar as regiões em que são necessárias mais unidades de armazenamento de grãos. Os objetivos desta pesquisa foram geolocalizar as UAs, estimar a capacidade de armazenamento estático (CEA) e a capacidade de armazenamento dinâmico (CDA) delas, e, por fim, identificar áreas sem cobertura de armazenamento no departamento do Alto Paraná, Paraguai. A geolocalização da UAs foi realizada no software QGis, assim como a quantificação do diâmetro dos silos. A partir de dados de campo e de catálogos de fabricantes de UAs, tabularam-se dados dos silos e, por meio de uma regressão linear, estimou-se a CEA e a CDA. Foram geolocalizadas 187 UAs no departamento de Alto Paraná. O modelo de regressão utilizado para estimar a altura (Y), a partir do diâmetro (x), foi  $Y=8,8593 + 0,508 x$ , com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 85,02% e 94% para o coeficiente de determinação ajustado. Com base nesse modelo, estimou-se a CEA em 2,6 milhões de toneladas e a CDA em mais de 3,8 milhões de toneladas de capacidade de armazenamento, distribuídas pelos 22 municípios do departamento. Essa informação por município é extremamente importante, pois não existem valores divulgados por instituições governamentais sobre o assunto para os diferentes municípios. Também, foram encontradas áreas com produção agrícola, mas sem abrangência do escopo das UAs (áreas não contempladas), locais potencialmente atuantes para a instalação de novas UAs, principalmente como Itakyry, de mais de 300 mil toneladas em um ano safra, com CEA de apenas 49 mil toneladas.

**PALAVRAS-CHAVE:** geolocalização, regressão linear, áreas sem cobertura de armazenamento.

## ARTICLE 2 – REMOTE SENSING IN THE ESTIMATION OF STATIC AND DYNAMIC STORAGE CAPACITY OF STORAGE UNITS IN ALTO PARANÁ, PARAGUAY

**ABSTRACT:** Grain production needs to be stored after it has been harvested until it is used in the domestic or foreign market. Thus, the installed capacity of grain warehouses should minimally suppress this production. However, currently, Paraguay does not have information about the availability of grain storage units. Thus, with a map of the location and the storage capacity of the already installed storage units (SUs), it is possible to verify the existence or not of deficit in the grain storage capacity in Paraguay and identify the regions where more grain SUs are needed. The objectives of this research were to geolocate the SUs, estimate their static storage capacity (SSC) and dynamic storage capacity (DSC), and, finally, identify areas without storage coverage in the Department of Alto Paraná, Paraguay. The geolocation of the SUs was performed in QGis software, as well as the quantification of the diameter of the silos. From field data and SUs manufacturers' catalogs, data from the silos were tabulated, and the SSC and DSC were estimated through linear regression. 187 SUs were geolocated in the Alto Paraná department. The regression model used to estimate height (Y) from the diameter (x) was  $Y=8.8593 + 0.508 x$ , with a coefficient of determination ( $R^2$ ) of 85.02% and 94% for the adjusted coefficient of determination. Based on this model, the SSC was estimated at 2.6

million tons and the DSC at more than 3.8 million tons of storage capacity, distributed over the 22 municipalities in the Department. This information per municipality is critical because government institutions release no figures on the subject for the different municipalities. Also, areas with agricultural production but not included in the scope of the SUs (areas not contemplated) were found to be potentially active places for the installation of new SUs, mainly as Itakyry, of more than 300 thousand tons in a harvest year, with an SSC of only 49 thousand tons.

**KEYWORDS:** geolocation, linear regression, areas without storage coverage.

### 6.2.1. INTRODUÇÃO

Como a agricultura é um setor chave da economia do Paraguai, pois representa 30% do Produto Interno Bruto (PIB) e 40% das exportações, é evidente que os riscos agrícolas têm repercussões no crescimento da economia (e suas exportações), nas finanças públicas e no desempenho das cadeias de valor. O Paraguai perde cerca de US\$ 237 milhões anuais em média, ou seja 5,4% do PBI, devido a riscos de produção que poderiam ser administrados nas principais cadeias agrícolas. As atividades mais afetadas são o fornecimento de insumos, como maquinário, armazenamento e transporte (BANCO MUNDIAL, 2020).

Uma forma eficiente de localizar áreas cultivadas é por meio de ferramentas de sensoriamento remoto (PALUDO *et al.*, 2020). Da mesma forma, é possível localizar as unidades de armazenamento (UA) disponíveis nas áreas de produção de forma rápida e sem a necessidade de georreferenciamento de campo. O Paraguai não possui mapas que descrevam com precisão a localização das principais culturas extensivas de grãos em escala nacional, o que é um pré-requisito para muitas aplicações. Por exemplo, para a estimativa da área semeada, produtividade e produção agrícola, é necessário haver informações georreferenciadas. A obtenção de uma distribuição espacial das culturas permitiria estratificar a área para amostragem de campo e otimizar os recursos dos programas de estimativa da área semeada, além do rendimento de cada safra, reduzindo o erro de um país e de cada região (CESPOL, 2016; EMBRAPA, 2019).

Essa produção de grãos precisa ser armazenada após sua colheita, até que seja utilizada no mercado interno ou exportada. Dessa forma, a capacidade instalada de armazéns de grãos deveria minimamente suprimir tal produção. No entanto, atualmente, o Paraguai não tem informação da disponibilidade de unidades de armazenamento de grãos. Sendo assim, sabendo onde estão localizadas e quanto é a capacidade de armazenamento das unidades de armazenamento já instaladas, será possível identificar as regiões em que são necessárias mais unidades de armazenamento de grãos, ou seja, com um mapa da localização das unidades de armazenamento, será possível identificar a existência ou não de um déficit na

capacidade de armazenamento de grãos no Paraguai (AZEVEDO *et al.*, 2008; BRANDÃO *et al.*, 2018).

Ademais, Ballou (2006) acrescenta que a armazenagem agrega valor temporal à mercadoria por conseguir ofertá-la em outro período de tempo, deixando disponível para o consumo, sendo um elemento relevante para todo sistema econômico com destaque para o agronegócio. A realidade atual mostra que a localização da capacidade estática de armazenagem é inadequada, pois é concentrada nos centros urbanos, quando o ideal seria que as unidades se concentrassem nas propriedades rurais e no campo (CICOLIN e OLIVEIRA, 2016; CIMA, 2019).

O armazenamento agrícola é considerado, na atualidade, um dos principais gargalos do sistema logístico, colocando os agricultores e o país em uma situação de desvantagem lucrativa em termos de ganhos produtivos. A falta de capacidade estática de armazenagem diminui o sistema logístico nacional e, no agronegócio, causa transtornos às unidades produtoras de grãos, além de comprometer a qualidade intrínseca e extrínseca do grão (TRINDADE e PACHECO, 2015).

Nesse sentido, é relevante organizar bancos de dados georreferenciados para a realização de análise espacial de áreas, com técnicas de geoprocessamento, estatística espacial de áreas e análise multivariada, em estudos que focam o armazenamento de produção agrícola. A localização dessas centrais de armazenagem é um fator de destaque por várias razões, ademais, pela possibilidade de redução de custos, de produção e transação. Observa-se, no contexto atual, que as cooperativas e as agroindústrias procuram se instalar onde os grãos são produzidos, minimizando, dessa forma, seus custos com logística de armazenamento dos grãos (CIMA, 2019).

Segundo o Banco de Desarrollo de América Latina (2016), a capacidade instalada de armazenamento de grãos no Paraguai foi estimada em cerca de 9 milhões de toneladas naquele ano. Porém, para o mesmo ano, o MAG (2016) publicou que apenas a produção de soja foi superior a 10 milhões de toneladas, detectando, assim, um déficit considerável naquele ano.

Portanto, os objetivos desta pesquisa foram geolocalizar as UAs, estimar a capacidade de armazenamento estático (CEA) e a capacidade de armazenamento dinâmico (CDA) delas e, por fim, identificar áreas sem cobertura de armazenamento no departamento do Alto Paraná, Paraguai.

## 6.2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 6.2.2.1 Geolocalização das Unidades Armazenadoras (UAs) e determinação das Capacidades de Armazenamento Estática (CEA) e Dinâmica (CDA) dos Silos

Para os dados de geolocalização das unidades de armazenamento, foi utilizado o software QGIS (Figura 19), no qual imagens de satélite Google Hybrid, ERSI e Bing foram utilizadas como mapa base em combinação com os arquivos shapefile do departamento de Alto Paraná e seus municípios.

A partir disso, foi criada uma malha de grade de 1 km<sup>2</sup>, gerando um total de 14.769 polígonos, em que se fez inspeção visual para geolocalizar as UAs. Após geolocalizar as UAs, foi utilizada a ferramenta Field Calculator no QGIS para extração da latitude e longitude de cada UA georreferenciada.

Uma vez que todas as UAs foram geolocalizadas, foi necessário estimar a Capacidade Estática de Armazenamento (CEA). Para isso, as medidas de diâmetro dos silos verticais foram estimadas nas imagens de satélite.

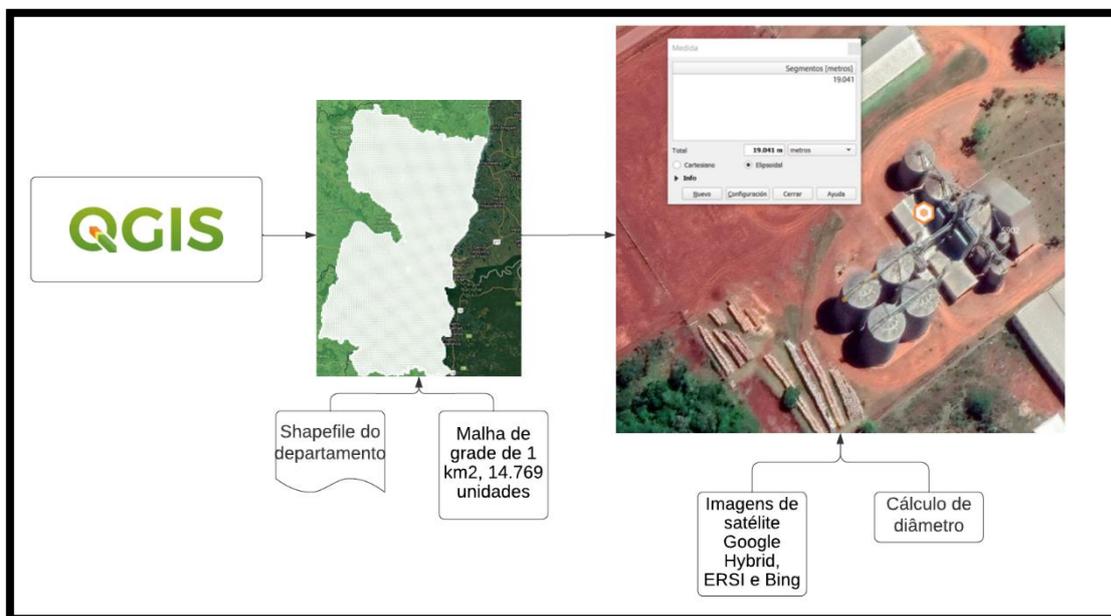


Figura 19 Fluxograma de etapas para a geolocalização e medição do diâmetro dos silos  
Fonte: autor

Para silos verticais, também foi necessário determinar a altura (h) para cada UA. Para isso, foi realizada uma modelagem estatística utilizando dados de CEA, altura e diâmetro de algumas UAs que foram medidas em campo. No entanto, como a quantidade de dados coletados a campo era pequena, também foram utilizados dados dos catálogos das marcas

de silos construídas no Paraguai (marcas, como Kepler Weber, Comil, GSI, Cash and Carry e Consilos).

Primeiro, um modelo de regressão linear simples foi usado para estimar as alturas dos silos individuais, considerando os valores de diâmetro que foram estimados a partir de imagens de satélite.

Com os dados de diâmetro (m) e altura (m) dos silos verticais, o volume (m<sup>3</sup>) deles foi calculado com as Equações 1 a 3, em que a Equação 2 refere-se ao volume do cilindro e a Equação 3, ao volume do cone. De posse desses volumes, multiplicou-se pela densidade aparente (da) dos produtos agrícolas (usou-se a média do intervalo), divulgados pela FAO (Tabela 7), obtendo-se, assim, a CEA em toneladas, por silo vertical. Esses cálculos foram realizados no software Excel.

$$\text{CEA: } (V1 + V2) * da \quad (1)$$

$$\text{Volume do Cilindro: } V1 = \pi .r^2 .h \quad (2)$$

$$\text{Volume do Cone: } V2 = (\pi r^2 h) / 3 \quad (3)$$

em que:

V: é o volume dos silos verticais (m<sup>3</sup>);

r: é o raio dos silos verticais (m);

h: é a altura de cada seção do silo vertical (cilindro e cone) (m);

da: é a densidade aparente de produtos agrícolas sólidos (kg/m<sup>3</sup>)

Tabela 7 Densidade aparente de produtos agrícolas para armazenamento de grãos

Produtos Agrícolas (grãos)	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )
Soja	720 – 800
Milho	700 – 820

Fonte: Adaptado da FAO (<http://www.fao.org/3/X5050S/x5050S05.htm>).

Para o cálculo da Capacidade Dinâmica de Armazenamento (CDA), foi utilizado o fator de rotação de 1,5 do CEA por UAs, segundo metodologia de Nogueira e Tsunechiro (2005), fator que os autores apresentam como valor de parâmetro universal, citado por Maia *et al.* (2013).

### 6.2.2.2 Mapeamento de cultivos de soja e milho e suas produções

Foram feitos três mapas de cultivos, soja, milho verão e milho inverno (Figura 20) utilizando a plataforma Google Earth Engine, de forma que se obteve uma área total de 807.577 ha (688.683 ha para soja e 118.894 para milho) e uma produção total de 2.846.717 toneladas (2.145.248 toneladas para soja e 701.469 toneladas para milho).

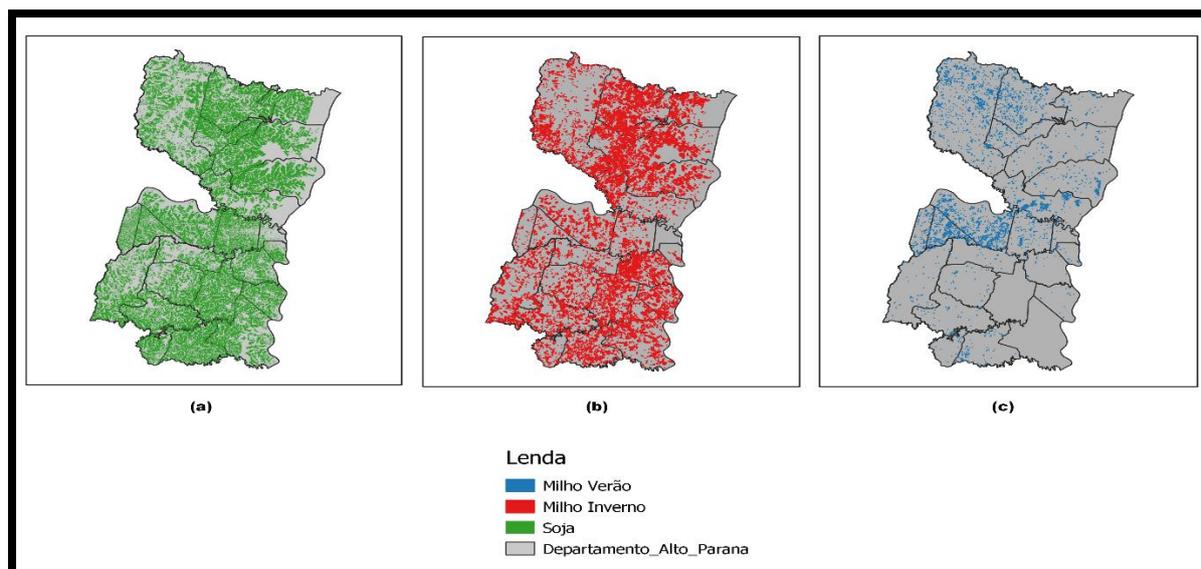


Figura 20 Mapeamento da soja (a), milho inverno (b) e milho verão (c) no Departamento do Alto Paraná, safra 2019/2020

Fonte: autor

Foi calculada a produção por pixel de cada mapeamento, multiplicando a área de cada pixel pelo rendimento de grãos, com os valores oficiais de produção divulgados pelo MAG (2020), que foram de  $3.115 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$  para soja e  $5,9 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$  para milho. Por fim, as produções por pixel de cada mapa criado (soja, milho verão e milho inverno) foram somadas em um único mapa da produção total de soja e milho (Figura 21).

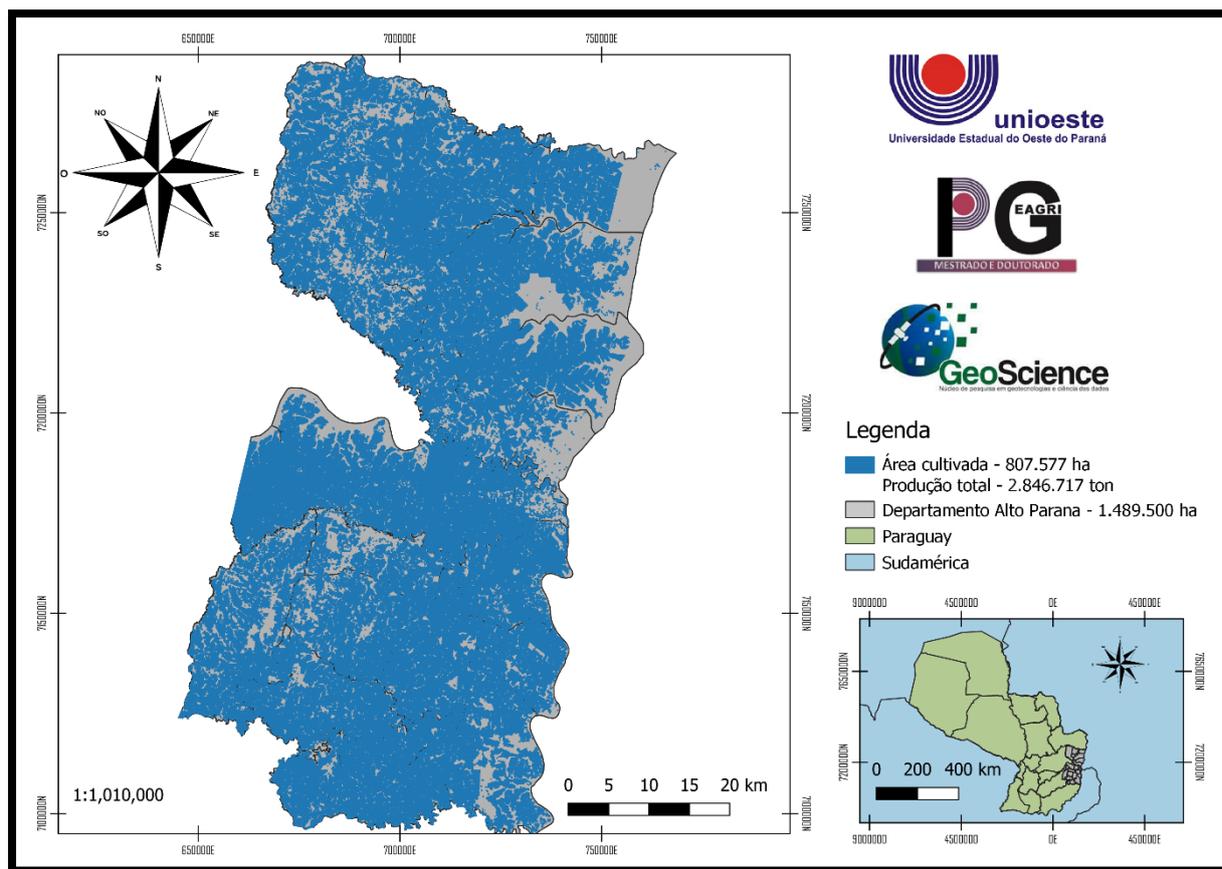


Figura 21 Mapeamento total da superfície e produção no Departamento do Alto Paraná, safra 2019/2020

Fonte: autor

### 6.2.2.3 Estudo da cobertura de armazenamento espacial das Unidades de Armazenamento

Uma vez calculada a CEA e o CDA do departamento, foi possível identificar esses mesmos dados para os 22 municípios no QGis, bem como a comparação entre a produção total de grãos e a capacidade instalada de armazenamento.

Finalmente, para identificar as áreas sem cobertura de armazenamento e definir possíveis regiões de instalação de novas UAs, foi necessário utilizar mapas de produção em formato raster, juntamente com as informações de localização das UAs com as respectivas informações sobre a CEA. Com essas informações, foi possível determinar novos locais no departamento em que há déficit de UAs, mas existem áreas agrícolas.

Esse resultado foi obtido por meio da utilização de um *script* criado no Núcleo GeoScience, em que a CEA das UAs é usada para se criar um buffer crescente, em que são adicionadas as saídas por pixel do mapeamento, até que o valor CEA de cada UA seja alcançado. Os buffers crescem ao redor das UAs simultaneamente; se o buffer de duas UAs

se cruzarem, eles dividem a produção entre elas e continuam a expansão até atingir o valor CEA de cada UA.

Ao final desse processo, os pixels do mapa que não foram contabilizados por nenhuma UAs são exportados, resultando, assim, em áreas agrícolas teoricamente descobertas de UAs. A partir da análise dessas áreas, é possível sugerir locais para instalação de novas UAs, podendo também calcular o CEA ou CDA necessária para futuras UAs. Todo esse processo foi realizado numa plataforma on-line chamada Google Colaboratory com linguagem de programação Python.

## 6.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.2.3.1 Geolocalização das Unidades Armazenadoras (UAs)

A geolocalização das UAs resultou em um total de 187 unidades armazenadoras de grãos encontradas nesse departamento (Figura 22), sendo todos silos verticais. A maior quantidade de UAs foi encontrada nos municípios de Mbaracayú (23), San Alberto (23) e Santa Fe del Paraná (19) (Tabela 8), que juntos possuem 35% da UAs de Alto Paraná.

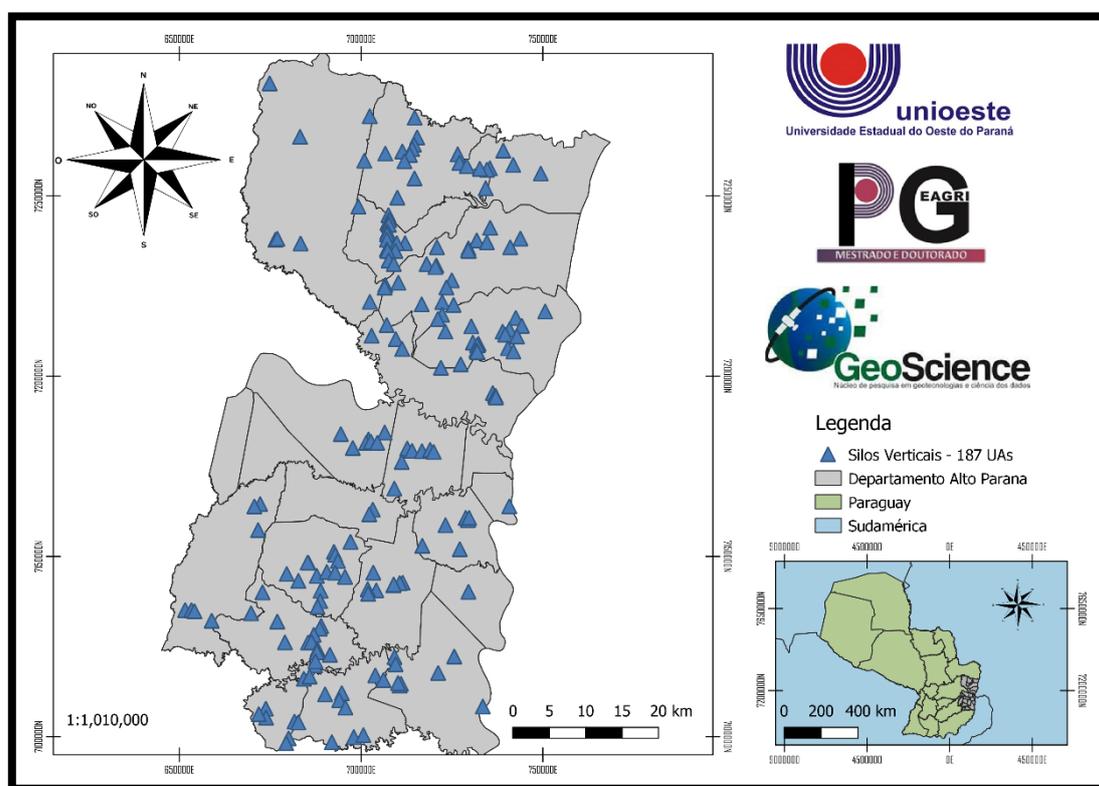


Figura 22 Geolocalização das UAs do departamento Alto Paraná, Paraguai  
Fonte: autor

### 6.2.3.2 Determinação das Capacidades de Armazenamento Estática (CEA) e Dinâmica (CDA) dos Silos

Assim que os diâmetros de cada um dos silos verticais foram medidos nas imagens de satélite, uma vez que não era possível medir as alturas dessa maneira, um modelo de regressão linear simples (Figura 23) foi ajustado obtendo-se a Equação 4 para estimar a altura do silos.

$$Y = 8,8593 + 0,508 x \quad (R^2 = 85,02\% \text{ e } R^2_{\text{ajustado}} = 94,00\%) \quad (4)$$

em que:

Y: altura do silo (m)

x: diâmetro do silo (m)

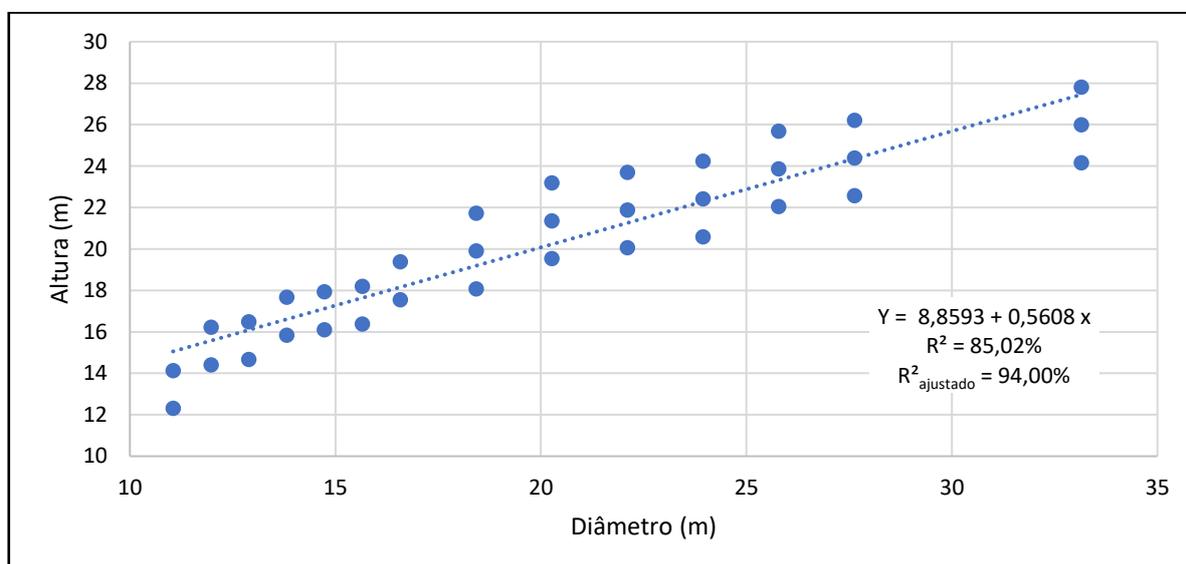


Figura 23 Gráfico de dispersão e regressão linear simples da altura e diâmetro dos silos, obtidos a campo e de catálogos de fabricantes

Fonte: autor

Observa-se, pelos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), que o modelo de regressão linear tem boa capacidade de inferir a altura dos silos. De posse dessas informações, determinou-se a CEA pelas Equações 1 a 3. Os resultados estão na Tabela 8.

De acordo com essa metodologia, foi estimado que as 187 UAs possuem uma CEA de 2.602.076 toneladas e uma CDA de 3.894.114 toneladas (Tabela 8) para armazenarem a produção de soja e milho. De acordo com a CAPECO (Câmara Paraguaia dos Exportadores de Grãos e Oleaginosas) (2016), em censo realizado em 2004, haviam sido contabilizadas 550 UAs em todo o Paraguai. No departamento do Alto Paraná, foram encontradas 187 UAs com uma CEA de 2.100.223 toneladas, no entanto, sem informar o valor de CDA para o departamento.

Tabela 8 Quantidade de Unidades Armazenadoras (UAs), Capacidade de Armazenamento Estática (CEA) e Dinâmica (CDA) para os municípios do departamento de Alto Paraná, Paraguai, safra 2019/2020

<b>Municípios</b>	<b>UAs</b>	<b>CEA (ton)</b>	<b>CDA (ton)</b>
San Alberto	23	448.569	672.854
Mbaracayú	23	267.688	392.531
Naranjal	14	264.996	397.494
Minga Porá	12	199.261	298.892
Santa Fe Del Paraná	19	177.819	266.729
Santa Rita	15	175.293	262.939
Dr, Raúl Peña	8	153.262	229.892
Ñacunday	8	146.100	219.150
Iruña	9	134.330	201.496
Yguazú	8	122.055	183.083
San Cristobal	8	114.324	171.486
Santa Rosa Del Monday	8	102.792	154.189
Hernandarias	7	90.418	135.627
Minga Guazú	9	86.262	129.394
Itakyry	6	49.500	74.251
Los Cedrales	6	32.504	48.756
Domingo Martínez de Irala	1	19.045	28.568
Tavapy	2	12.646	18.969
Presidente Franco	1	5.210	7.816
Ciudad Del Este	0	0	0
Juan León Mallorquín	0	0	0
Juan E, O'leary	0	0	0
<b>Total</b>	<b>187</b>	<b>2.602.076</b>	<b>3.894.114</b>

Fonte: autor

Cerca de 52,20% da CEA estão localizadas nas 91 UAs nos municípios de San Alberto (17,24%), Mbaracayú (10,29%), Naranjal (10,18%), Minga Porá (7,66%) e Santa Fe Del Paraná (6,83%), totalizando 1.358.333 toneladas (Tabela 8). Deve-se destacar que Santa Fe Del Paraná, embora tenha 19 UAS, possui CEA inferior a 200 mil toneladas, pois os silos nesse município têm menor volume de armazenamento, assim como Cidade del Este, Dr. Juan León Mallorquín e Juan e. O'Leary, em que nenhuma UA foi identificada.

### 6.2.3.3 Identificação de regiões para novas instalações de UAs

A produção total (soja, milho verão e inverno), para a safra 2019/2020, foi de 2.846.716 ton (Tabela 9), portanto, superior à CEA (Tabela 8), em 244.641 ton., ou seja, se considerar todas as UAs de Alto Paraná, haveria um déficit de apenas 8,59% de CEA. Porém, se considerarmos a CDA de 3.894.114 ton, teríamos uma sobra geral de armazenamento de 36,79% (1.047.397 ton - Tabela 9).

No entanto, observou-se que, se considerar a diferença entre a produção total dessas culturas e a CEA, por município do departamento de Alto Paraná, em apenas 7 deles (destacados em negrito na Tabela 9 – San Alberto, Mbaracayú, Naranjal, Santa Fe Del Paraná, Santa Rita, Dr, Raúl Peña, Iruña), a produção é menor que a CEA. Nos demais 15

municípios, a produção é maior que a CEA, o que poderia caracterizar um déficit de armazenamento.

Considerando os 4 municípios (Figura 24) com maior produção total (soja, milho verão e inverno), foram Itakyry (303.541 ton ou 10,66%), Minga Porá (259.973 ton ou 9,13%, Mbaracayu (248.721 ton ou 8,74%) e San Alberto (226.957 ton ou 7,97%); em um ano-safra no departamento (Tabela 9), constata-se um déficit na CEA de 71.174 toneladas. O caso mais crítico de déficit de armazenamento está no município de Itakyry, que apresenta um déficit de 254.41 toneladas, se considerar a CEA, ou de 229.290 toneladas, se considerar a CDA.

Em contraste, nos demais municípios, com produção total de grãos acima de 200.000 toneladas, não houve déficit na CEA nem na CDA, com exceção de Minga Porá, que apresentou déficit na CEA (60.712 toneladas), mas não na CDA (38.919 toneladas) em relação à produção total de grãos de 259.973 toneladas (Tabela 9 e Figura 24).

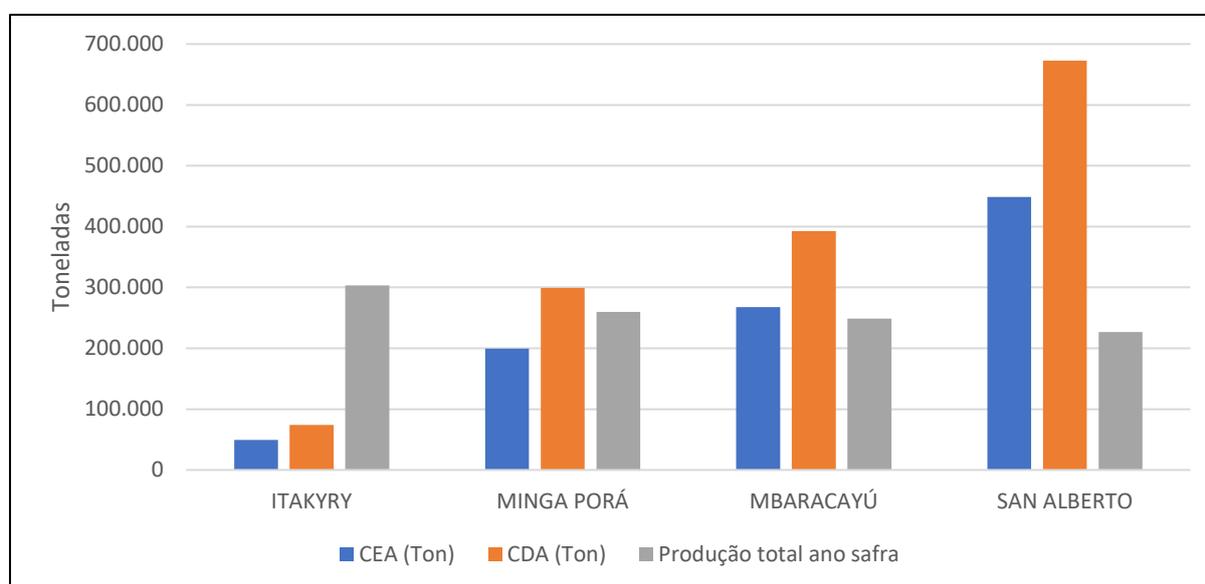


Figura 24 Comparação dos dados obtidos nos principais municípios produtivos  
Fonte: autor

Outros municípios com déficit de CEA superiores a 50 mil toneladas (Tabela 9), ou seja, que têm CEA inferior à produção de grãos, foram: Santa Rosa Del Monday (66.203 ton), Los Cedrales (62.601 ton); Domingo Martínez de Irala (57.891 ton), Juan León Mallorquín (54.891 ton), que totalizam um déficit de CEA de 241.294 ton e que representam 19,69% da produção total (395.636 ton) de Alto Paraná. Mesmo considerando da CDA, esses mesmos municípios teriam um déficit de CEA de 164.123 ton.

Por fim, foram calculadas as áreas não contempladas pelas UAs disponíveis, utilizando o script criado pelo Núcleo GeoScience, a fim de se obter uma área descoberta de 382.035 ha. Observa-se que as maiores áreas descobertas estão nos municípios de Itakyry, Yguazú, San Cristóbal, Santa Rosa del Monday, Domingo Martínez de Irala etc.; elas têm

áreas descobertas que confirmam o déficit anteriormente detectado. A vantagem de ter o déficit representado em um mapa (Figura 25) é que se visualiza onde estão oportunidades para instalação de novas UAs, para atender à demanda de produção de Alto Paraná.

Tabela 9 Produção total (soja e milho) e sua diferença com a Capacidade de Armazenamento Estática (CEA) e Dinâmica (CDA) para os municípios do departamento de Alto Paraná, Paraguai, safra 2019/2020

Municípios	Produção Total (ton) <sup>1</sup>	Produção Total (%)	Diferença (CEA - Produção)	Diferença (CDA - Produção)
Itakyry	303.541	10,66	-254.041	-229.290
Minga Porá	259.973	9,13	-60.712	<b>38.919</b>
Mbaracayú	248.721	8,74	<b>18.966</b>	<b>143.810</b>
San Alberto	226.957	7,97	<b>221.612</b>	<b>445.896</b>
Santa Fe Del Paraná	174.545	6,13	<b>3.275</b>	<b>92.184</b>
Santa Rosa Del Monday	168.996	5,94	-66.203	-14.807
Ñacunday	166.001	5,83	-19.901	<b>53.149</b>
Yguazú	163.786	5,75	-41.731	<b>19.297</b>
San Cristobal	151.249	5,31	-36.925	<b>20.237</b>
Iruña	133.106	4,68	<b>1.225</b>	<b>68.390</b>
Naranjal	131.980	4,64	<b>133.016</b>	<b>265.515</b>
Hernandarias	112.865	3,96	-22.448	<b>22.761</b>
Minga Guazú	105.840	3,72	-19.578	<b>23.554</b>
Santa Rita	102.057	3,59	<b>73.235</b>	<b>160.882</b>
Los Cedrales	95.106	3,34	-62.601	-46.349
Domingo Martínez de Irala	76.936	2,70	-57.891	-48.368
Juan León Mallorquín	54.599	1,92	-54.599	-54.599
Tavapy	53.517	1,88	-40.871	-34.548
Dr, Raúl Peña	48.544	1,71	<b>104.717</b>	<b>181.348</b>
Juan E, O'leary	38.527	1,35	-38.527	-38.527
Presidente Franco	19.280	0,68	-14.070	-11.465
Ciudad Del Este	10.592	0,37	-10.592	-10.592
<b>Total</b>	<b>2.846.716</b>	<b>100</b>	<b>-244.641</b>	<b>1.047.397</b>

Fonte: autor

<sup>1</sup> Soja, milho verão, milho inverno (Safra 2019/2020). Valores em **negrito** representam municípios sem déficit de armazenamento.

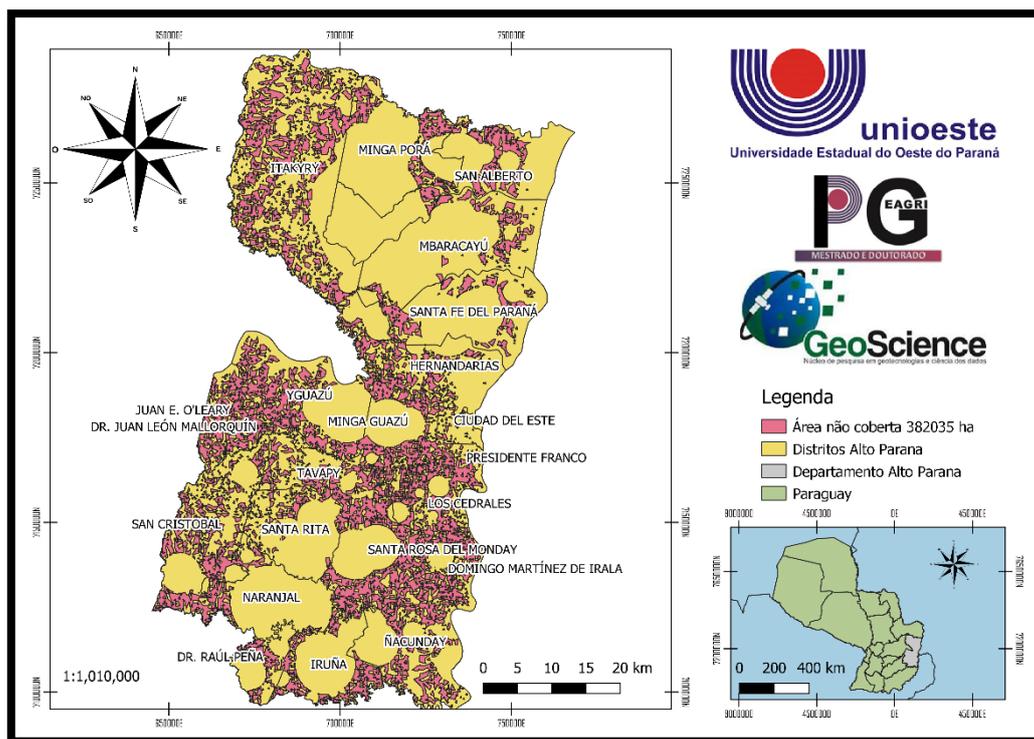


Figura 25 Mapeamento das áreas descobertas de UAs, de acordo com a produção total de grãos e a CEA  
 Fonte: autor

## 6.2.4 CONCLUSÕES

Foi possível a geolocalização das 187 UAs do departamento de Alto Paraná, no Paraguai, bem como a estimativa das CEA e CDA dessas UAs, que totalizaram mais de 2,60 milhões de toneladas (CEA) e de 3,89 milhões de toneladas (CDA), distribuídas pelos municípios do departamento.

Esses dados também foram apresentados para os 22 municípios que compõem o departamento. Essa diferenciação por município é extremamente importante, pois não existem valores divulgados por instituições governamentais sobre o assunto para os diferentes municípios.

Também, foram encontradas áreas com produção agrícola, mas sem abrangência do escopo das UAs (áreas não contempladas), áreas onde a instalação de novas UAs com altos benefícios pode ser possível, principalmente como Itakyry, que possui mais de 300 mil toneladas de produção no ano safra e tem apenas uma CEA de 49,5 mil toneladas ou uma CDA de 74,3 mil toneladas.

## 6.2.5. REFERÊNCIAS

AZEVEDO, L. F.; PINHEIRO DE OLIVEIRA, T.; GONÇALVES PORTO, A.; SCHWANZ DA SILVA, F. A capacidade estática de armazenamento de grãos no Brasil. *In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 2008, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Anais do XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro, RJ: ABEPRO, 2008.

Disponível em:

[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_stp\\_069\\_492\\_11589.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_stp_069_492_11589.pdf). Acesso em: 06 nov. 2020.

BALLOU, R. **Gerenciamento da cadeia de suprimento/logística empresarial**. 5. ed. São Paulo: Editora Bookman, 2006. Disponível em:

<https://redeprocurso.com.br/docs/T%C3%89CNICO%20EM%20LOG%C3%8DSTICA/Logistica%20Ballou.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.

BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA. **Perfil logístico de américa latina (PERLOG): Paraguay**. 2016. Disponível em:

[https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1023/CAF\\_%20PERLOG%20%20PARAGUAY.pdf?sequence=59&isAllowed=y](https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1023/CAF_%20PERLOG%20%20PARAGUAY.pdf?sequence=59&isAllowed=y). Acesso em: 25 jan. 2021.

BANCO MUNDIAL. **Análisis de riesgo del sector agropecuario en Paraguay: identificación, priorización, estrategia y plan de acción**. 2020. Disponível em:

<http://documents1.worldbank.org/curated/pt/105821468332711721/pdf/928660WP0SPANIO0Box385339B00PUBLIC0.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2021.

BRANDÃO, T.P. *et al.* O déficit na capacidade estática de armazenagem de grãos em Matopiba. *Revista Agri-Environmental Sciences*, [s.l.], v. 4, n. 1, 2018. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/331131250\\_O\\_DEFICIT\\_NA\\_CAPACIDADE\\_ESTATICA\\_DE\\_ARMAZENAGEM\\_DE\\_GRAOS\\_EM\\_MATOPIBA\\_RESUMO](https://www.researchgate.net/publication/331131250_O_DEFICIT_NA_CAPACIDADE_ESTATICA_DE_ARMAZENAGEM_DE_GRAOS_EM_MATOPIBA_RESUMO). Acesso em: 06 nov. 2020.

CAPECO (Cámara Paraguaya de Exportadores de Comercializadores de Cereales y Oleaginosas). **Logística de exportación de granos y mercados**. 2016. Disponível em:

<http://capeco.org.py/wp-content/uploads/2015/06/5-Sonia-Tomassone-23-abril.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2021.

CESPOL. **Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul**. 2016. Disponível em:

[https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/526/2019/01/AP\\_RS.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/526/2019/01/AP_RS.pdf). Acesso em: 30 abr. 2022.

CICOLIN, M. O. L.; OLIVEIRA, R. L. A. Avaliação de desempenho do processo logístico de exportação do milho brasileiro. Uma aplicação da Análise Envoltória dos Dados – DEA. **The Journal of Transport Literature**, [s.l.], v. 10, n. 3, p. 30-34, 2016. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1590/2238-1031.jtl.v10n3a6>. Acesso em: 20 jul. 2022.

CIMA, E.G. **Capacidade estática de armazenagem agrícola no estado do paraná: uma abordagem espacial**. Orientador: Miguel Angel Uribe Opazo. 2019. 108 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

EMBRAPA. **Diagnóstico da Produção de Soja na Macrorregião Sojícola 4**. 2019.

Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Leonardo-Campos/publication/338611732\\_Diagnostico\\_da\\_producao\\_de\\_soja\\_na\\_Macrorregiao\\_Sojicola\\_4/links/5e1f6222299bf1e1fab4c673/Diagnostico-da-producao-de-soja-na-Macrorregiao-Sojicola-4.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Leonardo-Campos/publication/338611732_Diagnostico_da_producao_de_soja_na_Macrorregiao_Sojicola_4/links/5e1f6222299bf1e1fab4c673/Diagnostico-da-producao-de-soja-na-Macrorregiao-Sojicola-4.pdf)

[https://www.researchgate.net/profile/Leonardo-Campos/publication/338611732\\_Diagnostico\\_da\\_producao\\_de\\_soja\\_na\\_Macrorregiao\\_Sojicola\\_4/links/5e1f6222299bf1e1fab4c673/Diagnostico-da-producao-de-soja-na-Macrorregiao-Sojicola-4.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Leonardo-Campos/publication/338611732_Diagnostico_da_producao_de_soja_na_Macrorregiao_Sojicola_4/links/5e1f6222299bf1e1fab4c673/Diagnostico-da-producao-de-soja-na-Macrorregiao-Sojicola-4.pdf). Acesso em: 30 abr. 2022.

MAIA, G. B. S.; PINTO, R.A.; MARQUE, T. Y. C.; LIRA, D. D.; ROITMAN, B. F. Panorama da armazenagem de produtos agrícolas no Brasil. **Revista do BNDES**, [s.l.], v. 40, n. 4, p. 161-194, 2013.

NOGUEIRA J. R.; TSUNECHIRO, S. A. Produção Agrícola e Infra-Estrutura de Armazenagem no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 12, 2005.

PALUDO, A.; BECKE, W. R.; RICETTI, J.; SILVA, L. C. DE A.; JOHANN, J. A. (2020). Mapping summer soybean and corn with remote sensing on Google Earth Engine cloud computing in Parana state - Brazil. **International Journal of Digital Earth**, [s.l.], v. 0, n. 0, p. 1-13. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1772893>. Acesso em: 30 mai. 2021.

TRINDADE, T. M. M. A.; PACHECO, D. A. J. Desafios logísticos para o transporte e armazenamento da soja no Rio Grande do Sul. **Espacios**, Venezuela v. 36, n. 15, p. 1-17, 2015. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a15v36n15/15361518.html>. Acesso em: 28 mar. 2022.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geração dos mapas de cultivo das principais culturas agrícolas para grandes extensões é um resultado de extrema importância para análises relacionadas ao setor agrícola. Com a plataforma on-line Google Earth Engine, esses mapeamentos podem ser gerados rapidamente e sem a necessidade de gastar muitos recursos computacionais. Dessa forma, com a programação de um script, pode-se gerar mapas para um município, um departamento ou um país de forma mais eficiente. Assim, pode ser gerada uma grande quantidade de informações relacionadas ao setor agrícola que, muitas vezes, ou quase sempre, não estão disponíveis publicamente para uso comercial, acadêmico ou de pesquisa.

Da mesma forma, o estudo do CEA e CDA das UAs, bem como sua distribuição é uma informação pouco detalhada no Paraguai, já que a instituição que normalmente publica informações sobre esse assunto é privada, ou seja, com fins lucrativos. Neste trabalho, foi demonstrado que, com o uso de métodos de sensoriamento remoto e sensores remotos, bem como o software QGIS, é possível geolocalizar e identificar a distribuição de UAs dentro de um departamento e seus municípios, mostrando-se, assim, uma metodologia aplicável ao restante do território paraguaio.

Dessa forma, a geração de mapas de cultivo, informações de geolocalização e distribuição das UAs com seus respectivos CEA e CDA nos leva à identificação de áreas sem cobertura de armazenamento. Essas áreas são consideradas possíveis locais de investimentos para a instalação de novas UAs, de maneira que reduzem o déficit existente entre a produção de grãos e a capacidade instalada de armazenamento. Usando o Google Colaboratory e um script de programação, esse processo foi realizado rapidamente e pode ser aplicado em um país, como o Paraguai, onde 30% do PIB está relacionado ao setor agrícola e 40% ao setor de exportação.

Este estudo pode ser aplicado a futuros projetos de pesquisa, para diferentes áreas produtivas, devido à sua rapidez e facilidade na utilização de componentes computacionais para processamento de imagens e informações em larga escala.