

Obtenção de dados para o treinamento de modelos de aprendizado de máquina para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região amazônica da Bacia do Alto Paraguai

Glauber José Vaz ^{1,2}
André Silva Tavares ^{1,3}
João Francisco Gonçalves Antunes ¹
Alexandre Camargo Coutinho ¹
Júlio César Dalla Mora Esquerdo ¹

¹ Embrapa Agricultura Digital – CNPTIA
Av. André Toselo, 209 – Campus da Unicamp, Barão Geraldo
13083-886 – Campinas – SP, Brasil
{glauber.vaz, joao.antunes, alex.coutinho, julio.esquerdo}@embrapa.br
andresttavares@gmail.com^{1,3}

² Universidade Estadual de Campinas – Unicamp
Doutorando, Laboratório de Inteligência Artificial, Recod.ai, Instituto de Computação
Av. Albert Einstein, 1251, 13083-852 – Campinas – SP, Brasil

³ Universidade de Brasília – UNB
Campus Darcy Ribeiro: Instituto de Geociências, ICC
Ala Central, AT- 321/9, lado B, Brasília - DF, Brasil

Resumo. Este trabalho descreve uma metodologia para a obtenção de pontos de amostra da região amazônica da Bacia do Alto Paraguai, que concentra 67% do passivo ambiental em reserva legal da bacia. Os pontos compõem uma base de dados para o treinamento de modelos de aprendizado de máquina, para o mapeamento do uso e cobertura da terra. Os dados são baseados nas principais iniciativas brasileiras relacionadas a esse mapeamento: TerraClass e MapBiomias. A metodologia favorece o balanceamento de classes, a distribuição geográfica dos pontos, a variabilidade temporal e a confiabilidade nas anotações.

Palavras-chave: Bacia do Alto Paraguai, conjunto de dados de treinamento, sensoriamento remoto, mapeamento do uso e cobertura da terra, qualidade de dados.

Abstract. This paper describes a methodology for obtaining sample points from the Amazon region of the Upper Paraguay River Basin, which accounts for 67% of the environmental liability in legal reserves in the basin. The points form a database for training machine learning models for land use and land cover mapping. The data are based on the main Brazilian initiatives related to this mapping: TerraClass and MapBiomass. The methodology favors the balancing of classes, geographical distribution of points, temporal variability, and reliability in annotations.

Key-words: Upper Paraguay River Basin, training dataset, remote sensing, land use and land cover, data quality.

1. Introdução

A Bacia do Alto Paraguai (BAP), localizada na região central da América do Sul, é responsável por porção significativa da drenagem do continente e constituída por dois grandes ecossistemas: a planície, onde se forma o bioma Pantanal, e o planalto, caracterizado pelos biomas Cerrado e Amazônia. Essas regiões apresentam relação direta, pois os cursos d'água localizados no planalto formam as nascentes dos rios que seguem para a planície. Assim, atividades realizadas no planalto geram impactos diretos no Pantanal Rabelo e Souza, (2021); Tomas et al., (2022). No entanto, há grandes lacunas e desafios em relação às políticas públicas direcionadas à BAP, que possui características tão particulares, dada sua grande heterogeneidade, diversidade biológica e sua variação espacial e temporal no nível das águas e, portanto, nas delimitações dos corpos d'água Tomas et al., (2022). Para o apoio a ações e programas de governo que garantam sua conservação ambiental, seu desenvolvimento e a recuperação de áreas críticas, são vitais a produção e a disseminação constantes de conhecimentos sobre a região. As geotecnologias constituem ferramentas importantes nesse contexto, em especial no mapeamento de recursos naturais a partir de dados espaciais como as imagens de satélite Rabelo e Souza, (2021).

A **Figura 1** mostra os limites da BAP e as fronteiras, em território brasileiro, entre os três biomas nessa região: Pantanal, Amazônia e Cerrado. A região amazônica da BAP aparece em destaque.

Reserva legal, conforme a Lei 12.651, de maio de 2012 Brasil, (2012), é a “área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural (...) com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa”. Segundo estudo do MapBiomass Rosa et al., (2024), em 2022, as áreas antrópicas ocupavam 42% da BAP. O planalto tem 62% de seu território antropizado e representa 99% do passivo ambiental em reserva legal da bacia. Somente a região da BAP situada no bioma amazônico concentra 67% desse passivo.

Nesse contexto, o mapeamento do uso e cobertura da terra é fundamental para a compreensão da dinâmica territorial e o estabelecimento de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável nessa região. No Brasil, duas iniciativas que têm produzido dados sistematicamente nesse tema são os projetos MapBiomass e TerraClass.

MapBiomass é uma rede multidisciplinar que foi criada para reconstruir informações sobre uso e cobertura da terra a partir de 1985 em todos os biomas brasileiros, com base no algoritmo *random forest* aplicado a séries temporais de imagens Landsat e na plataforma Google Earth Engine (GEE) Souza Jr et al., (2020). Este trabalho está em constante desenvolvimento e novas coleções são disponibilizadas regularmente, inclusive envolvendo outros países, como Paraguai, Bolívia e Argentina, e outros tipos de mapa, como de solo e vigor da pastagem.

Já o projeto TerraClass foi estruturado para atender a demandas do Governo Federal para qualificar os desmatamentos observados na região da Amazônia Legal. Conduzido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o projeto oferece dados para subsídios à definição de políticas e ações governamentais

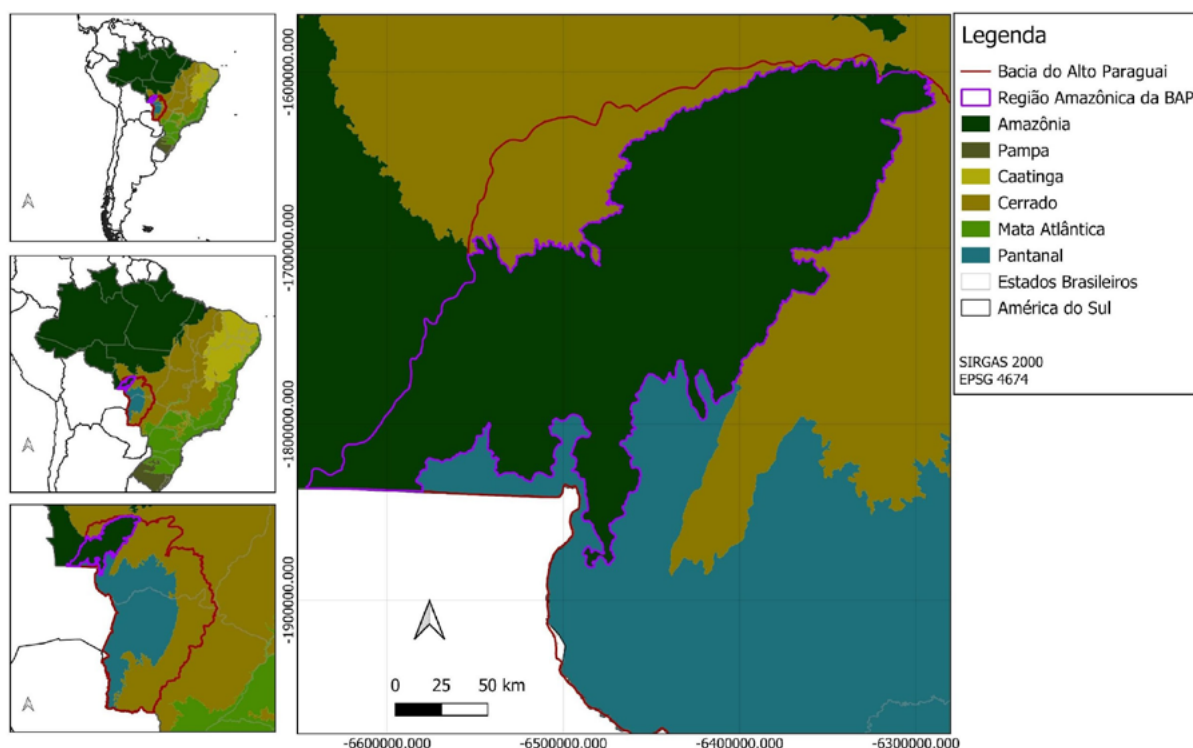


Figura 1. Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai.

referentes à sustentabilidade na produção agrícola, preservação da biodiversidade e qualidade dos serviços ambientais (erraClass, (2024). Posteriormente, este projeto também foi ampliado para o bioma Cerrado. O TerraClass fornece dados sobre o uso e cobertura da terra nas áreas desmatadas identificadas pelo PRODES, o Programa de Monitoramento do Desmatamento por Satélite Almeida et al., (2016).

O PRODES gera dados de desmatamento que podem ser acessados por meio do TerraBrasilis, uma plataforma desenvolvida pelo INPE para disponibilizar os dados geográficos produzidos pelos seus programas de monitoramento ambiental Assis et al., (2019; TerraBrasilis, (2024). Ele usa mapeamentos incrementais, de maneira que, para cada ano, o sistema identifica novas áreas de desmatamento em relação ao ano anterior Almeida et al., (2021). Esse programa começou atendendo a Amazônia, foi ampliado para abranger o Cerrado Parente et al., (2021b) e, atualmente, cobre o país todo.

Neves et al. (2020) compararam os mapas obtidos pelo MapBiomas e pelo TerraClass. Embora haja uma concordância entre eles em torno de 90%, há diferenças significativas devido às diferenças metodológicas. Os autores concluem que a escolha do mapa depende da aplicação. Enquanto a metodologia do MapBiomas é completamente automatizada e integrada ao GEE, o TerraClass envolve fases de correção manual e utiliza apenas plataformas tecnológicas brasileiras, como o cubo de dados Brazil Data Cube (BDC) Ferreira et al., (2020) e o pacote, em R, Sits, para análise, visualização e classificação de dados de séries temporais de imagens de satélite Simões et al., (2021). As classes consideradas em cada mapeamento também são diferentes, o que exige algumas adaptações quando se procura comparar seus resultados.

Porém, ambas as iniciativas estão em constante desenvolvimento e evoluíram muito nos últimos anos. Tanto o MapBiomas quanto o TerraClass usam aprendizado de máquina para a construção de modelos de classificação do uso e cobertura da terra. É fundamental, portanto, a obtenção de dados de qualidade para o treinamento desses modelos. Além das imagens de

satélite, obtidas com alto nível de qualidade em plataformas como o BDC, o GEE e outras, é necessário ter anotações precisas sobre as classes temáticas rotuladas para cada ponto amostral na região de estudo. Este artigo trata da seleção destes dados, explorando os resultados dos dois principais projetos brasileiros de classificação do uso e cobertura da terra.

2. Objetivo

Este trabalho descreve uma metodologia para a obtenção de pontos de amostra na região amazônica da BAP, a fim de se construir um conjunto de dados confiável para o treinamento de modelos de aprendizado de máquina para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região.

3. Material e Métodos

Embora apresentem metodologias diferentes de classificação, o TerraClass e o MapBiomas utilizam algoritmos de aprendizado de máquina que são treinados com conjuntos de dados das diferentes classes consideradas em seus respectivos mapeamentos. Este trabalho busca explorar os dados disponíveis em ambas as iniciativas, a fim de se construir um conjunto de dados para novas abordagens de classificação do uso e cobertura da terra.

Para a obtenção dos dados de sensoriamento remoto, uma boa alternativa é a coleção S2-16D-2 do BDC, que conta com imagens Sentinel-2/MSI de 10 m de resolução espacial e composições de 16 dias de resolução temporal, com a série temporal iniciada em 2018. Portanto, além de cobrir um período suficiente para este trabalho, esses dados apresentam boas resoluções temporal e espacial, e são mantidos pelo INPE, uma instituição pública que garante a disponibilidade e a qualidade dos dados.

O MapBiomas disponibiliza publicamente pontos de amostra que foram utilizados na validação de seus modelos de aprendizado supervisionado (MapBiomas Brasil, 2024b). São 85.152 amostras cobrindo todo o território brasileiro que foram inspecionadas visualmente por três analistas cada, usando imagens Landsat e classificadas de 1985 a 2022. Portanto, para cada ponto, há 38 rótulos de classes, um para cada ano. No total, são mais de três milhões de anotações de classes. Esses pontos foram determinados conforme metodologia de Parente et al. (2021a). Na região amazônica da BAP, há 392 pontos desse conjunto, cuja distribuição é exibida na **Figura 2**.

Considerando-se que os dados de satélite utilizados para a realização de novos mapeamentos são extraídos da coleção S2-16D-2 do BDC, apenas as classificações anotadas para os anos a partir de 2018 podem ser aproveitadas. Os mapas mais recentes do projeto TerraClass Amazônia referem-se aos anos de 2018, 2020 e 2022 TerraClass, (2024a). Para cada um dos pontos da BAP presentes no conjunto de validação do MapBiomas, foram analisadas as rotulações de ambas as iniciativas nesses três anos. Portanto, o total de registros considerados é de $392 \times 2 \times 3 = 2.352$.

As classes envolvidas nestes pontos de validação do MapBiomas e presentes na BAP correspondem a: 'Água', 'Floresta', 'Savana', 'FNNF-Alagado' (FNNF = Formação Natural Não Florestal), 'FNNF-Formação Campestre', 'FNNF-Formação Rochosa', 'Silvicultura', 'Pastagem', 'Agricultura Temporária', 'Agricultura Semiperene', 'Agricultura Perene' e 'Urbano'. Em contrapartida, as classes presentes nesses pontos de validação, considerando o mapeamento do TerraClass, correspondem a: 'Água', 'Vegetação Natural Florestal Primária', 'Vegetação Natural Florestal Secundária', 'Formação Natural Não Florestal', 'Silvicultura', 'Pastagem Arbustiva', 'Pastagem Herbácea', 'Cultura Agrícola Temporária de 1 Ciclo', 'Cultura Agrícola Temporária de mais de 1 Ciclo', 'Cultura Agrícola Semiperene', 'Cultura Agrícola Perene', 'Urbano' e 'Desflorestamento no Ano'.

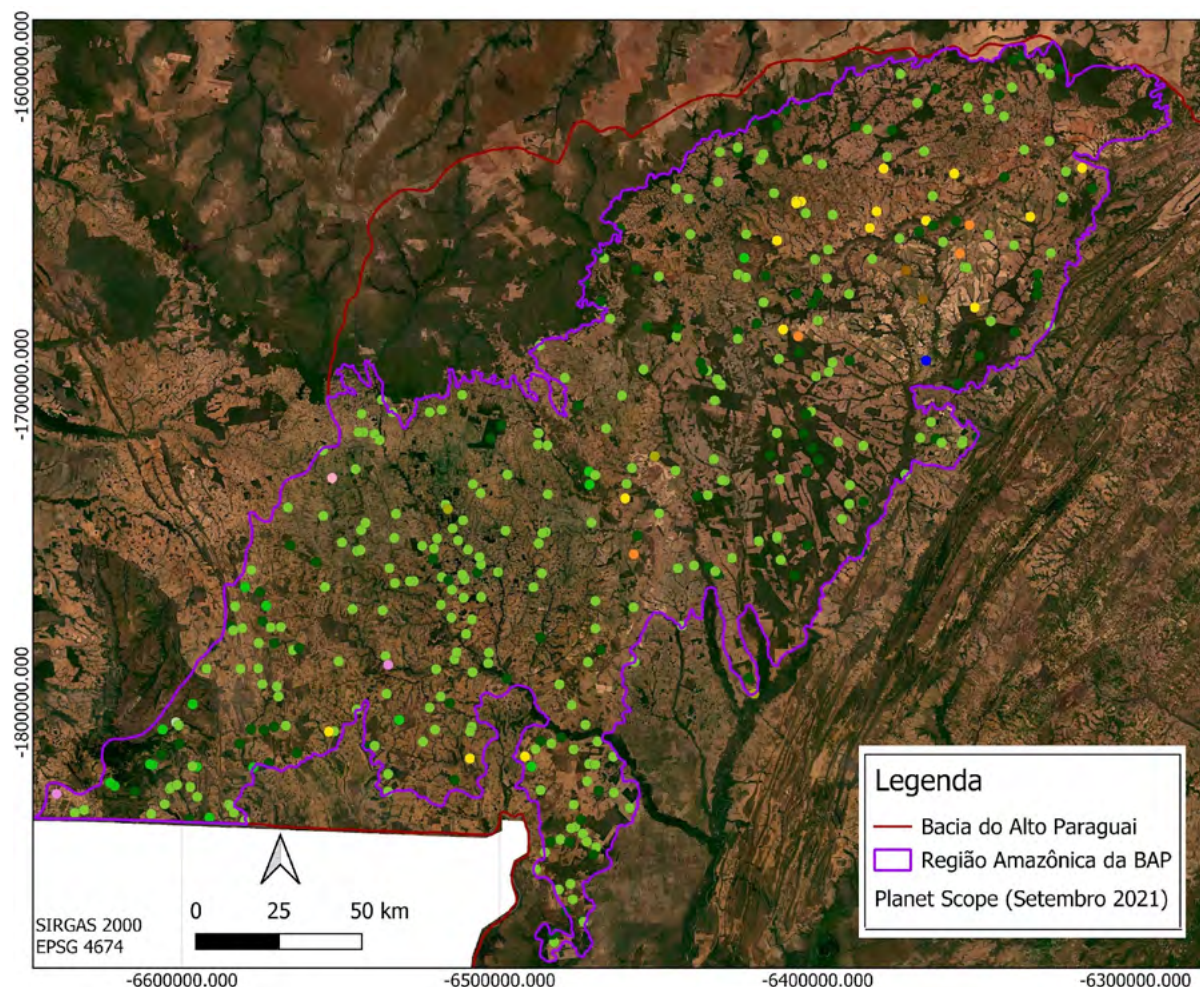


Figura 2. Pontos de validação do MapBiomias.

Para compatibilizar as classes entre MapBiomias e TerraClass, é necessário realizar as seguintes alterações: (i) agregar as duas classes referentes a pastagens arbustivas e herbáceas em uma única classe ‘Pastagem’; (ii) agregar as duas classes referentes a vegetação natural florestal primária e secundária em uma única classe ‘Floresta’; (iii) agregar as duas classes que indicam agricultura temporária em uma única; (iv) agregar as três classes de FNNF em uma única; (v) analisar de maneira particular as classes que aparecem apenas no TerraClass, ‘Desflorestamento no Ano’, ou no MapBiomias, ‘Savana’.

Portanto, as classes envolvidas neste trabalho são, em princípio, formadas pelo seguinte conjunto: ‘Água’, ‘Floresta’, ‘FNNF’, ‘Silvicultura’, ‘Pastagem’, ‘Agricultura Temporária’, ‘Agricultura Semiperene’, ‘Agricultura Perene’, ‘Urbano’, ‘Savana’ e ‘Desflorestamento no Ano’. As duas últimas aparecem apenas em uma das iniciativas.

4. Resultados e Discussão

Neste estudo, para cada um dos 1.176 registros, foram comparadas as classes atribuídas pelo TerraClass e pelo conjunto de validação do MapBiomias. Em 946 deles, as classes atribuídas foram equivalentes, mas em 230, quase 20%, foram diferentes. A **Tabela 1** exibe a quantidade de vezes em que as amostras foram classificadas da mesma forma por ambas as iniciativas. Por exemplo, em 203 casos, a classe ‘Floresta’ aparece em ambas as iniciativas para um mesmo

Tabela 1. Classificação de pontos no MapBiomias (MB) e no TerraClass (TC).

MB\TC	Água	Florest.	FNNF	silvic.	pastag.	temp.	semip.	perene	urbano	savana	des.ano
Água	0	1			3						
Florest.		203	63		37						
FNNF			3		5						
silvic.				6	3						
pastag.		23	8	6	688	4			2		3
temp.					8	38	3				
semip.						1	5				
perene					6		6	0			
urbano									3		
savana		1	44		3					0	
des.ano											0

registro. De maneira análoga, em 37 ocorrências, o MapBiomias atribui a classe 'Floresta' enquanto o TerraClass atribui 'Pastagem'.

Todos os registros que foram classificados de maneira equivalente e que estão em destaque na **Tabela 1** podem ser considerados válidos. Os demais foram analisados por especialistas do domínio, a fim de se compreender os motivos das divergências. Destacam-se os seguintes: i) pontos próximos à fronteira entre classes; ii) áreas de transição, em que uma região apresenta características intermediárias entre duas classes distintas, comum, por exemplo, entre floresta e pastagem; iii) áreas antropizadas em regeneração, indicando uma condição entre floresta e uma formação natural não florestal; iv) localidades com vegetação de Cerrado, variando entre mais fechadas, semelhantes a florestas, e mais abertas, semelhantes a pastagens. Além disso, o TerraClass Amazônia não inclui uma classe para a vegetação típica do Cerrado, como é o caso da classe 'Savana' no MapBiomias.

A **Tabela 1** também mostra que as classes estão muito desbalanceadas. A seleção de pontos realizada busca maior distribuição geográfica, mas, em relação às classes consideradas, o conjunto de pontos não representa bem a variedade de uso e cobertura da terra na BAP. O ideal é coletar mais dados, principalmente porque há várias classes com pouquíssimas amostras. Com o software QGIS, que apoia a visualização, análise e edição de dados geoespaciais, isso foi realizado identificando-se visualmente as localidades nos mapas do TerraClass e do MapBiomias.

Cada classe é tratada isoladamente, de maneira que há um conjunto para cada classe. Como foram analisados três anos, o processo começa por selecionar um ponto em 2018. Se em 2020, a área ao seu entorno continua a ser da mesma classe, um ponto próximo a ele também é registrado. O mesmo ocorre para 2022. Esses pontos tendem a ser muito próximos nos três anos, mas isso não ocorre sempre, pois há variações ao longo do tempo devido às mudanças territoriais.

Além de serem verificados visualmente nos mapeamentos das duas iniciativas, os pontos podem ser inspecionados de duas outras maneiras: por meio de seu perfil espectro-temporal e por meio de visualizações de imagens de satélite de maior detalhamento espacial. No primeiro caso, a ferramenta SATVeg Esquerdo et al., (2020), mesmo sendo baseada em dados do sensor MODIS, com moderada resolução espacial de 250m, é muito útil para identificar os perfis temporais de índices vegetativos, principalmente, de classes em grandes áreas de extensão associadas à agricultura, vegetação, pastagem e silvicultura, justamente porque apresentam alta repetitividade temporal. Já as imagens de satélite auxiliam na visualização do contexto espacial dos pontos.

A **Tabela 2** exibe a quantidade de pontos coletados para cada classe e ano. Para cada classe, foram coletados 150 pontos, 50 para cada ano. Importante notar que se trata do ano-safra, cujo período começa em meados do ano corrente e termina no meio do ano seguinte.

Tabela 2. Quantidade de registros amostrados por classe e por ano.

Ano\Classe	Água	Floresta	FNNF	silvicultura	temporária 1	temporária +1	semiperene	urbano
2018	50	50	50	50	50	50	50	50
2020	50	50	50	50	50	50	50	50
2022	50	50	50	50	50	50	50	50
Total	150	150	150	150	150	150	150	150

As classes de ‘Silvicultura’, ‘Urbano’ e ‘Água’ são tratadas de maneira similar no TerraClass e no MapBiomias. Este ainda considera uma divisão para água entre aquicultura e corpos d’água naturais, como rios e lagos. No entanto, na BAP, o primeiro tipo não foi identificado. Em trabalhos futuros, essa divisão pode ser feita. Há trabalhos recentes que mapeiam, por exemplo, viveiros escavados para aquicultura São José et al., (2022).

Para a classe de ‘Floresta’, o TerraClass possui duas classes: ‘Vegetação Natural Florestal Primária’ e ‘Vegetação Natural Florestal Secundária’. A diferença é que a primeira indica regiões florestais naturais originais e a segunda indica vegetação florestal em processo de regeneração. Os dados do PRODES são usados para fazer essa distinção. O MapBiomias, por sua vez, tem uma superclasse ‘Floresta’ contendo classes ‘Formação Florestal’ e ‘Formação Savânica’, entre outras. Para a classe ‘Floresta’ deste trabalho, foram coletados pontos coincidentes para ‘Formação Florestal’ do MapBiomias com as duas classes do TerraClass, para uma maior representatividade, envolvendo áreas de vegetação tanto primárias quanto secundárias. Importante notar que um campo adicional foi criado para anotar essa diferença. Assim, é possível no futuro dividir essas amostras em duas classes, caso necessário.

Já na classe de ‘FNNF’, na BAP, o MapBiomias identifica campos alagados, formações campestres e afloramentos rochosos, enquanto o TerraClass não diferencia essas formações não florestais. Os três tipos de formações foram envolvidos e, da mesma forma que na classe ‘Floresta’, um campo adicional registra o tipo de FNNF.

As classes relacionadas à agricultura são tratadas de maneira bem diferente nas duas iniciativas. O MapBiomias normalmente classifica os pontos com as culturas específicas, como ‘Cana-de-Açúcar’, ‘Soja’, ‘Algodão’, ‘Café’ e ‘Citrus’, mas também usa uma hierarquia que coloca, por exemplo, as três primeiras classes em uma superclasse ‘Lavoura Temporária’ e as duas últimas em uma ‘Lavoura Perene’. Já o TerraClass não especifica o tipo de cultura e usa classes para identificá-la como temporária de um ciclo, temporária com mais de um ciclo, perene ou semiperene.

A cultura agrícola semiperene, na BAP, normalmente equivale a cana-de-açúcar. Porém, o MapBiomias situa esta cultura como lavoura temporária. Neste caso, foi adotada a terminologia do TerraClass, que tem uma maior especialização em agricultura, com profissionais dessa área atuando diretamente na composição dos mapas. Então, para selecionar os pontos de ‘Agricultura Semiperene’, foram comparados os pontos anotados como ‘Cana-de-Açúcar’ do MapBiomias com os pontos de ‘Cultura Agrícola Semiperene’ do TerraClass.

A agricultura temporária é representada no TerraClass por duas classes, uma identificando um ciclo de produção e outra mais de um ciclo. Essas informações são relevantes porque revelam condições de intensificação agrícola, sendo importante, então, mantê-las em duas classes separadas: ‘Agricultura Temporária 1 Ciclo’ e ‘Agricultura Temporária +1 Ciclo’. Porém, o

MapBiomias não identifica esse tipo de agricultura, de maneira que não é possível coletar pontos de amostra válidos para ambos os projetos. Além disso, na BAP, foram encontradas apenas amostras de 'Soja' e de 'Outras Lavouras Temporárias', entre as lavouras temporárias do MapBiomias. Então, os pontos para 'Agricultura Temporária 1 Ciclo' e para 'Agricultura Temporária +1 Ciclo' foram coletados seguindo o TerraClass, mas desde que o MapBiomias marque o ponto como 'Soja' ou 'Outras Lavouras Temporárias'.

Não foram coletadas amostras para algumas classes pelas seguintes razões:

- 'Desflorestamento do Ano': esses dados são fornecidos pelo PRODES, fonte oficial de dados de desmatamento no Brasil. Além disso, indicam um processo, e não uso ou cobertura de terra. Assim, não precisam ser considerados em modelos de mapeamento. Basta usar uma máscara excluindo essas áreas. No entanto, se há a intenção de novas propostas de mapeamento, é possível recorrer a esses dados para a coleta de amostras confiáveis.
- 'Agricultura Perene': não há área significativa na região da BAP. Os pontos assinalados com esta classe em uma das iniciativas correspondem a agricultura semiperene ou pastagem, conforme mostra a (**Tabela 1**) e confirmado por especialistas do domínio.
- 'Savana': é difícil situar a classe que indica savana em um mapeamento que considera as duas iniciativas. No MapBiomias, há classes para formação florestal e para formação savânica. No caso do TerraClass, há classes para vegetação natural florestal primária e para vegetação natural florestal secundária. Então, enquanto no primeiro caso, procura-se diferenciar o tipo de vegetação, no segundo procura-se distinguir uma formação nunca desmatada de uma em regeneração. Por isso, a dificuldade de se lidar com tal classe nesse contexto. Uma possível alternativa futura seria o uso de quatro classes: formação florestal primária e secundária, e formação savânica primária e secundária, a fim de compatibilizar melhor MapBiomias e TerraClass com dados mais detalhados para vegetação.
- 'Pastagem': a quantidade de amostras de pastagem que coincidem para TerraClass e MapBiomias é suficiente para formar a base de dados. Não são necessárias novas amostras. Caso haja interesse em se diferenciar pastagem herbácea de arbustiva, é importante fazer o tratamento dos dados para considerar essa especificação, presente apenas no projeto TerraClass.

Portanto, o conjunto final das classes é composto por: 'Água', 'Floresta', 'FNNF', 'Silvicultura', 'Pastagem', 'Agricultura Temporária 1 Ciclo', 'Agricultura Temporária +1 Ciclo', 'Agricultura Semiperene' e 'Urbano'. A (**Tabela 3**) mostra a compatibilização das classes entre MapBiomias, TerraClass e o conjunto de dados gerado. Para cada classe, foram coletados 150 pontos. É necessário usá-los no treinamento de modelos para checar se essa quantidade é suficiente. Novos pontos podem ser coletados conforme descrito neste trabalho.

5. Conclusões e Sugestões

Este artigo propõe uma metodologia para a construção de um conjunto de dados confiável e robusto com o fim de ser usado no treinamento de modelos de aprendizado de máquina para o mapeamento do uso e cobertura da terra. Neste caso, a região considerada é a bacia do Alto Paraguai, ressaltando que a metodologia pode ser usada para diferentes regiões do país.

No Brasil, MapBiomias e TerraClass são duas das principais iniciativas que oferecem mapas em grande escala com a classificação do uso e cobertura da terra e são fontes importantes para uma base de dados com registros de localidades e suas respectivas classes. Além dos mapas, o MapBiomias disponibiliza pontos de validação dos modelos, mas a quantidade de amostras

Tabela 3. Classes equivalentes de MapBiomias, TerraClass e o conjunto de dados gerado.

MapBiomias	TerraClass	Conjunto de dados
Água	Água	Água
Floresta	Vegetação Natural Florestal Primária	Floresta
	Vegetação Natural Florestal Secundária	
Savana		
FNNF-Alagado	Formação Natural Não Florestal	FNNF
FNNF-Formação Campestre		
FNNF-Formação Rochosa		
Silvicultura	Silvicultura	Silvicultura
Pastagem	Pastagem Arbustiva	Pastagem
	Pastagem Herbácea	
Agricultura Temporária	Cultura Agrícola Temporária de 1 Ciclo	Agrícola Temporária de 1 Ciclo
	Cultura Agrícola Temporária mais de 1 Ciclo	Agrícola Temporária +1 Ciclo
Agricultura Semiperene	Cultura Agrícola Semiperene	Agrícola Semiperene
Agricultura Perene	Cultura Agrícola Perene	
Urbano	Urbano	Urbano
	Desflorestamento no Ano	

nesse conjunto é insuficiente para o treinamento de novos modelos, o que exige a coleta de novos pontos.

Nesta proposta de construção de base de dados, apenas localidades em que há coincidência na classificação de MapBiomias e TerraClass foram incluídas. Ainda assim, checagens de perfis temporais e de imagens de satélite foram realizadas quando necessário. A compatibilização de classes entre as duas iniciativas foi cuidadosamente tratada, assim como a identificação de pontos de diferentes tipos para uma mesma classe. O balanceamento das classes foi enfatizado, bem como a distribuição igualitária de pontos a cada ano. A distribuição geográfica dos pontos também foi visada de maneira empírica, mas, devido à dinâmica de uso da terra, a concentração de pontos de uma mesma classe em certas regiões é inevitável.

Um próximo passo é gerar novos mapas de uso e cobertura de terra na BAP a partir da base de dados construída, refiná-los e compará-los aos já existentes. Outro passo é estender este trabalho para considerar também a região de Cerrado da BAP, uma vez que TerraClass e MapBiomias também abrangem essa região.

6. Referências

Almeida, C.A. et al. Methodology for Forest Monitoring used in PRODES and DETER Projects. São José dos Campos: INPE, 2021. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/443H3RE>>. Acesso em 17 jun. 2024

Almeida, C.A.; Coutinho, A.C.; Esquerdo, J.C.D.M.; Adami, M.; Venturieri, A.; Diniz, C.G.; Dessay, N.; Durieux, L.; Gomes, A.R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica*. v. 46, n. 3, p. 291–302, 2016.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1809-4392201505504>>.

Assis, L.F.F.G.; Ferreira, K.R.; Vinhas, L.; Maurano, L.; Almeida, C.; Carvalho, A.; Rodrigues, J.; Maciel, A.; Camargo, C. TerraBrasilis: A Spatial Data Analytics Infrastructure for Large-Scale Thematic Mapping. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 8, n. 11, 513, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ijgi8110513>>.

Brasil. Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis no 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis no 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília: **Presidência da República**, 2012. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 12 jun. 2024.

Esquerdo, J.C.D.M.; Antunes, J.F.G.; Coutinho, A.C.; Speranza, E.A.; Kondo, A.A.; Santos, J.L.dos. SATVeg: a web-based tool for visualization of MODIS vegetation indices in South America. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 175, p. 1-9, 105516, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105516>>

Ferreira, K.R.; Queiroz, G.R.; Vinhas, L.; Marujo, R.F.B.; Simoes, R.E.O.; Picoli, M.C.A.; Camara, G.; Cartaxo, R.; Gomes, V.C.F.; Santos, L.A.; Sanchez, A.H.; Arcanjo, J.S.; Fronza, J.G.; Noronha, C.A.; Costa, R.W.; Zaglia, M.C.; Zioti, F.; Korting, T.S.; Soares, A.R.; Chaves, M.E.D.; Fonseca, L.M.G. Earth Observation Data Cubes for Brazil: Requirements, Methodology and Products. **Remote Sensing**, v. 12, n. 24, 4033, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/rs12244033>>.

MapBiomias Brasil. **Coleções MapBiomias**. 2024a. Disponível em <<https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>>. Acesso em 5 ago. 2024.

MapBiomias Brasil. **Pontos de validação**. 2024b. Disponível em <<https://brasil.mapbiomas.org/pontos-de-validacao/>>. Acesso em 5 ago. 2024.

Neves, A.K.; Körting, T.S.; Fonseca, L.M.G.; Escada, M.I.S. Assessment of TerraClass and MapBiomias data on legend and map agreement for the Brazilian Amazon biome. **Acta Amazonica**, v. 50, n. 2, p. 170-182, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1809-4392201900981>>

Parente, L.; Mattos, A.P.; Baumann, L.R.F.; Lopes, V.C.; Silva, E.B.; Nogueira, S.; Mesquita, V.V.; Ferreira, L.G. **Shaping the Brazilian landscape: a process drive by land occupation, large-scale deforestation, and rapid agricultural expansion**, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-819697/v1>>.

Parente, L.; Nogueira, S.; Baumann, L.; Almeida, C.; Maurano, L.; Affonso A.G.; Ferreira, L. Quality assessment of the PRODES Cerrado deforestation data. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**. v. 21, 100444, 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100444>>.

Rabelo, A.P.C.; Souza, M.G. Bacia do Alto Paraguai: uma viagem no tempo. Brasília: **Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia**, 2021. 140 p. Disponível em <<http://ridi.ibict.br/handle/123456789/1199>>. Acesso em 12 jun. 2024.

Rosa, E.; Rosa, M.; Dias, M.; Azevedo, T.; Shimbo, J. Conservação da Planície e do Planalto na Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai. 2024. Nota técnica. **MapBiomias**. Disponível em <<https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/01/Nota-Tecnica-BAP-25.01.24.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2024.

São José, F.F. de; Novo, Y.C. de C.; Farias, A.R.; Magalhães, L.A.; Fonseca, M.F. **Mapeamento de viveiros escavados para aquicultura no Brasil por sensoriamento remoto**. Campinas: Embrapa Territorial, 2022. 28 p. (Embrapa Territorial. Documentos, 144). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1152279/1/6105.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2024.

Simões, R.; Camara, G.; Queiroz, G.; Souza, F.; Andrade, P.R.; Santos, L.; Carvalho, A.; Ferreira, K. Satellite Image Time Series Analysis for Big Earth Observation Data. **Remote Sensing**, v. 13, n. 13, 2428, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/rs13132428>>.

Souza Jr., C.M. et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, 2735, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/rs12172735>>

TerraBrasilis. **PRODES (Desmatamento)**. Disponível em <<https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation?hl=pt-br>>. Acesso em 14 jun. 2024.

TerraClass. TerraClass. 2024. Disponível em: <<https://www.terraclass.gov.br>>. Acesso em: 05 ago. 2024.

Tomas, W.M.; Oliveira, M. da R.; Fernando, A.M.E; Camilo, A.R.; Pereira, G.M.F.; Silva, T.L. da. **Corredores de biodiversidade na Bacia do Alto Paraguai**: modelagem, mapeamento e aplicação em políticas públicas para sustentabilidade. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2022. 55 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 175). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1148621/1/Corredores-de-biodiversidade-Bacia-Alto-2022.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2024.