

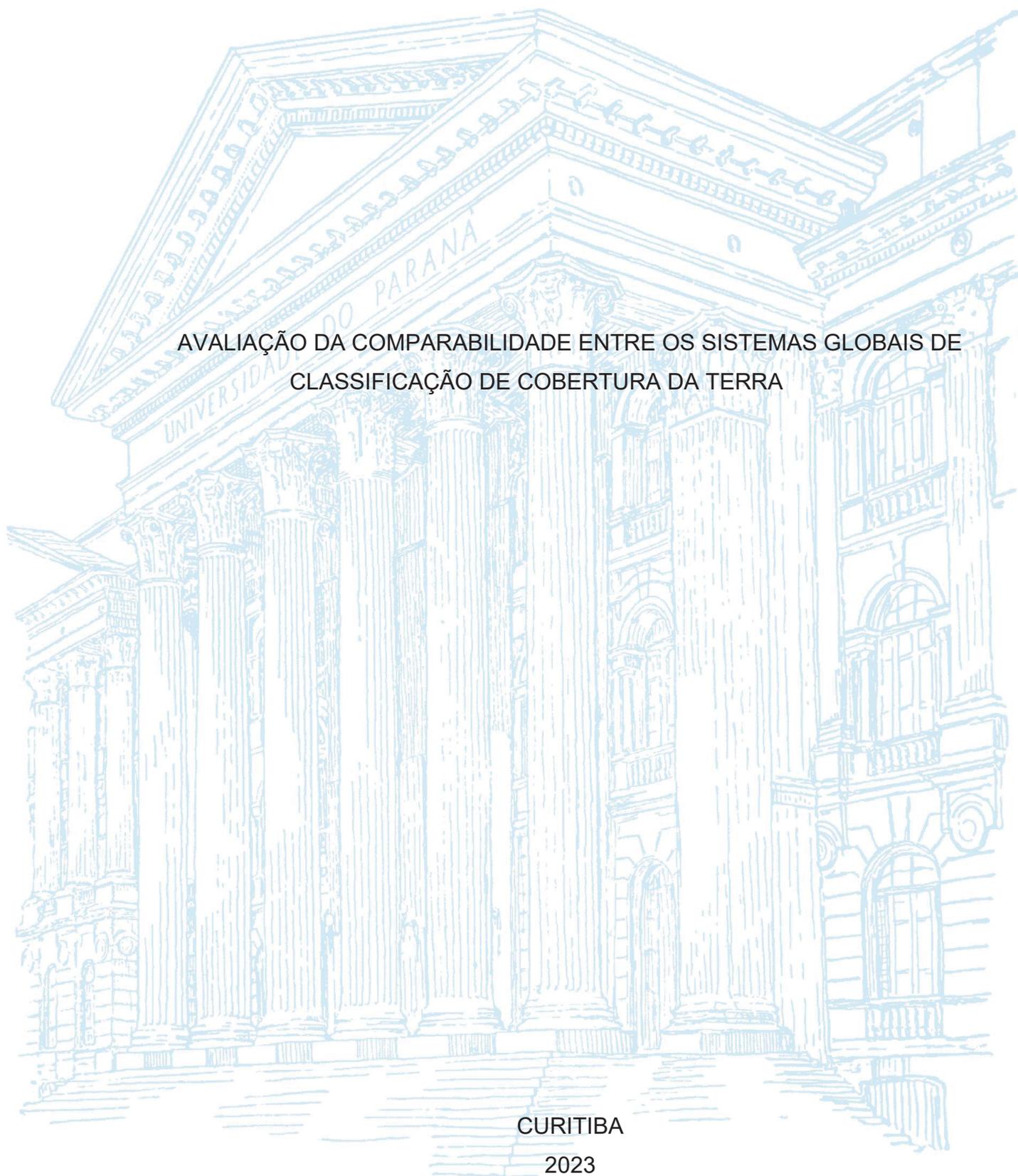
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PÂMELA CARVALHO MOLINA

AVALIAÇÃO DA COMPARABILIDADE ENTRE OS SISTEMAS GLOBAIS DE  
CLASSIFICAÇÃO DE COBERTURA DA TERRA

CURITIBA

2023



PÂMELA CARVALHO MOLINA

AVALIAÇÃO DA COMPARABILIDADE ENTRE OS SISTEMAS GLOBAIS DE  
CLASSIFICAÇÃO DE COBERTURA DA TERRA

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Geodésicas.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Campos Macedo

Coorientadora: Profa. Dra. Luciene Stamato Delazari

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Molina, Pâmela Carvalho

Avaliação da comparabilidade entre os sistemas globais de classificação de cobertura da terra / Pâmela Carvalho Molina. – Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.

Orientador: Rodrigo de Campos Macedo

Coorientador: Luciene Stamato Delazari

1. Cobertura da terra – Sistema de classificação. 2. Cobertura da terra – Monitoramento. 3. Imagens de sensoriamento remo. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. III. Macedo, Rodrigo de Campos. IV. Delazari, Luciene Stamato. V. Título.

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894

## ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE MESTRADO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRA EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

No dia vinte e tres de agosto de dois mil e vinte e tres às 13:30 horas, na sala PI-13 / MS-Teams, Curitiba-PR, foram instaladas as atividades pertinentes ao rito de defesa de dissertação da mestranda **PÂMELA CARVALHO MOLINA**, intitulada: **AVALIAÇÃO DA COMPARABILIDADE ENTRE OS SISTEMAS GLOBAIS DE CLASSIFICAÇÃO DE COBERTURA DA TERRA**, sob orientação do Prof. Dr. RODRIGO DE CAMPOS MACEDO. A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação CIÊNCIAS GEODÉSICAS da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: RODRIGO DE CAMPOS MACEDO (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), ALZIR FELIPPE BUFFARA ANTUNES (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), TONY VINICIUS MOREIRA SAMPAIO (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ ). A presidência iniciou os ritos definidos pelo Colegiado do Programa e, após exarados os pareceres dos membros do comitê examinador e da respectiva contra argumentação, ocorreu a leitura do parecer final da banca examinadora, que decidiu pela APROVAÇÃO. Este resultado deverá ser homologado pelo Colegiado do programa, mediante o atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca dentro dos prazos regimentais definidos pelo programa. A outorga de título de mestra está condicionada ao atendimento de todos os requisitos e prazos determinados no regimento do Programa de Pós-Graduação. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, RODRIGO DE CAMPOS MACEDO, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais membros da Comissão Examinadora.

CURITIBA, 23 de Agosto de 2023.

Assinatura Eletrônica

24/08/2023 23:20:07.0

RODRIGO DE CAMPOS MACEDO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

25/08/2023 10:21:48.0

ALZIR FELIPPE BUFFARA ANTUNES

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

24/08/2023 21:59:19.0

TONY VINICIUS MOREIRA SAMPAIO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ )



## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação CIÊNCIAS GEODÉSICAS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **PÂMELA CARVALHO MOLINA** intitulada: **AVALIAÇÃO DA COMPARABILIDADE ENTRE OS SISTEMAS GLOBAIS DE CLASSIFICAÇÃO DE COBERTURA DA TERRA**, sob orientação do Prof. Dr. RODRIGO DE CAMPOS MACEDO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 23 de Agosto de 2023.

Assinatura Eletrônica

24/08/2023 23:20:07.0

RODRIGO DE CAMPOS MACEDO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

25/08/2023 10:21:48.0

ALZIR FELIPPE BUFFARA ANTUNES

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

24/08/2023 21:59:19.0

TONY VINICIUS MOREIRA SAMPAIO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

A DEUS,  
que me proporciona tantas oportunidades  
e me capacita para cada uma delas.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pelo dom da vida, por direcionar meus caminhos, me proteger e abençoar em todos os momentos e à Nossa Senhora, intercessora e mãe acolhedora.

À minha família que é a base de toda minha força e dedicação. Em especial, a minha avó Sebastiana, minha mãe Cristiane e meu irmão Vinícius que sempre me fornecem apoio, amor, carinho, paciência e incentivo. E, acima de tudo são meus exemplos de vida.

Gostaria de agradecer também todos meus amigos e colegas de curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná. Obrigada por estes dois anos de companheirismo e trocas de experiências permitindo-me crescer não só como pessoa, mas também como profissional.

Ao Laboratório de Cartografia (LabCarto), ambiente de estudo e trocas de experiências. Não poderia deixar de citar as Meninas do 51, casa pela qual morei em Curitiba no ano de 2022.

À Camila Lacerda, uma grande e especial amiga, que contribuiu muito nos meus primeiros passos dentro do Sensoriamento Remoto, como minha orientadora de graduação.

À Ten SJU Beatriz Moreno, Ten ADM Cornetti, Ten PED Eteunara, Ten QUI Jefferson, Ten NUT Valkiria Castro, grandes amigos que acompanharam e me deram incentivo para a reta final do mestrado. Assim como toda a turma Kairós do Centro de Preparação de Oficiais da Reserva da Aeronáutica de São José dos Campos (CPORAER-SJ).

Aos meus chefes imediatos Ten Cel Av Mateus Habermann, Maj Esp Fot Marielcio e Dr. Ruy Morgado de Castro pelo incentivo e incondicional apoio na finalização deste mestrado.

Aos Marielcio membros da Subdivisão de Sensoriamento Remoto (C4ISR), do Instituto de Estudos Avançados (IEAv); de modo especial 2S QSS BMT Marilisi, Técnicos Leidiane do Livramento Andrade, Marcos Cavalcante de Melo e Marcelo Girão Pessoa. Aos grupos CSIO e C2.

A todos os professores da UFPR, em particular ao Departamento de Geomática e Setor de Ciências da Terra pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação

profissional ao longo do curso. Em especial, ao meu querido orientador Professor Doutor Rodrigo de Campos Macedo e coorientadora Luciene Stamato Delazari.

À minha banca por terem aceitado fazer parte deste trabalho, por todo carinho e contribuição para esse momento de suma importância.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos durante o curso de mestrado.

E por fim, mas não menos importante, à duas pessoas muito especiais que passaram em minha vida e que agora olham e intercedem por mim junto a Deus: meu tio Felipe Carvalho e avó Benedito. Obrigado pelo amor, pela amizade e pela alegria. Saudades.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho. Essa conquista é de todos vocês, pois todos contribuíram para que fosse possível. Deus abençoe a todos.

Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível,  
em breve farás o impossível.  
(São Francisco de Assis)

## RESUMO

Dados os avanços em imagens de sensoriamento remoto e tecnologias associadas, vários mapas globais de cobertura da terra foram produzidos nos últimos tempos, incluindo *Dynamic World* (DW), *Geocover Land Cover* (GeocoverLC), *Global Land Cover* (GlobeLand30), *Land Use/Cover Change* (LUCC), *Land Cover Classification System* (LCCS) e *World Cover* (WC). É nítida a variedade de sistemas de classificação desenvolvidos para atender a requisitos específicos de usuários para exercícios de mapeamento de cobertura da terra, independentemente de escala, nomenclatura e qualidade. No entanto, a utilidade desses mapas para aplicações específicas muitas vezes tem sido prejudicada devido a quantidades consideráveis de incertezas e inconsistências. Isso se deve à limitação da compatibilidade e comparabilidade dos dados de cobertura da terra. Outro ponto é a atual falta de interoperabilidade semântica entre os diferentes conjuntos de dados de cobertura da terra, muitas vezes decorrentes de sistemas de classificação incompatíveis, tornando a análise de dados heterogêneos das mais diversas fontes para várias aplicações uma tarefa muito difícil. Uma revisão crítica da harmonização dos sistemas de classificação de cobertura da terra é prudente e esclarecedora, pois facilita a geração, uso e análise de mapas de cobertura da terra de forma consistente. A comparação dos esquemas de classificação apresenta inconsistências entre as definições das classes de mapas, atreladas a semântica. Desta forma, pretende-se mensurar o grau de similaridade e identificar divergências de classes dos sistemas de cobertura da terra.

Palavras-chave: Cobertura da terra; Harmonização; Monitoramento; Semântica; Sistema de Classificação.

## **ABSTRACT**

Given the advances in remotely sensed imagery and associated technologies, several global land cover maps have been produced in recent times including Dynamic World (DW), Geocover Land Cover (GeocoverLC), Global Land Cover (GlobeLand30), Land Use/Cover Change (LUCC), Land Cover Classification System (LCCS) e World Cover (WC). The variety of classification systems developed to meet specific user requirements for land cover mapping exercises, regardless of scale, nomenclature and quality, is clear. However, the utility of these maps for specific applications has often been hampered due to considerable amounts of uncertainties and inconsistencies. This is due to limited compatibility and comparability of land cover data. Another point is the current lack of semantic interoperability between different land cover datasets, often stemming from incompatible land cover classification systems, making the analysis of heterogeneous land cover data from various sources for various applications a challenge very difficult task. A critical review of the harmonization of land cover classification systems is both prudent and enlightening as it facilitates the generation, use and analysis of land cover maps consistently. The comparison of classification schemes presents inconsistencies between the definitions of map classes, linked to semantics. In this way, it is intended to measure the degree of similarity and identify class divergence of land cover systems.

Keywords: Land Cover; Harmonization; Monitoring; Semantic; Classification System.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESQUEMA METODOLÓGICO .....	44
FIGURA 2 - EXEMPLOS DA CLASSE ÁREAS CONSTRUÍDAS (CAMPO POLITÉCNICO – CURITIBA/PR) EM VISTAS (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL .....	66
FIGURA 3 - EXEMPLOS DA CLASSE ÁREAS DE AGROPECUÁRIA COM A LAVOURA DE SOJA NO ESTADO DO MATO GROSSO EM VISTAS (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL.....	67
FIGURA 4 - EXEMPLOS DA CLASSE ÁREAS DE AGROPECUÁRIA COM PASTO PLANTADO NO ESTADO DO PARÁ EM VISTAS (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL.....	67
FIGURA 5 - EXEMPLOS DA CLASSE ÁREAS DE AGROPECUÁRIA COM SILVICULTURA DO EUCALIPTO NO ESTADO DO SÃO PAULO EM VISTAS (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL .....	68
FIGURA 6 - EXEMPLOS DA CLASSE DE ÁREAS ÚMIDAS NO MANGUEZAL GUARATUBA, LOCALIZADO NO ESTADO DO PARANÁ EM VISTAS (A) OBLÍQUA E (B) PERFIL.....	69
FIGURA 7 - EXEMPLOS DA CLASSE VEGETAÇÃO CAMPESTRE COM APRESENTAÇÃO DOS CAMPOS DE PAMPA NO SUL DO BRASIL EM VISTAS (A) OBLÍQUA E (B) PERFIL.....	70
FIGURA 8 - EXEMPLOS DA CLASSE DE ÁREAS ARBUSTIVAS DO SEMIÁRIDO DO NORDESTE DO BRASIL EM VISTA (A,B) PERFIL .....	71
FIGURA 9 - EXEMPLOS DA CLASSE DE ÁREAS FLORESTAIS EM VISTA (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL.....	72
FIGURA 10 - EXEMPLOS DA CLASSE ÁREAS NUAS EM VISTAS DO DESERTO DO SAARA, LOCALIZADO NO NORTE DA ÁFRICA (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL.....	73
FIGURA 11 - EXEMPLOS DA CLASSE CORPOS D'ÁGUA EM VISTAS DA LAGOA RODRIGO DE FREITAS SITUADA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL .....	74
FIGURA 12 - EXEMPLOS DA CLASSE NEVE E GELO EM VISTAS DA ANTÁRTIDA (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL.....	74

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ESCALAS DE MAPEAMENTO.....	22
QUADRO 2 - SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE COBERTURA DA TERRA EM ESCALA GLOBAL.....	23
QUADRO 3 – CLASSES DW .....	30
QUADRO 4 – CLASSES GLOBELAND30 .....	31
QUADRO 5 – CLASSES LUCC .....	33
QUADRO 6 – CLASSES LCCS.....	35
QUADRO 7 – CLASSES GEOCOVER LC.....	37
QUADRO 8 – CLASSES WC .....	39
QUADRO 9 – CONJUNTO DE DADOS DA COBERTURA DA TERRA.....	42
QUADRO 10 – PANORAMA GERAL DAS CLASSES DOS CONUNTOS DE DADOS TRABALHADOS .....	45
QUADRO 11 – SELEÇÃO DOS CONJUNTOS DE DADOS DE COBERTURA DA TERRA.....	52
QUADRO 12 - CLASSE CORPOS D'ÁGUA E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS .....	54
QUADRO 13 - CLASSE SUPERFÍCIES GELADAS E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS .....	54
QUADRO 14 - CLASSE ÁREAS DESNUDAS E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS .....	55
QUADRO 15 - CLASSE ÁREAS CONSTRUÍDAS E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS .....	57
QUADRO 16 - CLASSE ÁREAS CULTIVADAS E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS .....	58
QUADRO 17 - CLASSE VEGETAÇÃO HERBÁCEA E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS .....	59
QUADRO 18 - - CLASSE ÁREAS ALAGADAS E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS .....	60
QUADRO 19 - CLASSE VEGETAÇÃO ARBUSTIVA E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS .....	62
QUADRO 20 - CLASSE ÁRVORES E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS .....	64

QUADRO 21 - SÍNTESE DA PROPOSTA DE HARMONIZAÇÃO .....	75
QUADRO 22 – TRADUÇÃO DO SISTEMA DW .....	87
QUADRO 23 - TRADUÇÃO DO SISTEMA GLOBELAND30.....	88
QUADRO 24 - TRADUÇÃO DO SISTEMA LUCC.....	88
QUADRO 25 - TRADUÇÃO DO SISTEMA LCCS.....	89
QUADRO 26 - TRADUÇÃO DO SISTEMA GEOCOVERLC .....	90
QUADRO 27 - TRADUÇÃO DO SISTEMA WC .....	91

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

AVHRR	<i>Advanced Very High Resolution Radiometer</i>
CORINE	<i>Coordination Of Information On The Environment</i>
DW	<i>Dynamic World</i>
EarthSat	<i>Earth Satellite Corporation</i>
EOEP-5	<i>Earth Observation Envelope Programme-5</i>
ESA	<i>European Space Agency</i>
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
ETM+	<i>Enhanced Tm Plus</i>
ETM+	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i>
FAO	<i>Food And Agriculture Organization</i>
GeocoverLC	<i>Geocover Land Cover</i>
GLCF	<i>Global Land Cover Facility</i>
GlobeLand30	<i>Global Land Cover</i>
GLP	<i>Global Land Project/Programme</i>
GLUCC	<i>Global Land Use/Cover Change</i>
HJ-1	<i>Huan Jing-1</i>
IGBP	<i>International Geosphere-Biosphere Programme</i>
IHDP	<i>International Human Dimensions Programme</i>
IIASA	<i>International Institute For Applied Systems Analysis</i>
INSPIRE	<i>Infrastructure For Spatial Information In Europe</i>
IPCC	<i>Intergovernmental Panel On Climate Change</i>
LCCS	<i>Land Cover Classification System</i>
LUCAS	<i>Land Use And Coverage Area Frame Survey</i>
LUCC	<i>Land Use/Cover Change</i>
MODIS	<i>Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer</i>
NASA	<i>National Aeronautics And Space Administration</i>
NGCC	<i>National Geomatics Center Of China</i>
SR	<i>Sensoriamento Remoto</i>
TM	<i>Thematic Mapper</i>
UMD	<i>University Of Maryland</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
WC	<i>World Cover</i>
WRI	<i>World Resources Institute</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1 OBJETIVOS .....	18
1.1.1 Objetivo geral .....	18
1.1.2 Objetivos específicos.....	19
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>19</b>
2.1 FORMAS DE CATEGORIZAR A SUPERFÍCIE GLOBAL .....	20
2.2 ESCALA DE MAPEAMENTO.....	20
2.3 COBERTURA DA TERRA.....	23
2.4 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO .....	26
2.4.1 <i>Dynamic World</i> (DW).....	28
2.4.2 <i>Global Land Cover 30</i> (GlobeLand30).....	30
2.4.3 <i>Land Use and Land Cover Change</i> (LUCC).....	32
2.4.4 <i>Land Cover Classification System</i> (LCCS).....	34
2.4.5 <i>Geocover Land Cover</i> (GeocoverLC).....	35
2.4.6 <i>World Cover</i> (WC).....	38
2.5 ESTADO DA ARTE .....	40
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>42</b>
3.1 DADOS UTILIZADOS.....	42
3.2 PROCEDIMENTO .....	43
3.2.1 Estudo Exploratório .....	46
<b>4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>47</b>
4.1 ANÁLISE GERAL E COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS .....	47
4.2 ANÁLISE COMPARATIVA DAS CLASSES .....	53
4.2.1 Corpos d'água .....	53
4.2.2 Superfícies geladas .....	54
4.2.3 Áreas desnudas .....	55
4.2.4 Áreas construídas .....	56
4.2.5 Áreas cultivadas .....	58
4.2.6 Vegetação herbácea .....	59
4.2.7 Áreas alagadas .....	60
4.2.8 Vegetação arbustiva.....	61
4.2.9 Vegetação florestal.....	62

4.3 PROPOSTA DE HARMONIZAÇÃO DE CLASSES .....	65
4.3.1 Manchas urbanas ( <i>Built areas</i> ).....	65
4.3.2 Áreas de agropecuária ( <i>Croplands</i> ) .....	66
4.3.3 Silvicultura ( <i>Silviculture</i> ) .....	67
4.3.4 Áreas alagadas ( <i>Wetlands</i> ) .....	68
4.3.5 Vegetação Campestre ( <i>Grassland</i> ) .....	69
4.3.6 Áreas arbustivas ( <i>Shrublands</i> ) .....	70
4.3.7 Vegetação Florestal Nativa ( <i>Native Forest Vegetation</i> ).....	71
4.3.8 Áreas nuas ( <i>Bare lands</i> ).....	72
4.3.9 Corpos d'água ( <i>Water bodies</i> ).....	73
4.3.10 Neve e Gelo ( <i>Snowland and Ice</i> ).....	74
4.4 SÍNTESE DA PROPOSTA DE CLASSES .....	74
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE 1 – TRADUÇÕES DAS CLASSES DOS CONJUNTOS DE DADOS DA COBERTURA DA TERRA.....</b>	<b>87</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em um mundo em rápida e constante transformação, nenhuma porção do planeta está imune às alterações provocadas pela ação de diferentes agentes de mudança. Desta forma, conhecer a dinâmica da cobertura da terra sempre foi uma necessidade dos seres humanos. Desde a antiguidade é possível encontrar alguma referência sobre as relações entre a natureza e as atividades antrópicas.

Um retrato dessa conexão são as mudanças ao longo do tempo nas formas de ocupação de um território, os quais não apresentam homogeneidade e nem linearidade. Em geral, estão relacionadas à utilização dos recursos naturais e ambientais (LAMBIN, et al., 2001; FRITZ et al., 2011), às alterações climáticas globais (BROVKIN et al., 2004; HINES et al., 2008; TORRESAN et al., 2012) e ao crescimento urbano (PAULEIT e DUHME, 2000; DE GROOT, 2006).

Logicamente, tais conexões interferem ao meio, afetando a qualidade de vida das populações. De acordo com Chapin et al. (2000), essas variações podem ter impacto na biodiversidade nos próximos 100 anos. Apesar da importância do estudo da atividade de cobertura da terra, ainda há muito para explorar (FOODY, 2002). Além disso, a cobertura da terra é dinâmica, o que implica em monitoramento avançado (BELWARD, ESTES e KILNE, 1999).

Desta forma, o Sensoriamento Remoto (SR) e o Geoprocessamento passam a ter uma conotação estratégica, pois provêm ferramentas de detecção e análise do território, utilizando dados de forma sistemática e sinóptica das alterações ocorridas na cobertura da terra, salientando-se da quantidade e riqueza de informações espaciais, espectrais e temporais.

Em paralelo, o monitoramento da cobertura da terra contribui às ações de planejamento e ordenamento, avaliação de impactos ambientais, avaliação de serviços ecossistêmicos e produção de indicadores dos objetivos do desenvolvimento sustentável. Tal contribuição orienta ações gerenciais e tomada de decisão nas diversas instâncias governamentais e em diferentes setores que utilizam estas informações para o desenvolvimento de atividades e pesquisa.

Vale ressaltar que essas ações só são possíveis devido ao aprimoramento das tecnologias e técnicas utilizadas no SR, as quais têm sido utilizadas frequentemente. Chen e Wang (2010), Pal e Mather (2004) reforçam a importância do SR pela facilidade e rapidez em adquirir informações da cobertura da terra a um

menor custo em comparação com outros métodos, como os levantamentos terrestres.

Além disso, o SR tem a vantagem da disponibilidade de imagem multitemporal, bem como uma abrangência espacial para o mapeamento da cobertura terrestre (WITTKE et al., 2019; VIANA, GIRÃO e ROCHA, 2019). Tais facilidades fornecem alcance por parte de setores públicos e privados, permitindo o estímulo às pesquisas multidisciplinares, informações de áreas de difícil acesso, visão sinóptica, universalização de técnicas e, por consequência, otimização de tempo e redução de custos dos mapeamentos.

Entretanto, como o sensor remoto não registra a atividade diretamente, mas características da reflectância oriunda da interação entre a superfície e a energia incidente, torna-se necessário algum procedimento de classificação, seja através de interpretação visual, ou alguma lógica computacional/estatística de processamento destes dados.

Estas classes temáticas provenientes da classificação podem ser motivo de confusão, ambiguidade e dificuldades para sua comparabilidade, seja ao longo de um gradiente espacial ou temporal. Yang et al. (2017) ressaltam que esses conjuntos de dados de cobertura da terra nem sempre são comparáveis e compatíveis porque adotam classificações e legendas discrepantes para converter diferentes imagens de satélite em produtos de mapas temáticos.

Entretanto, as bases globais de cobertura da terra não apresentam uma boa abrangência temporal. Com isso, tais bases fornecem uma única data, inviabilizando até mesmo uma simples análise de mudança temporal. A carência de uma base global temporalmente consistente e a demanda por análises multitemporais trazem a necessidade de harmonizar as bases existentes, principalmente em relação ao sistema de classificação adotado.

Evidencia-se, portanto, o objetivo em reduzir as limitações destes conjuntos de dados no que diz respeito à sua compatibilidade e comparabilidade. Essas limitações prejudicam as variadas aplicações. Com isso, existe a necessidade de mensurar o grau de similaridade e as divergências existentes.

A visão de padronização e harmonização das classificações permite combinar conjuntos de dados multitemporais de cobertura da terra existentes para dar suporte à análise global. Entretanto, podem ser encontrados desafios relacionados a inconsistência na terminologia sistemática, conteúdo semântico e

legendas cartográficas (YANG et al., 2017). A consistência, assim como a semântica, são requisitos para a avaliação da cobertura da terra e monitoramento de suas mudanças na análise e planejamento ambiental. A segunda condição, de acordo com Bishr (1998) estuda a função das palavras, isto é, o “estudo do significado” em diversos níveis, através do conteúdo e contexto aplicados.

Destaca-se ainda, que existem organizações e instituições que estão trabalhando para criar sistemas de classificação geral e legendas para alcançar tal harmonização. Entretanto, ainda há desafios imensos de comparabilidade temática dos sistemas. Alguns exemplos: *Dynamic World (DW)*, *Geocover Land Cover (GeocoverLC)*, *Global Land Cover (GlobeLand30)*, *Land Use/Cover Change (LUCC)*<sup>1</sup>, *Land Cover Classification System (LCCS)* e *World Cover (WC)*.

Tais sistemas apresentam datas distintas de mapeamento e, infelizmente, a maior parte deles não são multitemporais, sendo assim compostos por somente um mapeamento. Para monitorar as mudanças de cobertura e uso da terra é necessário integrá-los. Portanto, alcançar uma harmonização semântica a fim de utilizar dados existentes em níveis satisfatórios tornou-se uma questão imprescindível, de forma que seja desenvolvida uma base de dados consistente, tal que as informações sejam obtidas em escalas regionais, sintetizadas em nível continental e servirem de escala global.

Essa possível harmonização pode tornar comparáveis as classificações oriundas de observação contínua de dados, para que decisões mais complexas possam ser tomadas com o propósito de facilitar o acesso e comparabilidade dos interessados.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Mensurar o grau de similaridade e identificar divergências nos sistemas globais de classificação de cobertura da terra para proposição de harmonização com vistas à sua comparabilidade.

---

<sup>1</sup> Certas referências tratam o sistema *Land Use/Cover Change (LUCC)* como *Global Land Use/Cover Change (GLUCC)*.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- a) Compreender os conceitos que embasam a definição das classes de cada sistema a ser analisado;
- b) Escolher os sistemas globais de classificação de cobertura da terra a serem analisados;
- c) Analisar eventuais semelhanças e divergências relacionadas à semântica e à sintaxe (terminologia) das classes abrangidas;
- d) Propor alterações (renomear e/ou reagrupar) classes visando a harmonização em âmbito global.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Os tópicos a seguir apresentam o delineamento bibliográfico necessário à elaboração e desenvolvimento da pesquisa. Buscou-se trabalhar tanto com estudos da literatura nacional como internacional, visando atualização quanto aos trabalhos desenvolvidos, principalmente no que diz respeito à análise dos sistemas de classificação de cobertura da terra. Os clássicos não foram ignorados, principalmente devido à clareza e elegância conceitual necessária para uma proposta como esta.

Além disso, considerou-se o idioma original (inglês)<sup>2</sup> das classes definidas pelos sistemas estudados. Isso garante que as categorias estabelecidas permaneçam consistentes e precisas ao longo do conjunto de dados, uma vez que ao utilizar o idioma original, evitam-se possíveis mal-entendidos ou interpretações equivocadas que poderiam surgir de traduções ou adaptações para diferentes idiomas.

---

<sup>2</sup> O apêndice 1 apresenta as traduções das classes dos sistemas de classificação de cobertura da terra trabalhadas.

## 2.1 FORMAS DE CATEGORIZAR A SUPERFÍCIE GLOBAL

Diante dos objetivos específicos de mapeamento ou análise, a superfície terrestre pode ser categorizada de várias maneiras. Tais classificações podem ser utilizadas para focar numerosos aspectos da paisagem. Algumas das formas comuns de classificar o cenário incluem cobertura da terra (land cover), uso da terra (land use), vegetação, topografia, uso da água, uso de solo agrícola, ecossistema, bioma, zonas climáticas, domínio, entre outras possibilidades.

Vale destacar que as classificações podem ser adaptadas conforme a finalidade do estudo ou projeto, e são combinadas frequentemente para fornecer uma compreensão mais completa da superfície terrestre em uma determinada área. Entretanto, tais combinações, ou seja, misturas de categorias distintas sem muito critério acabam sendo a causa de entraves para a harmonização, pois são expressivas as confusões de nomenclaturas. De cobertura da terra com vegetação, ecossistemas ou até mesmo envolvendo os três em um único sistema, distanciando do principal objetivo da análise.

Exemplo de tal destaque são diversos sistemas existentes que diferem dos seus focos temáticos específicos. Considerações baseadas em condições climáticas e sazonalidade (BECK et al., 2018), compostos de vegetação primária com foco em potencial natural (Hengl et al., 2018; Kaplan et al., 2003; Pfadenhauer e Klötzli, 2014; Ramankutty e Foley, 1999) ou padrões de vegetação reais (Buchhorn et al., 2019; Ellis et al., 2010), a inclusão de características geológicas (cadeias montanhosas, por exemplo, Pfadenhauer e Klötzli, 2014; terras estéreis, por exemplo, Defries et al., 2010; Kaplan et al., 2003) ou foco geográfico, como o arranjo latitudinal (Schultz, 2016), aumentam a variedade e a desarmonia nas classificações.

## 2.2 ESCALA DE MAPEAMENTO

Do ponto de vista matemático, a escala é a proporção entre a representação gráfica de um objeto e a medida correspondente de sua dimensão real (IBGE, 2006). Entretanto, Menezes e Fernandes (2013) citam que esta perspectiva interligada apenas à ótica geométrica é cada vez mais insatisfatória, já que a complexidade dos

fenômenos abordados no mundo real vem exigindo e ampliando as possibilidades de diferentes percepções e representações.

Logo, a escala de mapeamento visa a concepção para métodos de levantamento e mapeamento de uso e cobertura, objetivando atingir diferentes tipos de usuários e propósitos, prevendo a reprodução da informação em diferentes escalas de modo a serem utilizadas em vários níveis de tomada de decisão (IBGE, 2006). Assim, tratando-se de classificação, Prado (2009) explica que a escala do material analisado, no caso, da cobertura da terra, deve ser compatível com o nível de detalhamento desejada e prevista para ser apresentada no mapa final.

Vale ressaltar que o nível de detalhamento, ou seja, número e complexidade das classes estabelecido na classificação é direcionado pelo uso que será dado à informação representada no mapa e pelos atributos da terra discerníveis nos dados utilizados na sua elaboração (CONGALTON; GREEN, 1999).

Venter e Sydenham (2021) ressaltam que é um desafio realizar a classificação devido à dependência dos modelos baseados nas respostas espectrais, os quais podem ser limitados pelo fato de que as características da cobertura da terra podem mudar drasticamente entre as zonas de clima e vegetação. Por exemplo, uma pastagem na região mediterrânea terá assinaturas espectro-temporais muito diferentes de uma pastagem na zona boreal.

De acordo com o trabalho de Zhang e Roy (2017), esforços têm sido realizados, os quais partem da logística da divisão da área em muitas partes pequenas e execução de vários modelos de classificação ou incluindo covariáveis ambientais que auxiliam o modelo a explicar a variação característica na cobertura da terra (PFLUGMACHER et al., 2019; BROWN et al., 2022).

Com isso, o desenvolvimento de uma legenda evidencia a aplicação de uma classificação em uma área específica utilizando uma escala de mapeamento definida e um conjunto de dados específico. Quando uma legenda é definida a partir de um sistema de classificação, esta pode conter apenas um subconjunto de todas as classes possíveis estabelecidas nesse sistema. Conforme Di Gregório (2005), a elaboração de um sistema de classificação é dependente da escala e da representação cartográfica, bem como dos dados e do método de mapeamento.

Tais escalas podem ser categorizadas como:

- a) Escalas grandes / locais / cadastrais: 1:25.000 ou menores que 1:50.000;

- b) Escalas intermediárias / regionais / topográficas: entre 1:50.000 e 1:500.000;
- c) Escalas pequenas / globais / geográficas: 1:500.000.

Exemplos das categorias (a) e (b) podem ser encontrados no QUADRO 1.

QUADRO 1 - ESCALAS DE MAPEAMENTO

Sistema de classificação	Ano	Localização	Escala	Citação
<i>National Land Cover Data Classification System</i>	1992; 2006; 2011	Estados Unidos da América	1:5.000– 1:10.000	Homero et al. (2015); Yang et al. (2017)
MapBiomias	2020	Brasil	1:125.000	Souza et al. (2020)
<i>CORINE/Land Cover2006</i>	1985– 2018	Europa	1:100.000– 1:125.000	Büttner et al. (2014)
<i>AFRICOVER Land Cover Classification System</i>	1995– 2002	África	1:100.000– 1:125.000	Gregorio e Jansen (1998)

FONTE: Yang et al. (2017) e Nedd et al. (2021).

O trabalho de Yang et al. (2017) apresentam variações entre os níveis de escala. Os autores objetivam uma revisão histórica dos sistemas de classificação da cobertura da terra, separando-os de acordo com as grandezas analisadas. Entretanto, agrupam como nacional, regional e global. Estas duas primeiras nomenclaturas não são ideais, devido a variedade no tamanho dos países, sendo que podem não proporcionarem tal associação. No caso específico do Brasil, o termo regional também não se enquadra por poder gerar confusão com as regiões nacionais.

Apesar de tais variações, IBGE (2006) afirma que é esperado que os mapeamentos de uso e cobertura da terra forneçam informações sobre o território ao maior número possível de usuários, em diferentes escalas, de tal forma que possam ser comparados entre si e periodicamente atualizados.

Já no cenário em escala global, Nedd et al. (2021) explicam que existem sistemas desde a década de 1980. Estes, por sua vez, foram desenvolvidos por organizações internacionais visando o uso em todo o mundo. Após a validação, tais sistemas apresentam informações precisas e conjuntos de dados relacionados a classes, objetos e recursos de cobertura da terra para uso global. Os produtos da

terra classificados levam a uma tomada de decisão aprimorada relacionada ao gerenciamento, monitoramento e mudança da paisagem. Exemplo destes sistemas em escala global podem ser visualizados no

QUADRO 2 - SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE COBERTURA DA TERRA EM ESCALA GLOBAL

<b>Sistema de classificação</b>	<b>Ano</b>	<b>Organização</b>
DW	2015 – 2023	Google; <i>World Resources Institute</i> (WRI)
GeocoverLC	1970, 1990 e 2000	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> (NASA), <i>United States Geological Survey</i> (USGS) e <i>Earth Satellite Corporation</i> (EarthSat)
GlobeLand30	2000; 2010; 2014; 2017; 2020	<i>National Geomatics Center of China</i> (NGCC)
LUCC	1994 - 2005	<i>International Geosphere-Biosphere Programme</i> (IGBP) / <i>International Human Dimensions Programme</i> (IHDP)
LCCS	1996	<i>Food and Agriculture Organization</i> (FAO)
WC	2020 - 2021	<i>European Space Agency</i> (ESA)

### 2.3 COBERTURA DA TERRA

O termo “cobertura da terra” refere-se especificamente nesta pesquisa como a cobertura (bio)física observada sobre a superfície terrestre, ou seja, é o que se pode extrair diretamente de imagens orbitais ou fotografias aéreas. Essa definição é fundamental, visto que, em muitas classificações e legendas existentes, nota-se uma confusão com a denominação “uso da terra”, que pode ser caracterizada pelas atividades desenvolvidas pelas pessoas que ocupam um tipo de cobertura da terra específico e interagem para mantê-lo ou modificá-lo (DI GREGÓRIO, 2005).

Tal descrição é exemplificado por Prado (2009) ao citar que áreas de recreação existentes nas cidades são usos da terra que podem ser aplicados a diferentes tipos de cobertura da terra, desde áreas verdes até as áreas construídas.

Além disso, é importante destacar que o termo “terra” (land) é definido no sentido arável, o mesmo que solo agriculturável ou solo (GUERRA, 1993). Em alguns casos, os termos “terra” e “solo” não são considerados sinônimos.

De acordo com Di Gregório (2005), diante da imensa diversidade de tipos de cobertura da terra existentes, o homem sentiu a necessidade de descrevê-los mais apropriadamente e classificá-los com vistas ao desenvolvimento de sistemas, incorporando a necessidade crescente de padronizar e compatibilizar os dados para o mapeamento, análise e monitoramento de extensas áreas, de maneira prática e consistente.

A cobertura da terra é uma variável importante para muitos estudos envolvendo a superfície, como clima, segurança alimentar, hidrologia, erosão do solo, qualidade atmosférica, biologia da conservação e análises da vegetação. A cobertura da terra não altera apenas com as mudanças antrópicas, mas também naturais. Portanto, o estado da cobertura da terra é altamente dinâmico (BAN, GONG e GIRI, 2015).

Como, por exemplo: no inverno, a neve cobre vários outros tipos de cobertura da terra em latitudes mais altas. As inundações podem persistir por um longo período de um ano em áreas de terras baixas. A floresta pode ser queimada ou cortada em poucos dias. Dentro de alguns meses, as plantações podem variar de solo exposto ao recobrimento total do solo e depois voltar a ser solo exposto após a colheita.

A natureza altamente dinâmica da cobertura da terra cria um desafio no mapeamento e monitoramento que ainda precisa ser abordado adequadamente. À medida que a globalização econômica continua a se intensificar, há uma tendência crescente de mudança na cobertura da terra.

Essa temática de cobertura da terra geralmente se refere a face biofísica observada da superfície da terra, incluindo classes como corpos hídricos, florestas, terras agrícolas, pântanos e edificações (GREKOUSIS, MOUNTRAKIS e KAVOURAS, 2015; MEYER e TURNER 1993; LAMBIN e GEIST 2008; GIRI 2012; YANG et al., 2017). Comber, Wadsworth e Fisher (2008) explicam que existem dois métodos práticos para capturar essas informações sobre a cobertura da terra, sendo o levantamento de campo e por meio da análise das imagens de SR.

Nessa técnica de pesquisa de campo, Comber, Wadsworth e Fisher (2008) esclarecem que é envolvido o registro detalhado das características da cobertura da terra, os quais são normalmente documentados atributos de características florísticas e paisagísticas por meio de mapas básicos. A ênfase dos levantamentos de cobertura do solo baseado em campo é geralmente ecológica, como dispostos

nos trabalhos de Barr et al. (1993) e Haines-Young et al. (2000) capturando informações sobre a distribuição de espécies de plantas, comunidades de vegetação e associações fitossociológicas.

No entanto, Comber, Wadsworth e Fisher (2008) ressaltam que essas práticas consomem tempo e trabalho intensivo. Em contrapartida, a cobertura da terra em termos de SR é o material que interage diretamente com a radiação eletromagnética e causa o nível de energia refletida determinando o tom ou o número digital de um local em uma fotografia aérea ou imagem de satélite. Lillesand, Kiefer e Chipman (2015) realçam que somente o tom ou número digital em faixas de ondas não são suficientes para distinguir características da terra, e por isso há a necessidade de uma investigação empírica, onde os principais elementos visuais sensíveis de primeira, segunda e ordem superior, como, por exemplo: padrão, forma e tamanho, textura e sombra são considerados.

Devido à natureza das informações registradas pela cobertura da terra por SR e como as informações são relatadas, as dimensões fundamentais dos dados não são explícitas. Contudo, as classes são geralmente descritas por suas características ecológicas ou de uso (COMBER, WADSWORTH E FISHER, 2008). Comber, Law e Lishman (2004) esclarecem que a razão para isso, parte do fato que as características espectrais de alguns recursos de interesse, como por exemplo as áreas urbanas não são consistentes em diferentes cenas, sensores, contextos de paisagem e escalas espaciais.

É notória, portanto, a complexidade do processo de identificação das características de cobertura da terra. Comber, Fisher e Wadsworth (2005) destacam que os usuários podem não estar muito cientes da influência que cada estágio tem sobre os dados, e assim acabam relacionando suas terminologias diretamente aos nomes ou conceitos das informações, sem considerar as origens das classes, e logo os resultados dos argumentos fundamentais acabam sendo ignorados.

Diante disso, observa-se que à medida que o número de usuários não especialistas aumenta e os dados espaciais são usados para responder a mais perguntas sobre o meio ambiente, a necessidade de compreensão dos conceitos de dados se torna mais urgente (COMBER, FISHER e WADSWORTH, 2005).

De acordo com Rindfuss et al. (2008), essas incoerências acabam atrapalhando resultados ao nível macro, manifestados como regularidades espaciais ou temporais emergentes; a tomada de decisão com comportamentos especificados;

heterogeneidade das características, interações sociais ou outras que afetam seus atributos e/ou decisões, e mecanismos de feedback que podem produzir comportamentos não lineares do sistema.

Embora existam essas inconsistências, Comber, Fisher e Wadsworth (2005) explicam que há uma série de tendências atuais que contribuem para a situação, como, por exemplo:

- Iniciativas oriundas de desenvolvimentos políticos e informáticos com o aumento de acesso do público à informação espacial, como por exemplo o projeto Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE);
- Interesse dos usuários apenas no mapa (digital), descartando a maioria das vezes os relatórios de pesquisa (FISHER, 2003);
- Diversidade de plataformas;
- Padrões de metadados para orientação da avaliação das restrições técnicas.

Em conjunto, Hua et al. (2018) concluem que os numerosos conjuntos de dados de cobertura da terra em escala global têm contribuído muito para o estudo das mudanças ambientais globais e a gestão sustentável dos recursos naturais. No entanto, inevitavelmente sofrem perda de informações devido à natureza da incerteza na interpretação das imagens de SR. Portanto, analisar a consistência espacial de conjuntos de dados de cobertura da terra de várias fontes em escala global é importante para manter a consistência do tempo e considerar os efeitos das mudanças em caráter espacial.

## 2.4 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO

O avanço da tecnologia espacial proporcionou produtos de sensores a bordo de satélites imageadores como marco de uma nova era dos estudos de cobertura da terra, pois, ao mesmo tempo em que oportuniza uma nova metodologia de pesquisa, revela a concepção teórica que orienta a apreensão espacial e temporal da cobertura da terra no seu conjunto para a gestão da apropriação do espaço geográfico global ou local (MONTEIRO, 2008).

Entretanto, com a grande diversidade de classes existentes, houve a necessidade de descrevê-las mais apropriadamente e classificá-las com vistas ao desenvolvimento das classificações, incorporando a necessidade crescente de padronizar e compatibilizar os dados para o mapeamento, análise e monitoramento

de extensas áreas, de maneira prática e consistente (DI GREGORIO e JANSEN, 2005). Anderson et al. (1976) enfatizaram há quase cinquenta anos, que agências em vários níveis e instituições governamentais têm coletado dados de cobertura da terra, mas a maioria tem trabalhado de forma independente e sem coordenação. Em 2023 a situação não mudou muito.

Com isso, Yang et al. (2017) explicam que para alcançar os objetivos propostos por Di Gregório (2005), é de extrema importância definir classes e legendas de cobertura da terra compatíveis com a tecnologia utilizada, coerentes com a realidade empírica e padronizável/comparável entre diferentes mapeamentos/levantamentos. Um sistema de classificação é uma representação abstrata com os nomes, códigos e definições das classes (SOKAL, 1974). O objetivo principal da classificação é descrever a estrutura e relacionamento de grupos de objetos semelhantes (SOKAL, 1974).

A classificação, portanto, requer a definição dos limites das classes de cobertura da terra, de forma que sejam claros, precisos, possivelmente quantitativos e baseados em um conjunto de critérios objetivos. Entretanto, Anderson et al. (1976) ressaltam que não existe uma classificação ideal e sim diferentes perspectivas no processo, já que tende a ser subjetivo, mesmo quando uma abordagem numérica objetiva é usada. A justificativa desse destaque é a falta de razão lógica por um inventário detalhado em mais do que um curto período, uma vez que os padrões de cobertura da terra mudam de acordo com as demandas dos recursos naturais.

Atrelado às técnicas de SR, Anderson et al. (1976) reforçam que na tentativa de desenvolver um sistema de classificação para a cobertura da terra, deve ser fornecida uma estrutura para atender as necessidades da maioria dos usuários, assim como uma imposição de diretrizes e critérios para o estabelecimento da avaliação da classificação.

Com isso, Di Gregório (2005) salienta que para um sistema de classificação possa ser utilizado como referência deve apresentar as seguintes características:

- Amplo e consistente cientificamente;
- Capaz de suprir a necessidade de uma variedade de usuários;
- Potencialmente aplicável como um sistema de referência comum e que facilita comparações entre classes derivadas de diferentes classificações;

- Flexível, podendo ser usado em diferentes escalas e em diferentes níveis de detalhe, permitindo confrontar mapas globais, continentais, regionais e locais sem perda de informação;
- Capaz de descrever a diversidade de características da cobertura da terra, com claras definições dos limites das classes; e
- Baseado numa descrição clara e sistemática das classes, onde os critérios usados para defini-las não devem ser ambíguos.

Um ponto importante destacado por Briassoulis (2020) é quanto a magnitude e qualidade das mudanças da cobertura, já que a análise de tal alteração depende criticamente do sistema escolhido e sua classificação. A partir disso, ressalta-se a importância das características ambientais e socioeconômicas particulares dos tipos especificados. Caso contrário, a avaliação será limitada.

A autora ainda explica que a literatura baseada no mapeamento da cobertura da terra apresenta uma variedade considerável de teorias investigativas, descritivas e explicativas através das fontes de inter-relação na temática, sendo a escala de mapeamento, um tópico de suma importância, já que a classificação é dependente da mesma.

#### 2.4.1 *Dynamic World (DW)*

O Dynamic World (DW) é um conjunto de dados de cobertura da terra global com resolução de 10 m quase em tempo real, que adota um sistema de classificação a priori, produzido utilizando técnicas de aprendizado profundo, disponibilizado gratuitamente e licenciado abertamente pela Creative Commons BY-4.0. A periodicidade prevista é anual, e o produto DW está disponível para a coleção completa Sentinel-2 L1C de 2015 até o presente.

Este produto é o resultado de uma parceria entre o Google e o WRI, para produzir um conjunto de dados anuais da superfície terrestre. Brown et al. (2022) argumentam que o DW atua como uma classificação discreta através de imagens de reflectância do satélite Sentinel-2 (ESA), o qual apresenta uma extensão global e frequente atualização.

De acordo com Brown et al. (2022) esse esquema de classificação ou “taxonomia” para o DW foi determinado após uma revisão dos mapas globais de uso e cobertura da terra, incluindo o sistema de classificação da United States

Geological Survey (USGS) (Anderson et al, 1976), Land Use and Coverage Area frame Survey – LUCAS, Classificação do MapBiomas (Souza et al, 2020) e tipos da cobertura da terra ligadas ao GlobeLand30 (Chen et al., 2015).

A taxonomia do DW mantém uma grande semelhança com as classes apresentadas na orientação de boas práticas do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) para garantir uma aplicação mais fácil dos dados resultantes de estoque de carbono e emissões de gases de efeito estufa (PENMAN et al., 2003). A sistemática do DW foi aplicada utilizando anotações baseadas em polígonos “densos”, de modo que os rótulos de cobertura da terra são aplicados em áreas relativamente homogêneas com cores e texturas semelhantes (BROWN et al, 2022).

De certa forma, essas características permitem que os usuários façam análises multitemporais, bem como criem produtos personalizados adequados às suas necessidades. Em paralelo, Venter et al. (2022) destaca que a partir de 2021 foram lançados três mapas globais de cobertura da terra, sendo o DW do Google, o World Cover 2020 (WC) da ESA e o Environmental Systems Research Institute (Esri's) 2020 Land Cover. Todos esses produtos têm a visão de serem multitemporais e com periodicidade anual. Entretanto, apenas o DW está entregando operacionalmente mapas de cobertura da terra quase em tempo à medida que novas cenas do satélite Sentinel-2 se tornam disponíveis. De acordo com Brown et al. (2022) isto é possível devido as novas abordagens de aprendizado profundo.

Este novo sistema DW, acomoda uma variedade de necessidades do usuário, que vão desde dados extremamente atualizados até dados globais personalizados com datas específicas pelo usuário. Além disso, a natureza contínua das saídas do produto permite o refinamento dos dados, extensão e até mesmo uma redefinição da classificação gerada. Em combinação, esses atributos exclusivos permitem uma flexibilidade sem precedentes para uma comunidade diversificada de usuário em uma variedade de objetivos. As 9 classes do DW podem ser observadas no QUADRO 3.

QUADRO 3 – CLASSES DW

Nº	Classe	Descrição
1	Water	<i>Water is present in the image. Contains little-to-no sparse vegetation, no rock outcrop, and no built-up features like docks. Does not include land that can or has previously been covered by water.</i>
2	Trees	<i>Any significant clustering of dense vegetation, typically with a closed or dense canopy. Taller and darker than surrounding vegetation (if surrounded by other vegetation).</i>
3	Grass	<i>Open areas covered in homogenous grasses with little to no taller vegetation. Other homogenous areas of grass-like vegetation (blade-type leaves) that appear different from trees and shrubland. Wild cereals and grasses with no obvious human plotting (i.e., not a structured field).</i>
4	Flooded vegetation	<i>Areas of any type of vegetation with obvious intermixing of water. Do not assume an area is flooded if flooding is observed in another image. Seasonally flooded areas that are a mix of grass/shrub/trees/bare ground.</i>
5	Crops	<i>Human planted/plotted cereals, grasses, and crops.</i>
6	Shrub and Scrub	<i>Mix of small clusters of plants or individual plants dispersed on a landscape that shows exposed soil and rock. Scrub-filled clearings within dense forests that are clearly not taller than trees. Appear grayer/browner due to less dense leaf cover.</i>
7	Built area	<i>Clusters of human-made structures or individual very large human-made structures. Contained industrial, commercial, and private building, and the associated parking lots. A mixture of residential buildings, streets, lawns, trees, isolated residential structures or buildings surrounded by vegetative land covers. Major road and rail networks outside of the predominant residential areas. Large homogeneous impervious surfaces, including parking structures, large office buildings, and residential housing developments containing clusters of cul-de-sacs.</i>
8	Bare ground	<i>Areas of rock or soil containing very sparse to no vegetation. Large areas of sand and deserts with no to little vegetation. Large individual or dense networks of dirt roads.</i>
9	Snow and Ice	<i>Large homogenous areas of thick snow or ice, typically only in mountain areas or highest latitudes. Large homogenous areas of snowfall.</i>

FONTE: Brown et al. (2022).

#### 2.4.2 Global Land Cover 30 (GlobeLand30)

O Global Land Cover 30 (também chamado de GlobeLand30) representa um dos primeiros esforços no mapeamento de cobertura terrestre global com resolução de 30 m. Este projeto de mapeamento foi lançado no ano de 2010 pela NGCC, cujo objetivo era produzir um produto de dados com 10 classes para os anos 2000 e 2010 em um período de quatro anos (CHEN et al., 2017). Desta forma ficou definido

como um projeto de mapeamento operacional, tendo como objetivo claro a produção de conjuntos de dados confiáveis.

Conforme apresentado por Chen et al. (2017), o conjunto de dados deste projeto foi gerado para os dois anos de referência de 2000 e 2010 e exigiu a coleta e classificação de mais de 10.000 cenas, obtidas principalmente dos satélites LANDSAT 5 e 7 (sensores Thematic Mapper TM e Enhanced TM plus ETM+), para os anos de 2010. Além disso, foram consideradas as imagens do satélite chinês Huan Jing-1 (HJ-1), focado na proteção ambiental e monitoramento de desastres (BROVELLI et al., 2015).

Vale ressaltar que as versões do produto de dados de cobertura da terra dos anos de 2000 e 2010 tornaram-se de acesso aberto no ano de 2014. Entretanto, em 2017 foi lançada uma atualização e outra mais recente em 2020. O sistema inclui 10 classes de cobertura da terra conforme apresentado no (CHEN et al., 2017).

Tais dados têm sido amplamente utilizados em várias áreas de benefícios sociais, incluindo adaptações às mudanças climáticas, biodiversidade e sustentabilidade do ecossistema, resiliência a desastres, gestão de recursos minerais e energéticos, segurança alimentar e agricultura sustentável, gestão de infraestrutura e transporte, vigilância em saúde pública, desenvolvimento urbano sustentável e gestão de recursos hídricos (CHEN et al., 2017). O QUADRO 4 apresenta as classes do GlobeLand30.

QUADRO 4 – CLASSES GLOBELAND30

Nº	Classe	Descrição
1	<i>Cultivated land</i>	<i>Land used for agriculture, horticulture and gardens, including paddy fields, irrigated and dry farmland, vegetable and fruit gardens.</i>
2	<i>Forest</i>	<i>Land covered by trees, vegetation covers over 30%, including deciduous and coniferous forests, and sparse woodland with cover 10–30%.</i>
3	<i>Grassland</i>	<i>Land covered by natural grass with cover over 10%.</i>
4	<i>Shrub land</i>	<i>Land covered by shrubs with cover over 30%, including deciduous and evergreen shrubs, and desert steppe with cover over 10%.</i>
5	<i>Wetland</i>	<i>Land covered by wetland plants and water bodies, including inland marsh, lake marsh, river floodplain wetland, forest/shrub wetland, peat bogs, mangrove and salt marsh.</i>
6	<i>Water bodies</i>	<i>Water bodies in land area, including river, lake, reservoir, fish pond.</i>
7	<i>Tundra</i>	<i>Land covered by lichen, moss, hardy perennial herb and shrubs in the polar regions, including shrub tundra, herbaceous tundra, wet tundra, and barren tundra.</i>

8	<i>Artificial Surfaces</i>	<i>Land modified by human activities, including all kinds of habitation, industrial and mining area, transportation facilities, and interior urban green zones and water bodies.</i>
9	<i>Bare land</i>	<i>Land with vegetation cover lower than 10%, including desert, sandy fields, Gobi, bare rocks, saline and alkaline land.</i>
10	<i>Permanent snow and ice</i>	<i>Lands covered by permanent snow, glacier and icecap.</i>

FONTE: Chen et al. (2017).

#### 2.4.3 Land Use and Land Cover Change (LUCC)

O Land Use Cover Change (LUCC) foi lançado em 1994 como um projeto central do IGBP e do IHDP. A questão ser trabalhada é: “Como as forças humanas e biofísicas afetam o uso da terra e, portanto, a cobertura da terra, e quais são os impactos ambientais e sociais dessa mudança?”.

Neste sentido, Turner, Moss e Skole (1994), Lambin et al. (2000), Lambin e Geist (2008) ressaltam que tal projeto abordou inicialmente o problema da dinâmica da cobertura da terra por meio de observações empíricas e modelos de diagnóstico. Exemplos dessas aplicações são os impactos ecológicos como o desmatamento e a desertificação no sistema natural.

O LUCC apresenta como principais objetivos:

- Desenvolvimento de uma compreensão fundamental da dinâmica humana e biofísica das mudanças no uso da terra e os impactos dessas mudanças na cobertura da terra;
- Desenvolvimento de modelos globais robustos e regionalmente sensíveis de mudança de uso/cobertura da terra com capacidades aprimoradas para prever e projetar mudanças de uso/cobertura;
- Desenvolvimento de uma compreensão da dinâmica de uso/cobertura do solo através de estudos de caso sistemáticos e integrados.

Este projeto foi concluído no ano de 2005. Entretanto, a ciência resultante do LUCC e a comunidade associada ao mesmo, contribuem para o atual projeto conhecido por *Globe Land Project (GLP)*, o qual foi renomeado para *Global Land Programme (GLP)*.

Vale ressaltar que a legenda empregada foi desenvolvida para atender às necessidades dos projetos do IGBP, proporcionando uma representação consistente e objetiva das formas de relevo significativas para todos os projetos (GEIST e

LAMBIN, 2002). Ao mesmo tempo, foram desenvolvidos modelos de cobertura da terra que permitiram a exploração de cenários futuros (VERBURG et al., 1999; PONTIUS, CORNELL e HALL, 2001).

O LUCG apresenta seus dados dos anos de 1994 a 2005, sendo englobado pelo GLP com início após a publicação do seu plano científico em 2005 por um período de 10 anos.

Em suma, o projeto LUCG é a base de mapas que atende o IGBP e o IHDP. Em algumas literaturas é encontrado como Global Land Use Cover Change (GLUCC), objetivando reduzir confusões com a sigla “LUCG” em um senso amplo.

QUADRO 5 – CLASSES LUCG

Nº	Classe	Descrição
1	<i>Evergreen<sup>3</sup> needleleaf<sup>4</sup> forests</i>	<i>Lands dominated by needleleaf woody vegetation with a percent cover 60% and height exceeding 2 m. Almost all trees remain green all year. Canopy is never without green foliage.</i>
2	<i>Evergreen broadleaf<sup>5</sup> forests</i>	<i>Lands dominated by broadleaf woody vegetation with a percent cover 60% and height exceeding 2 m. Almost all trees and shrubs remain green year round. Canopy is never without green foliage.</i>
3	<i>Deciduous needleleaf forests</i>	<i>Lands dominated by woody vegetation with a percent cover 60% and height exceeding 2 m. Consists of seasonal needleleaf tree communities with an annual cycle of leaf-on and leaf-off periods.</i>
4	<i>Deciduous broadleaf forests</i>	<i>Lands dominated by woody vegetation with a percent cover 60% and height exceeding 2 m. Consists of broadleaf tree communities with an annual cycle of leaf-on and leaf-off periods.</i>
5	<i>Mixed forests</i>	<i>Lands dominated by trees with a percent cover 60% and height exceeding 2 m. Consists of tree communities with interspersed mixtures or mosaics of the other four forest types. None of the forest types exceeds 60% of landscape.</i>
6	<i>Closed shrublands</i>	<i>Lands with woody vegetation less than 2 m tall and with shrub canopy cover 60%. The shrub foliage can be either evergreen or deciduous.</i>
7	<i>Open shrublands</i>	<i>Lands with woody vegetation less than 2 m tall and with shrub canopy cover between 10% and 60%. The shrub foliage can be either evergreen or deciduous.</i>
8	<i>Woody savannas</i>	<i>Lands with herbaceous and other understory systems, and with forest canopy cover between 30% and 60%. The forest cover height exceeds 2 m.</i>
9	<i>Savannas</i>	<i>Lands with herbaceous and other understory systems, and with forest canopy cover between 10% and 30%. The forest cover height exceeds 2 m.</i>

<sup>3</sup> Considere *evergreen* como perenifólia.

<sup>4</sup> Considere *needleleaf* como “folha estreita”. Sinônimos deste termo podem ser considerados: acículas, pinheiros e gimnospermas.

<sup>5</sup> Considere *broadleaf* como “folha larga”. Latifoliada e angiospermas são sinônimos que podem ser utilizados.

10	<i>Grasslands</i>	<i>Lands with herbaceous types of cover. Tree and shrub cover is less than 10%.</i>
11	<i>Permanent wetlands</i>	<i>Lands with a permanent mixture of water and herbaceous or woody vegetation. The vegetation can be present either in salt, brackish, or fresh water.</i>
12	<i>Croplands</i>	<i>Lands covered with temporary crops followed by harvest and a bare soil period (single and multiple cropping systems). Note that perennial woody crops will be classified as the appropriate forest or shrub land cover type.</i>
13	<i>Urban and built-up</i>	<i>Lands Land covered by buildings and other man-made structures.</i>
14	<i>Cropland/natural vegetation mosaics</i>	<i>Lands with a mosaic of croplands, forests, shrubland, and grasslands in which no one component comprises more than 60% of the landscape.</i>
15	<i>Snow and ice</i>	<i>Lands under snow/ice cover throughout the year.</i>
16	<i>Barren</i>	<i>Lands with exposed soil, sand, rocks, or snow and never have more than 10% vegetated cover during any time of the year.</i>
17	<i>Water bodies</i>	<i>Oceans, seas, lakes, reservoirs, and rivers. Can be either fresh or salt-water bodies.</i>

FONTE: Lambin et al. (2000).

#### 2.4.4 Land Cover Classification System (LCCS)

O *Land Cover Change System* (LCCS) é um sistema de classificação desenvolvido pela FAO para fornecer uma estrutura consistente para a classificação e mapeamento da cobertura da terra. É reconhecido como uma opção promissora para garantir a homogeneidade entre diferentes legendas e mapas específicos de cada país (JALAL et al., 2019).

O LCCS é composto por um conjunto de classes que permitem classificar e descrever diferentes tipos de cobertura da terra em uma área geográfica específica. O sistema é projetado para ser flexível e pode ter várias categorias, dependendo da escala de classificação necessária e da complexidade das características da cobertura do solo a serem consideradas.

De acordo com Yang et al. (2017), o sistema apresenta duas fases principais. A primeira é conhecida como “fase dicotômica” inicial, na qual são definidos os principais tipos de cobertura da terra. Sendo, portanto, seguido da fase “modular-hierárquica”, o qual realiza combinações de conjuntos pré-definidos. Por exemplo, classificadores comuns usados para tipos de vegetação terrestre adotam-se características como a cobertura, altura e o padrão (DI GREGORIO e JANSEN, 2005).

Vale ressaltar que o sistema permite a criação dinâmica de classes sem obrigar o usuário a se contrastar com uma lista pré-definida de nomes por meio de uma combinação dinâmica de atributos diagnósticos de cobertura da terra. O principal objetivo deste sistema era de superar a rigidez das classificações de cobertura da terra, que em muitas situações práticas não permitem uma fácil classificação em uma das classes pré-definidas e, portanto, não são muito adequadas para o mapeamento (DI GREGORIO e JANSEN, 2005).

Destaca-se ainda que o LCCS apresenta 3 versões. A primeira versão foi desenvolvida na década de 1990. Essa versão inicial estabeleceu a base para o sistema de classificação de cobertura da terra e foi projetada para ser uma estrutura padronizada e que pudesse ser aplicada globalmente (JENSEN e DI GREGORIO, 2002). A segunda versão do LCCS foi gerada em 2005 com melhorias significativas ao sistema original (DI GREGORIO e JANSEN, 2005). E por fim, a terceira versão foi desenvolvida em 2016, com a apresentação de sistema mais robusto, compacto e útil para uma ampla gama de aplicações relacionadas à cobertura da terra.

QUADRO 6 – CLASSES LCCS

Nº	Classe	Descrição
1	<i>Barren</i>	<i>At least 60% of area is non-vegetated barren (sand, rock, soil) or permanent snow/ice with less than 10% vegetation.</i>
2	<i>Permanent Snow and Ice</i>	<i>At least 60% of area is covered by snow and ice for at least 10 months of the year.</i>
3	<i>Water Bodies</i>	<i>At least 60% of area is covered by permanent water bodies.</i>
4	<i>Dense Forests</i>	<i>Tree cover 60% (canopy 2m).</i>
5	<i>Open Forests</i>	<i>Tree cover 10-60% (canopy 2m).</i>
6	<i>Woody Wetlands</i>	<i>Shrub and tree cover 10% (1m). Permanently or seasonally inundated.</i>
7	<i>Grasslands</i>	<i>Dominated by herbaceous annuals (2m) 10% cover.</i>
8	<i>Shrublands</i>	<i>Shrub cover 60% (1-2m).</i>
9	<i>Herbaceous Wetlands</i>	<i>Dominated by herbaceous annuals (2m) 10% cover. Permanently or seasonally inundated.</i>
10	<i>Tundra</i>	<i>Tree cover 10%. Snow-covered for at least 8 months of the year.</i>
11	<i>Unclassified</i>	<i>Has not received a map label because of missing inputs.</i>

FONTE: Yang et al. (2017).

#### 2.4.5 Geocover Land Cover (GeocoverLC)

A Universidade de Maryland (UMD) é uma instituição de ensino superior nos Estados Unidos que abriga várias unidades de pesquisa e departamentos voltados

para diversas áreas do conhecimento, incluindo geografia, ciências ambientais e tecnologias de SR. Em 1994, a UMD criou o *Global Land Cover Facility* (GLCF) como um projeto operacional de pesquisa dedicada à disponibilização de dados, informações e serviços relacionados à cobertura terrestre global e ao uso da terra. Financiado principalmente pela NASA (HANSEN et al., 2000; TOWNSHEND et al., 1994; EIDENSHINK et al., 1994).

Tal projeto gerou um conjunto de dados de classificação global da cobertura da terra baseado nos dados do *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) com resolução de 1 km, abrangendo as datas de abril de 1992 a março de 1993 (HANSEN e REED, 2000). Hansen e Reed (2000) relatam que uma estrutura de árvore hierárquica é usada para classificar os dados do AVHRR em 12 classes.

Em 1998, a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) contratou a *Earth Satellite Corporation* (EarthSat) para desenvolver uma base global de imagens ortorretificadas utilizando imagens do satélite LANDSAT 5. Este conjunto de imagens é referido como GeoCoverLC. A UMD propôs as classes e classificou o referido produto (CUNNINGHAM et al., 2002).

O objetivo do programa GeoCover LC é fornecer uma classificação básica da cobertura da terra, mas prepará-la de maneira precisa, consistente e global. Extrair essas informações de imagens LANDSAT de resolução moderada é uma tarefa difícil, pois mais de 7.600 cenas devem ser processadas. Cunningham et al. (2002) explica que EarthSat se concentrou em três aspectos importantes.

Primeiro, automatização do processo; segundo, confiança no processamento de imagem testado ao longo do tempo e na interpretação orientada por analistas para extrair as informações de cobertura do solo; e terceiro, implementação do controle de qualidade contínuo e a melhoria do processo para produzir o produto da mais alta qualidade dentro de restrições rigorosas de tempo e orçamento (CUNNINGHAM et al., 2002).

De acordo com Cunningham et al. (2002) este projeto apresenta uma atualização com imagens do sensor TM para o ano 2000, sendo assim o conjunto de dados GeoCoverLC apresenta cobertura de dados em dois períodos para algumas regiões do mundo e cobertura de 1990 e 2000.

Atualmente a UMD tem trabalhado com cenas dos satélites Landsat e Sentinel. Em conjunto, utiliza técnicas de aprendizado de máquina para monitorar a

perda de cobertura florestal em escala global. O apresenta as classes do sistema GeocoverLC.

QUADRO 7 – CLASSES GEOCOVER LC

Nº	Classe	Descrição
1	<i>Forest, Deciduous</i>	<i>Woody vegetation 3 meters (10 ft) in height that lose leaves periodically due to changing seasons or moisture regimes. Canopy closure must be 35% (35% = Category 3). Also included in this category are areas commonly referenced as "swamp" or forested wetland if dominated by a deciduous canopy.</i>
2	<i>Forest, Evergreen</i>	<i>Woody vegetation 3 meters (10 ft) in height that retain their leaves throughout seasons. Evergreen includes both needle leaf and broad leaf species. Some tree plantations may be included in this class. Canopy closure must be 35% (35% = Category 3).</i>
3	<i>Shrub/Scrub</i>	<i>Woody vegetation less than 3 meters (10 ft) in height, with both closed and open canopies. Minimum ground cover is 10%; conversion to forest occurs at 35% canopy coverage provided the trees are 3 m in height. Areas of forest that have experienced burning (burn scars) are classified in this category.</i>
4	<i>Grassland (10% ground cover)</i>	<i>Grass and herbaceous areas. Category may include herbaceous wetlands if images are collected during dry season or periods of drought. Land cover types commonly referenced as savanna and open savanna are included in this category. Areas of grassland and scrub/shrub that have experienced burning (burn scars) are classified in this category. Golf courses will be included in this class unless they are completely surrounded by the "Man-Made, Other" class.</i>
5	<i>Barren/Minimal Vegetation (10% ground cover)</i>	<i>Includes sand dunes, desert, rock outcrops, bare soil other than bare agricultural land, and sparsely vegetated areas of grass and shrub. This category includes non-vegetated strip mines and quarries except where covered by development (urban/built-up) or water (water).</i>
6	<i>Man Made-Other, Urban/Built Up</i>	<i>Cities, towns, wide roads, airports, other developed areas. Areas of non-urban cover within the urban fringe are only separated from the urban category if they exceed 25 ha (500 x 500 m if square or 307 pixels) in size and 2 pixels (58 meters) in width.</i>
7	<i>Agriculture, General</i>	<i>All non-rice agricultural fields, both with crop or fallow; highly managed pastures and hay lands (but not grasslands commonly referenced as "rangeland"); complex mosaics of natural vegetation and cropland. Some orchards and tree plantations, such as palm or date plantations, may be included in this category.</i>

8	<i>Agriculture Rice/Paddy</i>	<i>Paddy agricultural fields, mainly rice, that are seasonally inundated with water. Depending upon the season of acquired imagery, some rice paddies may be included in the "Agriculture, Other" class if the paddies are not flooded.</i>
9	<i>Wetland, Permanent/Herbaceous</i>	<i>Emergent herbaceous wetlands, as well as other irregularly inundated areas that may not be vegetated, including: mud flats, salt pans, and playas. Vegetated herbaceous wetlands may be referenced as "marsh". Areas commonly referenced as "swamp", including forested wetlands, are not included in this wetland class. Forested wetlands, with the exception of "Mangrove" are included in one of the forest categories. Areas of burn scar within a wetland are included in this category.</i>
10	<i>Wetland, Mangrove</i>	<i>Regularly inundated coastal areas that are covered by mangrove species. Areas of burn scar within a mangrove wetland are included in this category.</i>
11	<i>Water</i>	<i>All type of water bodies, including rivers, lakes, reservoirs, ponds, bays, and estuaries. This categorization does not differentiate between these water classes.</i>
12	<i>Permanent or Nearly Permanent Ice and/or Snow</i>	<i>Areas covered by permanent or nearly permanent ice and/or snow.</i>
13	<i>Cloud/Cloud Shadow/No Data</i>	<i>Areas in which the ground surface is masked by cloud, smoke, or thick haze, or their concurrent shadows. Also includes any area for which no meaningful Thematic Mapper signal is received, e.g., line drops, areas outside of the coverage of the outermost TM image footprint.</i>

FONTE: Cunningham et al. (2002).

#### 2.4.6 World Cover (WC)

O *WorldCover* da *European Space Agency* (ESA) é um mapa global de cobertura da terra com 11 classes diferentes, alinhadas com o sistema de classificação de cobertura da terra do LCCS. Utiliza a resolução de 10 m com base na combinação de dados dos satélites Sentinel-1 e Sentinel-2.

De acordo com Zanaga et al. (2021), essa correspondência de informações contribui significativamente já que em áreas onde as imagens do Sentinel-2 são cobertas por nuvens por um longo período de tempo, os dados do Sentinel-1 fornecem informações complementares sobre as características da cobertura de terra observada.

Logo, a combinação destes dados torna possível a atualização do mapa de cobertura da terra em quase em tempo real. O *WC Map* estima a periodicidade anual e possui dados disponíveis para os anos 2020 e 2021 (ZANAGA et al., 2021).

Entretanto, devido às diferentes versões do algoritmo, deve-se notar que as mudanças entre o mapa *WC 2020* e o mapa *WC 2021* são resultado de mudanças reais na cobertura da terra e no algoritmo utilizado.

O produto *WC 2021 v200* é desenvolvido por um consórcio liderado pela *VITO Remote Sensing*, juntamente com os parceiros *Brockmann Consult*, *Gamma Remote Sensing AG*, *International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)* e *Wageningen University*.

O mapa *WC* é fornecido como parte do *Earth Observation Envelope Programme-5 (EOEP-5)*. Fornece cobertura global de informações valiosas para aplicações como biodiversidade, segurança alimentar, avaliação de carbono e modelagem climática.

QUADRO 8 – CLASSES WC

Nº	Classe	Descrição
1	<i>Tree cover</i>	<i>This class includes any geographic area dominated by trees with a cover of 10% or more. Other land cover classes (shrubs and/or herbs in the understorey, built-up, permanent water bodies, ...) can be present below the canopy, even with a density higher than trees. Areas planted with trees for afforestation purposes and plantations (e.g. oil palm, olive trees) are included in this class. This class also includes tree covered areas seasonally or permanently flooded with fresh water except for mangroves.</i>
2	<i>Shrubland</i>	<i>This class includes any geographic area dominated by natural shrubs having a cover of 10% or more. Shrubs are defined as woody perennial plants with persistent and woody stems and without any defined main stem being less than 5 m tall. Trees can be present in scattered form if their cover is less than 10%. Herbaceous plants can also be present at any density. The shrub foliage can be either evergreen or deciduous.</i>
3	<i>Grassland</i>	<i>This class includes any geographic area dominated by natural herbaceous plants (Plants without persistent stem or shoots above ground and lacking definite firm structure): (grasslands, prairies, steppes, savannahs, pastures) with a cover of 10% or more, irrespective of different human and/or animal activities, such as: grazing, selective fire management. Woody plants (trees and/or shrubs) can be present assuming their cover is less than 10%. It may also contain uncultivated cropland areas (without harvest/ bare soil period) in the reference year.</i>
4	<i>Cropland</i>	<i>Land covered with annual cropland that is sowed/planted and harvestable at least once within the 12 months after the sowing/planting date. The annual cropland produces an herbaceous cover and is sometimes combined with some tree or woody vegetation. Note that perennial woody crops will be classified as the appropriate tree cover or shrub land cover type. Greenhouses are considered as built-up.</i>

5	<i>Built-up</i>	<i>Land covered by buildings, roads and other man-made structures such as railroads. Buildings include both residential and industrial building. Urban green (parks, sport facilities) is not included in this class. Waste dump deposits and extraction sites are considered as bare.</i>
6	<i>Bare/ sparse vegetation</i>	<i>Lands with exposed soil, sand, or rocks and never has more than 10 % vegetated cover during any time of the year.</i>
7	<i>Snow and Ice</i>	<i>This class includes any geographic area covered by snow or glaciers persistently.</i>
8	<i>Permanent water bodies</i>	<i>This class includes any geographic area covered for most of the year (more than 9 months) by water bodies: lakes, reservoirs, and rivers. Can be either fresh or salt-water bodies. In some cases the water can be frozen for part of the year (less than 9 months).</i>
9	<i>Herbaceous wetland</i>	<i>Land dominated by natural herbaceous vegetation (cover of 10% or more) that is permanently or regularly flooded by fresh, brackish or salt water. It excludes unvegetated sediment, swamp forests (classified as tree cover) and mangroves.</i>
10	<i>Mangroves</i>	<i>Taxonomically diverse, salt-tolerant tree and other plant species which thrive in intertidal zones of sheltered tropical shores, "overwash" islands, and estuaries.</i>
11	<i>Moss and lichen</i>	<i>Land covered with lichens and/or mosses. Lichens are composite organisms formed from the symbiotic association of fungi and algae. Mosses contain photo-autotrophic land plants without true leaves, stems, roots but with leaf-and stemlike organs.</i>

FONTE: Zanaga et al. (2021).

## 2.5 ESTADO DA ARTE

Conjuntos de dados globais, regionais e nacionais foram derivados em resposta à necessidade de informações sobre a cobertura da terra e sua dinâmica. O desenvolvimento destes sistemas é impulsionado pelas diferentes iniciativas nacionais ou internacionais, onde os padrões de mapeamento subsequentes adotados refletem os diversos interesses, requisitos e metodologias dos programas originários.

Desta forma, com o maior leque de informações, esforços têm sido desenvolvidos nesta área, como por exemplo o trabalho de Venter et al. (2022), onde os autores apresentam uma comparação cruzada e avaliação de precisão dos produtos DW do Google, ESA's WC e Esri's Land Cover, a fim de informar a adoção e aplicação desses mapas no futuro. Através das análises realizadas nesta pesquisa, os escritores recomendam que o uso dos sistemas passe por uma avaliação crítica de adequação em relação ao propósito de aplicação.

Dentro desta linha de raciocínio, Hansen e Reed (2000) argumentam em seu estudo através da comparação entre produtos globais de cobertura da terra entre o IGBP e a UMD, que as questões sobre metodologias apropriadas, fontes de dados e técnicas de avaliação ainda estão sob investigação ao tratar de uma harmonização semântica. Portanto, a tarefa futura é aprimorar os pontos de melhoria dentro dos atuais conjuntos de produtos e identificar maneiras de otimizar. Os autores ressaltam a baixa concordância em categorias de vegetação, principalmente para classes individuais e com significativa variabilidade regional.

Além disso, Hansen e Reed (2000) reforçam que a melhora na correlação entre os mapas é um importante tópico de pesquisa, uma vez que podem incluir a identificação de áreas centrais para as principais coberturas da terra, assim como as áreas de pixels mistos e a identificação de informações multiespectrais que melhor discriminam as coberturas globais da terra.

Diante disso, Nedd et al. (2021) buscam uma síntese em seu projeto de estudo do uso e cobertura da terra atribuindo definições, classificações, meta-estudos, desafios e lacunas do conhecimento em uma paisagem global. Este trabalho apresentou uma revisão da literatura, buscando interpretar e sintetizar sistematicamente referências da área. O trabalho abordou 389 artigos de pesquisa, dos quais 146 foram utilizados para apresentar os resultados baseados nos sistemas de classificação.

Outro trabalho que segue esta linha de pesquisa da comparabilidade dos sistemas de classificação é apresentado por Duarte et al. (2023). O objetivo desta pesquisa foi a comparação temática entre o produto de cobertura do solo ESA *WorldCover* 2020 (WC) e um mapa nacional de cobertura da terra (Carta de Uso e Ocupação do Solo - COS2018) desenvolvido pela Agência Nacional de Cartografia Portuguesa. Tal estudo buscou realizar a comparação entre os mapas e uma proposição de classes, assim como uma comparação visual entre os mapas para ilustrar suas diferenças com foco nos detalhes da paisagem.

Os pesquisadores concluíram que algumas das diferenças encontradas estão relacionadas com as variadas unidades mínimas de mapeamento do COS18 e do WC e às diferentes nomenclaturas. Por exemplo, os resultados desta pesquisa mostram que, enquanto o detalhe WC é capaz de distinguir pequenas ocorrências de superfícies artificiais e prados dentro de um ambiente urbano, o WC deixa a desejar na distinção entre vegetações. Duarte et al. (2023) alertam que ao

selecionar um mapa, os usuários devem estar cientes de que as diferenças entre os mapas podem ter uma variedade de causas, como escala, referência temporal, nomenclatura e erros.

Arelada ao desenvolvimento do DW, a UMD, mais especificamente o Departamento de Ciências Geográficas realiza investigações de métodos, causas e impactos das mudanças globais na superfície da terra. Os satélites de observação da terra são a principal fonte de dados. Vários projetos têm sido empregados, dentre eles um conhecido como os “*All eyes on the Amazon*”.

É perceptível, portanto, a preocupação e investigação nesta temática dos sistemas de classificação e harmonização semântica, uma vez que nações têm se debruçado em pesquisas para obtenção de resultados que atendam a comunidade.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 DADOS UTILIZADOS

O QUADRO 9 sintetiza os sistemas de monitoramento utilizados, incluindo nome, simplificação, organização, sensor, resolução espacial, classes, intervalo de tempo, acesso e marco conceitual.

QUADRO 9 – CONJUNTO DE DADOS DA COBERTURA DA TERRA

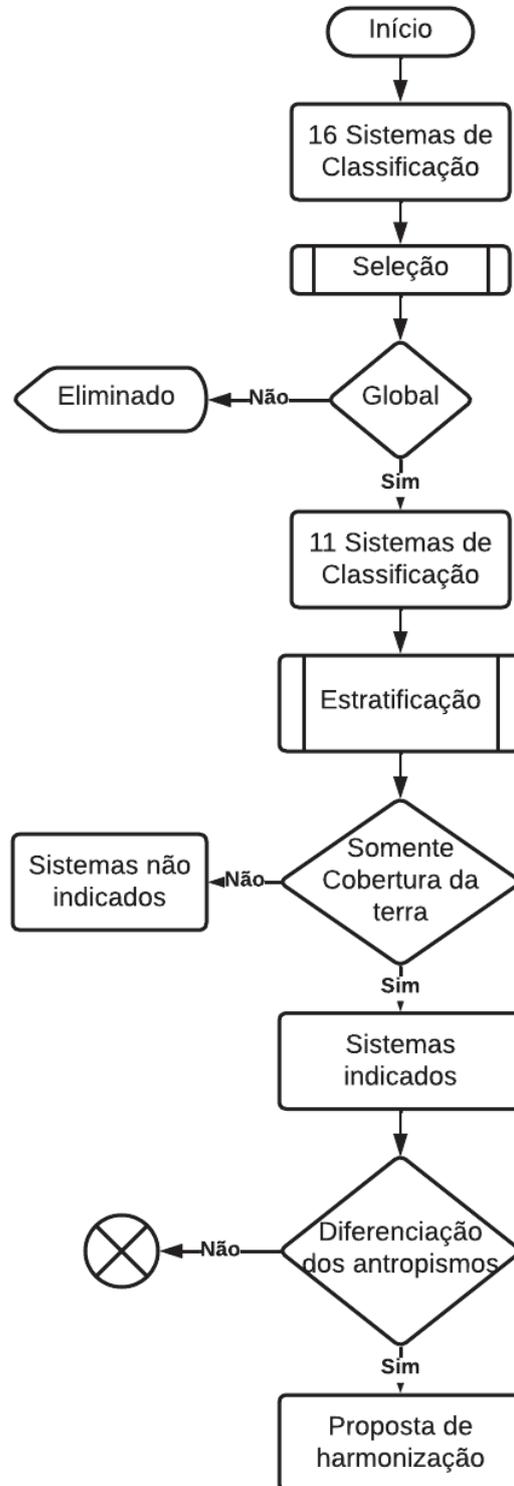
Nome	Dynamic World	Geocover Land Cover	<i>GlobeLand30</i>	Land use/cover change	Land Cover Classification System	ESA World Cover
Simplificação	DW	<i>GeocoverLC</i>	<i>GlobeLand30</i>	LUCC	LCCS	WC
Organização	<i>Google/WRI</i>	<i>NASA, USGS e EarthSat</i>	<i>NGCC</i>	<i>IGBP /IHDP</i>	<i>FAO</i>	<i>ESA</i>

<b>Sensor/ Fonte de dados</b>	Sentinel-2	LANDSAT	Landsat TM/ETM+, HJ-1 A/B	-	-	Sentinel- 1/Sentinel- 2
<b>Resolução espacial</b>	10 m	30 m	30 m	-	-	10 m
<b>Classes</b>	9	13	10	17	11	11
<b>Intervalo de tempo</b>	2015 - 2023	1970, 1990 e 2000	2000; 2010; 2014; 2017; 2020	1994 - 2005	1996	2020, 2021
<b>Acesso</b>	<a href="http://dynamicworld.aop">http://dynamicworld.aop</a>	<a href="https://proceedings.esri.com/library/userconf/proc02/pap0811/p0811.htm">https://proceedings.esri.com/library/userconf/proc02/pap0811/p0811.htm</a>	<a href="http://www.globallandcover.com/">http://www.globallandcover.com/</a>	<a href="https://glp.earth/">https://glp.earth/</a>	<a href="https://www.fao.org/">https://www.fao.org/</a>	<a href="http://zenodo.org/record/5571936">http://zenodo.org/record/5571936</a>
<b>Marco Conceitual</b>	Brown et al. (2022)	Cunningham et al. (2002)	Chen, et al. (2015)	He, et al. (2022)	Di Gregorio (2005)	Zanaga, et al. (2021)

### 3.2 PROCEDIMENTO

As seções a seguir apresentarão os principais procedimentos metodológicos deste trabalho, que dizem respeito do estudo da taxonomia comparativa dos conjuntos de dados da cobertura da terra utilizados. Tal análise foi realizada através do estudo exploratório envolvendo a interpretação semântica, comparação de legendas e características dos mapeamentos, utilizados nos sistemas de classificação utilizados. A FIGURA 1 apresenta o fluxograma com os principais meios de análise. E o QUADRO 10 apresenta todos os sistemas com suas classes para iniciar a seleção para estudo.

FIGURA 1 - ESQUEMA METODOLÓGICO



ent d	Mangroves	Shrubland	Deciduous broadleaf forests	Mosaic	Forests	Standard deviation of percent tree covered	Man Made-Other, Urban/Built Up	Mosaic: Cropland / Shrub or Grass Cover	F a
nds	Shrubs Covered Areas	Water	Deciduous needleleaf forests	Deciduous Broadleaf Forest	Evergreen Broadleaf Forests	Pixel cloud cover indicators	Agriculture, General	Mosaic: Cropland / Tree Cover / Other natural vegetation	S
T	Snow and glaciers	Wetlands	Evergreen broadleaf forests	Dryland Cropland and Pasture	Evergreen Needleleaf Forests		Agriculture Rice/Paddy	Regularly flooded Shrub and/or Herbaceous Cover	T
ified	Sparse vegetation		Evergreen needleleaf forests	Evergreen Broadleaf Forest	Grasslands		Wetland, Permanent/Herbaceous	Shrub Cover, closed-open, deciduous	W
s	Tree Covered Areas		Grasslands	Evergreen Needleleaf Forest	Mixed Forests		Wetland, Mangrove	Shrub Cover, closed-open, evergreen	W
	Water bodies		Mixed forests	Grassland	Open Shrublands		Water	Snow and Ice (natural & artificial)	
	Open shrublands		Permanent wetlands	Herbaceous Tundra	Permanent Snow and Ice		Permanent or Nearly Permanent Ice and/or Snow	Sparse Herbaceous or sparse Shrub Cover	
	Savannas		Savannas	Herbaceous Wetland	Permanent Wetlands		Cloud/Cloud Shadow/No Data	Tree cover / Other natural vegetation	
	Snow and ice		Savannas	Interrupted Areas (Goodes Homolosine Projection)	Savannas			Tree Cover, broadleaved, deciduous, closed	
	Urban and built-up lands		Urban and built-up lands	Irrigated Cropland and Pasture	Unclassified			Tree Cover, broadleaved, deciduous, open	
	Water bodies		Water bodies	Missing Data	Urban and Built-up Lands			Tree Cover, broadleaved, evergreen	
	Woody savannas		Woody savannas	Mixed Dryland/Irrigated Cropland and Pasture	Water Bodies			Tree Cover, burnt	
				Mixed Forest	Woody Savannas			Tree Cover, mixed leaf type	
				Mixed Shrubland/Grassland				Tree Cover, needle-leaved, deciduous	
				Mixed Tundra				Tree Cover, needle-leaved, evergreen	
				Savanna				Tree Cover, regularly flooded, fresh water (& brackish)	
				Shrubland				Tree Cover, regularly flooded, saline water, Water Bodies (natural & artificial)	

### 3.2.1 Estudo Exploratório

A metodologia utilizada neste trabalho foi de um estudo exploratório envolvendo a interpretação semântica, comparação de legendas e características dos mapeamentos.

A interpretação semântica contribui para o desenvolvimento de uma base para a harmonização por meio da conexão entre taxonomias. Desta forma, foi possível definir uma proposta de harmonização dos conjuntos de dados de cobertura da terra. Vale ressaltar, que a criação deste novo conjuntos de dados deve conter classes de uso comparáveis em termos de escala e detalhamento. Uma vez que seja possível realizar a comparação entre outros conjuntos de dados, minimizando as diferenças nas definições e dificuldades na criação do mapeamento.

Desta forma, foram analisados todos os conjuntos de dados, suas classes de uso e conceitos. Em suma, foram explorados e levantadas as similaridades e discrepâncias existentes das taxonomias.

Além disso, com o objetivo de promover uma maior compreensão de vários mapas de cobertura da terra em nível internacional, foi necessário analisar detalhadamente as traduções das legendas e a temática das classes. Esta etapa é importante para visualizar a delimitação de cada uma das classes de uso. Vale destacar que a temática baseia-se no detalhamento da classificação, ou seja, se de fato determinada classe atende ao proposto.

Com este estudo, espera-se notórias inconsistências entre as classes de mesma natureza, o que permitirá selecionar feições para serem ou não comparadas diretamente.

Este procedimento tem interferência na definição das classes de uso, visto que os dados são coletados para um propósito pretendido, e isso leva a uma visão particular ou predominante. Diante desse contexto, relaciona-se a visão com a qual os dados são coletados, podendo ser de forma óbvia para o produtor, mas raramente tão claro para os usuários. O principal objetivo da tradução de legendas é buscar “harmonia” entre os variados conjuntos de dados de cobertura da terra, permitindo assim a comparação direta entre eles.

É importante destacar que essa análise apresenta um nível de complexidade, já que as legendas possivelmente apresentam subconjuntos da

classificação da cobertura da terra, podendo apresentar divergência em sua extensão e magnitude. Em busca de similaridades e discrepâncias, as taxonomias serão identificadas, interpretadas e agrupadas em quadros visando fornecer uma compreensão da proposição da variedade de legendas de cobertura da terra.

## 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa foram organizados em seções para uma melhor exposição da análise geral e comparativa entre os sistemas, ordenamento das classes e proposta de harmonização.

### 4.1 ANÁLISE GERAL E COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS

A análise geral e comparativa entre os sistemas iniciou-se pela filtragem e objetivo definidos para a elaboração desta pesquisa. O projeto inicial contava com 16 sistemas de classificação, sendo as 3 versões do *Land Cover Classification System* (LCCS); *Global Land Cover Network* (GLCN); *Land Use Cover Change* (LUCC); *National Land Cover Database* (NLCD); *Global Land Cover Characterization* (GLCC); Produtos do MODIS (Terra e Aqua): MCD12Q1, MCD12C1 e MOD44B; *Geocover Land Cover* (Geocover LC); *Global Land Cover 2000* (GLC2000); *Globe Land Cover 30* (GlobeLand30); *Infrastructure for Spatial Information in Europe* (Inspire), *Dynamic World* (DW) e *World Cover* (WC).

Estes sistemas estão distribuídos em conjuntos de classificação com avaliações apenas de legendas e sistemas de monitoramento, que incluíam sistemas sensores, procedimentos de mapeamentos e legendas. Optou-se por analisar estes dois modelos de conjuntos de dados pelo fato de ambos apresentarem propostas de classificação da cobertura da terra.

Com isso, o estudo das classes baseava-se na disposição de aproximadamente duzentas classes. Entretanto, como o foco da pesquisa é estudo exploratório para uma possível proposição e harmonização das classes de cobertura da terra, realizou-se uma filtragem de forma que analisasse somente os sistemas que fossem plenamente aderentes com estes requisitos.

Além disso, para este inventário foram estipulados critérios para seleção, sendo contemplados somente os sistemas que apresentassem escala global de

mapeamento e cobertura da terra. Logo, de posse desta listagem realizou-se uma estratificação, eliminando-se os sistemas GLCN, NLCD, GLCC, MCD12Q1, MCD12C1, MOD44B, GLC2000 e INSPIRE.

Os sistemas GLCN, GLCC, MCD12Q1, MCD12C1 foram excluídos por não proporem classes. O sistema MOD44B não foi utilizado por trabalhar especificamente com porcentagens de vegetação, o que foge do objetivo principal deste trabalho. O GLC2000 utiliza a legenda disponível do LCCS. Por fim, os sistemas NLCD e INSPIRE foram retirados da análise por trabalharem especificamente em âmbito nacional e regional, respectivamente.

Com isso, observou-se que os sistemas selecionados atendem melhor os requisitos de serem efetivamente de âmbito global. Dentre os selecionados, os sistemas DW, GlobeLand30, WC apresentam um quantitativo menor de classes e possuem um foco mais aderente a cobertura da terra. Os demais, LCCS, GeocoverLC e o LUCC, apresentam uma quantidade maior de classes e confusões conceituais, misturando tipologias de vegetação e, em um deles, até mesmo bioma.

Os sistemas LCCS, GeocoverLC e LUCC apresentam, portanto, confusões e ambiguidades em suas taxonomias relacionada à cobertura da terra e vegetação. Especificamente o GeocoverLC em agricultura, uma vez que são mapeamentos com objetivos distintos. Conseqüentemente, é inviável a integração dos mapas, já que abordam detalhes diferentes.

O sistema de classificação DW é o que apresenta um menor número de classes quando comparados aos demais. De certa forma, essas classes apresentam nomenclaturas e descrições mais simples, agregadas e eficiente. É um sistema que expõe uma facilidade na harmonização quando comparado aos demais. O foco do DW é fisionômico, ou seja, busca trabalhar diretamente a estrutura e fisionomia do aspecto da cobertura da terra.

O GlobeLand30 em critério de quantidade de classes, é o segundo sistema com o menor número apresentado. Neste conjunto de dados é exibido a classe tundra, a qual é motivo de confusão entre os conceitos, uma vez que a categoria remete a classificação específica de bioma.

É nítido, portanto, que o GlobeLand30 ao inserir a classe tundra, começa explorar e detalhar categorias voltadas para a vegetação, o que desvia o foco em classes que trabalham somente cobertura da terra no contexto geral. Em comparação e aproximação do DW, a classe que mais se adequaria seria vegetação

rasteira, já que o bioma citado tem como característica ausência de árvores e uma cobertura vegetal formada por musgos e líquens. Outra possibilidade de distribuição da classe tundra seria em arbustos apresentada pelo DW.

Diante desta análise, critica-se o GlobeLand30 por apresentar somente esta categoria de bioma e não detalhar as demais, como por exemplo a taiga. Tal problemática atinge a tentativa de alinhar e comparar a categoria apresentada aos outros sistemas de classificação, uma vez que ao tratar de cobertura da terra no sentido global, não é apresentado tal nível de detalhamento voltado a ecossistema. Essa análise se repete para o WC e LCCS.

Diante do mesmo ponto crítico, o WC também apresenta um delineamento direcionado para característica ecossistêmica, uma vez que o sistema aborda de forma isolada a classe musgo e líquen. Tal categoria insiste na classificação de tundra, já que a mesma apresenta a característica descrita pela nomenclatura da classe, ou seja, presença de musgo e líquens, além da peculiaridade da ausência de indivíduos arbóreos devido à baixa temperatura.

Outro ponto de destaque neste sistema, é a presença da classe manguezais. Quando comparado ao DW, a melhor aproximação seria como vegetação alagada, independentemente de ser brejo, caxeta ou mangue, mas sim como vegetação alagada no geral. Logo, esses detalhamentos acabam prejudicando e desfigurando o foco nas classes de cobertura da terra.

A discussão segue no mesmo ponto crítico com o sistema LCCS, uma vez que o mesmo também apresenta confusões conceituais ao inserir o bioma tundra na classificação da cobertura da terra. Outro ponto de desalinho é a presença de classes referentes ao detalhamento da vegetação, pois apresenta a descrição em termos de floresta, abordando a densidade de indivíduos com os termos floresta densa e floresta aberta. Além disso, o LCCS apresenta a particularidade das áreas alagadas, dividindo por aquelas formadas por elementos arbóreos e outras por elementos rasteiros como por exemplo a restinga.

Portanto, ao mesmo tempo que o sistema LCCS é minucioso em termos de vegetação, é falho nas categorias voltadas para agropecuária e áreas urbanas/construídas, uma vez que a última versão (LCCS3) não apresenta tais conceituações.

É notório, portanto, que o sistema LCCS trabalha com categorias voltadas para a cobertura natural da terra, mas não aborda em suas classes a cobertura

artificial (construída) e/ou plantada. Entretanto, ao aplicar este modelo de legenda para o globo acaba sendo falho, pois existem feições que não se enquadram nas classes existentes, além da falta de categorias, como é o caso da região antrópica.

Neste caso, o LCCS para se adequar literalmente a um sistema de classificação de cobertura da terra, deve no mínimo apresentar uma classe direcionada às áreas urbanas e agropecuárias. Especificamente, nesta versão analisada do LCCS o mesmo não apresenta eficácia para tratar o globo como um todo, o que deixaria algumas regiões como não classificadas. Em suma, o LCCS falha ao não apresentar classes antrópicas.

O sistema GeocoverLC apresenta um misto de classes referentes a cobertura da terra, mapas de vegetação nativa e agricultura. Isto deve pela definição e detalhamento de 5 classes envolvendo vegetação. Exemplos desta análise podem ser verificadas nas classes florestas ombrófila, sempre verde, arbustos, vegetação campestre e rocha exposta.

A problemática segue para as classes de agricultura, pois o GeocoverLC detalha e separa as classes de agricultura no geral e agricultura em áreas alagadas. Atribuindo especificamente nesta última um direcionamento para as plantações de arroz. Em suma, o GeocoverLC contempla seu papel em termos de cobertura da terra, mas é falho quanto ao sistema de monitoramento como um todo por apresentar um filtro direcionado as classes de vegetação e agricultura.

Além disso, o GeocoverLC apresenta a classe “sombra de nuvem”, a qual é incoerente em categorias de cobertura da terra. Geralmente, esse tipo de classe são elaboradas para lidar com dificuldades na classificação, assim como o não-classificado ou erros.

O LUCC apresenta uma problemática semelhante, pois o mesmo apresenta seu sistema de classificação com 5 classes direcionadas para florestas, 2 classes para arbustos e 2 classes para savanas. É evidente, portanto, a integração do mapa de vegetação com o de cobertura da terra.

Em comparação ao sistema anterior, o LUCC apresenta também classes para gelo e superfícies desnudas. Outro ponto de atenção, é que este sistema é o único quando comparado aos demais que apresenta uma classe de mosaico, o qual engloba uma mistura de agricultura com vegetação nativa.

É interessante esta solução de mosaicagem adotado pelo LUCC, já que todos os sistemas foram desenvolvidos para escalas globais, o que

consequentemente não buscam um alto nível de detalhamento. Neste sentido, trabalhos em escalas pequenas geralmente descartam categorias como mosaicos, pois não é viável realizar comparações em diversas coberturas já agregadas.

A estratégia de criar ecótonos (mistura de classes), curiosamente não foi atribuída pela maior parte dos sistemas de classificação adotados neste trabalho. De certa forma, esses mosaicos dependem do processo realizado pelo profissional, já que não é possível discriminar e inserir totalmente determinadas feições.

Especificamente a taxonomia dos sistemas GeocoverLC e LUCC apresentam confusões em relação ao mapeamento característico de cobertura com vegetação e agricultura. O sistemas DW, GlobeLand30 e WC possuem classes mais precisas ao tratar de cobertura da terra. E por fim, o LCCS propõe nitidamente classes com superfícies naturais e adota todo o antropismo em sua última versão como não classificado.

	LUCC	GeocoverLC	GlobeLand30	Dynamic World	World Co
	Barren	Forest, Deciduous	Artificial Surfaces	Water	Built-up
	Closed shrublands	Forest, Evergreen	Bare Land	Trees	Cropland
	Cropland/natural	Shrub/Scrub	Cultivated land	Grass	Barren/sparse veg
	vegetation mosaics	Grassland (10% ground cover)	Forest	Flooded vegetation	Moss and Lichen
	Croplands	Barren/Minimal Vegetation (10% ground cover)	Grassland	Crops	Grassland
	Deciduous broadleaf forests	Man Made-Other, Urban/Built Up	Permanent snow and ice	Shrub & Scrub	Shrubland
	Deciduous needleleaf forests	Agriculture, General	Shrubland	Built area	Trees
	Evergreen broadleaf forests	Agriculture Rice/Paddy	Tundra	Bare ground	Herbaceous wetland
	Evergreen needleleaf forests	Wetland, Permanent/Herbaceous	Water bodies	Snow & Ice	Mangroves
	Grasslands	Wetland, Mangrove	Wetland		Open water
	Mixed forests	Water			Snow and ice
	Open shrublands	Permanent or Nearly Permanent Ice and/or Snow			
	Permanent wetlands	Cloud/Cloud Shadow/No Data			
	Savannas				
	Snow and ice				
	Urban and built-up				
	lands				
	Water bodies				
	Woody savannas				

## 4.2 ANÁLISE COMPARATIVA DAS CLASSES

Ao todo nesta pesquisa foram analisadas setenta e três classes de cobertura da terra. Vale ressaltar que após esta conferência, torna-se claro a diferença conceitual nas classes, o que justifica a análise comparativa entre elas, mais precisamente de elaboração da estratificação de dois grupos, sendo o primeiro os sistemas de classificação de cobertura da terra propriamente dito e o segundo como sistemas de classificação de cobertura da terra que incorporaram outras classificações tais como ecossistemas e tipologias de vegetação.

É evidente a confusão existente em ambos os grupos, entretanto o segundo dificulta ainda mais a comparabilidade, já que apresentam um misto de classes de “cobertura da terra” com “vegetação” e “ecossistema” em uma única legenda.

Para esta discussão admitiu-se uma ordem com classes que não possuem vegetação como corpos d’água e antropismo, seguindo para antropismo aqueles que possuem um comportamento vegetativo.

### 4.2.1 Corpos d’água

Todos os sistemas analisados apresentam a classe de água, entretanto, não são encontradas nas definições água com algas. A maioria das terminologias se resume em corpos d’água, o que é bem apropriada para categoria.

O sistema de classificação DW apresenta uma categoria simplificada, o que não restringe a ideia da classe, cabendo assim ao usuário realizar um direcionamento mais amplo. O sistema WC trata a classe água, como “águas abertas”, e em sua definição inclui lagos, rios, reservatórios. A crítica se deve pela expressão referir-se à águas de oceano ou de regiões estuarinas que tenham alguma ligação com o mar.

As classes “corpos d’água” e “água” são as mais conhecidas e diretas para atingir a problemática. Porém considera-se a taxonomia adotada pelos sistemas DW e GeocoverLC, como sendo a mais adequada para realizar a harmonização, já que são simplificadas e específicas.

QUADRO 12 - CLASSE CORPOS D'ÁGUA E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS

Sistemas	Classe	Descrição
DW	Water	<i>Water is present in the image/Contains little-to-no sparse vegetation, no rock outcrop, and no built-up features like docks./ Does not include land that can or has previously been covered by water.</i>
GlobeLand30	Water bodies	<i>Water bodies in land area, including river, lake, reservoir, fish pond.</i>
LUCC	Water bodies	<i>Oceans, seas, lakes, reservoirs, and rivers. Can be either fresh or saltwater bodies.</i>
LCCS	Water bodies	<i>At least 60% of area is covered by permanent wa- ter bodies.</i>
GeocoverLC	Water	<i>All type of water bodies, including rivers, lakes, reservoirs, ponds, bays, and estuaries. This categorization does not differentiate between these water classes.</i>
WC	Open Water	<i>This class includes any geographic area covered for most of the year (more than 9 months) by water bodies: lakes, reservoirs and rivers. Can be either fresh- or salt-water bodies. In some cases, the water can be frozen for part of the year (less than 9 months).</i>

#### 4.2.2 Superfícies geladas

Na classificação de superfícies geladas, a maioria dos sistemas adotam as classes “neve e gelo”. Entretanto, os sistemas de classificação GeocoverLC, GlobeLand30 e o LCCS apresentam a categoria com a palavra “permanente”, o que não é ideal, pois para criação desta classe têm-se uma amostra e poucas imagens de datas específicas. É, portanto, um detalhamento desnecessário para justificativa das variadas vezes de ocorrência dos fenômenos ao ano.

Tal elaboração da classe com o adjetivo de permanente é um problema para cartografia, uma vez que o usuário deverá ter condições de afirmar tal continuidade. Portanto, de certa forma, “neve e gelo” são ideias para explicar a classificação.

QUADRO 13 - CLASSE SUPERFÍCIES GELADAS E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS

Sistemas	Classe	Descrição
DW	Snow and Ice	<i>Large homogenous areas of thick snow or ice, typically only in mountain areas or highest latitudes./Large homogenous areas of snowfall.</i>
GlobeLand30	Permanent snow and ice	<i>Lands covered by permanent snow, glacier and icecap.</i>
LUCC	Snow and ice	<i>Lands under snow/ice cover throughout the year.</i>
LCCS	Permanent Snow and Ice	<i>At least 60% of area is covered by snow and ice for at least 10 months of the year.</i>

GeocoverLC	<i>Permanent or Nearly Permanent Ice and/or Snow</i>	<i>Areas covered by permanent or nearly permanent ice and/or snow.</i>
WC	<i>Snow and ice</i>	<i>This class includes any geographic area covered by snow or glaciers persistently.</i>

#### 4.2.3 Áreas desnudas

Nota-se que as áreas desnudas tiveram algumas variações entre os diferentes sistemas. Os sistemas LCCS, LUCC e GeocoverLC exibem uma nomenclatura mais simplificada, enquanto o WC engloba uma vegetação esparsa, ou seja, apresenta um detalhamento maior. Entretanto devem ser feitas as seguintes observações: nas classes de pastagem e arbustos podem ser encontradas vegetações esparsas; porém, para uma categorização baseada em percentual é duvidoso quão espalhada é essa vegetação.

Já os sistemas de classificação DW e GlobeLand30 apresentam termos mais simples para uma classificação. Para uma possível harmonização de forma clara e direta, o termo *bare* enquadra-se perfeitamente.

Ressalta-se que nenhum dos sistemas realizou a separação entre solo exposto e rocha exposta. Em uma escala global é compreensível, mas em escalas maiores é de extrema importância realizar desta divisão. Portanto, vale destacar que dentro destas classificações de áreas desnudas englobam dunas, praias, cordão arenoso, deserto e locais com afloramento rochoso.

QUADRO 14 - CLASSE ÁREAS DESNUDAS E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS

<b>Sistemas</b>	<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
<i>DW</i>	<i>Bare ground</i>	<i>Areas of rock or soil containing very sparse to no vegetation./Large areas of sand and deserts with no to little vegetation./ Large individual or dense networks of dirt roads.</i>
<i>GlobeLand30</i>	<i>Bare land</i>	<i>Land with vegetation cover lower than 10%, including desert, sandy fields, Gobi, bare rocks, saline and alkaline land.</i>
<i>LUCC</i>	<i>Barren</i>	<i>Lands with exposed soil, sand, rocks, or snow and never have more than 10% vegetated cover during any time of the year.</i>
<i>LCCS</i>	<i>Barren</i>	<i>At least 60% of area is non-vegetated barren (sand, rock, soil) or permanent snow/ice with less than 10% vegetation.</i>
<i>GeocoverLC</i>	<i>Barren/Minimal Vegetation (10% ground cover)</i>	<i>Includes sand dunes, desert, rock outcrops, bare soil other than bare agricultural land, and sparsely vegetated areas of grass and shrub. This category includes non-vegetated strip mines and</i>

		<i>quarries except where covered by development (urban/built-up) or water (water).</i>
WC	<i>Barren/sparse vegetation</i>	<i>Lands with exposed soil, sand or rocks and never has more than 10 % vegetated cover during any time of the year.</i>

#### 4.2.4 Áreas construídas

Ao analisar “áreas construídas” é de suma importância verificar na descrição das classificações a inclusão ou não das áreas de mineração que, em uma escala grande, seriam as pedreiras. A justificativa desta relevância é a extrema distinção econômica entre a área urbana, com as zonas residenciais, comerciais e industrial e as minas, que são atividades que, muitas vezes, estão próximas às áreas urbanas ou até mesmo contidas nessas regiões.

Outro ponto de destaque é a diferença entre as terminologias urbano e urbanizado. O primeiro termo é o conceito legal, ou seja, a legislação que determina o que é urbano e o que é rural. Já urbanizado é um conceito que inclui a infraestrutura, tais como arruamentos definidos, iluminação pública, formação de quadras, estrutura de água e esgoto e coleta de resíduos sólidos. Ou seja, existem áreas urbanizadas fora do perímetro urbano e áreas não urbanizadas dentro do perímetro urbano.

Para mapas globais, o conceito legal é menor, pois não terá um cadastro compatível com a escala, sendo o termo mais apropriado o urbanizado ou manchas urbanas. Nesta escala, o linguajar o “verde urbano”, que contam com a presença de arborização urbana, praças e parques, ficam diluídos na mancha urbana como um todo.

O sistema DW apresenta certa confusão na descrição da classe, pois não deixa claro se inclui ou não as áreas de mineração. Provavelmente, tais áreas ficam agregadas, quando contidas ou no entorno das áreas urbanas.

Em contrapartida, o GlobeLand30 já apresenta em sua descrição de superfícies artificiais todos os tipos de terrenos modificados pela ação humana, dentre esses, estão as áreas de mineração. Entretanto, há uma problemática nesta categoria do sistema quando o mesmo inclui corpos d’água na descrição, o que, de fato, não é necessário, já que existe uma classe específica para tratar de água.

Outra crítica em relação a esta classe é o termo artificial, já que o sistema não apresenta o limiar sobre a expressão. Ou seja, como uma lavoura exótica pode ser enquadrada como uma superfície artificial, ou qualquer tipo de cultura.

Portanto, esses detalhamentos se tornam desafios, já que podem gerar confusões, uma vez que é necessário definir qual a limitação do artificial, sendo, por exemplo, do ponto de vista de não ser nativo ou de ser artificial, antrópico ou construído.

O WC apresenta uma descrição bem homogênea ao se tratar de áreas construídas, e, ao contrário do DW, exclui as áreas verdes urbanas como os parques e instalações desportivas.

Os sistemas de classificação GeocoverLC e LUCC apresentam descrições genéricas e vagas quanto a estruturas antrópicas, tais como, por exemplo, se as áreas de mineração e áreas verdes urbanas fazem parte desta classe.

Os sistemas DW e WC apresentam termos diretos e claros em relação a construção. O GeocoverLC e o LUCC exibe uma inovação ao apresentar os termos “urbano” e “construído”. Comparadas terminologias, para a classe em questão o segundo termo é relevante ao primeiro.

QUADRO 15 - CLASSE ÁREAS CONSTRuíDAS E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS

Sistemas	Classe	Descrição
DW	Built area	<i>Clusters of human-made structures or individual very large human-made structures. Contained industrial, commercial, and private building, and the associated parking lots. A mixture of residential buildings, streets, lawns, trees, isolated residential structures or buildings surrounded by vegetative land covers. Major road and rail networks outside of the predominant residential areas. Large homogeneous impervious surfaces, including parking structures, large office buildings, and residential housing developments containing clusters of cul-de-sacs.</i>
GlobeLand30	Artificial Surfaces	<i>Land modified by human activities, including all kinds of habitation, industrial and mining area, transportation facilities, and interior urban green zones and water bodies.</i>
LUCC	Urban and built-up lands	<i>Land covered by buildings and other man-made structures.</i>
LCCS	-	-
GeocoverLC	Man Made-Other, Urban/Built Up	<i>Includes sand dunes, desert, rock outcrops, bare soil other than bare agricultural land, and sparsely vegetated areas of grass and shrub. This category includes non-vegetated strip mines and quarries except where covered by development (urban/built-up) or water (water).</i>
WC	Built-up	<i>Land covered by buildings, roads and other man-made structures, such as railroads. Buildings include both residential and industrial</i>

		<i>buildings. Urban green (parks, sport facilities) is not included in this class. Waste dump deposits and extraction sites are considered as bare.</i>
--	--	---

#### 4.2.5 Áreas cultivadas

Para esta classe, a principal análise é quanto a inclusão da área de produção animal. Em comparação com classificações como a do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os termos em conjunto de produção animal e vegetal são tratados como agropecuária, caso contrário, se só produção vegetal atribui-se agricultura ou lavouras.

Entretanto, tais níveis de detalhamento e separação não são contemplados na maioria dos sistemas, impactando na mistura de agricultura anual, semi-perene, perene e, muitas vezes como pastagens. Em exceção o GeocoverLC apresenta duas classes de agricultura, sendo uma com todos os campos agrícolas e outra direcionada a uma agricultura alagada como os arrozais.

Quanto aos termos, o DW utiliza *crop*; já o GlobeLand30 apresenta *cultivated land*, entretanto, podem existir terras cultivadas que não se enquadram como lavoura, como, por exemplo, silvicultura.

QUADRO 16 - CLASSE ÁREAS CULTIVADAS E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS

<b>Sistemas</b>	<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
DW	<i>Crops</i>	<i>Human planted/plotted cereals, grasses, and crops.</i>
GlobeLand30	<i>Cultivated land</i>	<i>Land used for agriculture, horticulture and gardens, including paddy fields, irrigated and dry farmland, vegetable and fruit gardens.</i>
LUCC	<i>Croplands</i>	<i>Lands covered with temporary crops followed by harvest and a bare soil period (single and multiple cropping systems). Note that perennial woody crops will be classified as the appropriate forest or shrub land cover type.</i>
LCCS	-	-
GeocoverLC	<i>Agriculture, General</i>	<i>All non-rice agricultural fields, both with crop or fallow; highly managed pastures and hay lands (but not grasslands commonly referenced as "rangeland"); complex mosaics of natural vegetation and cropland. Some orchards and tree plantations, such as palm or date plantations, may be included in this category.</i>
	<i>Agriculture Rice/Paddy</i>	<i>Paddy agricultural fields, mainly rice, that are seasonally inundated with water. Depending upon the season of acquired imagery, some rice paddies may be included in the "Agriculture, Other" class if the paddies are not flooded.</i>
WC	<i>Cropland</i>	<i>Land covered with annual cropland that is sowed/planted and harvestable at least once within the 12 months after the sowing/planting date. The annual cropland produces a herbaceous cover and is sometimes combined with some tree or woody</i>

		<i>vegetation. Note that perennial woody crops will be classified as the appropriate tree cover or shrub land cover type. Greenhouses are considered as built-up.</i>
--	--	---

#### 4.2.6 Vegetação herbácea

Esta classe corrobora com as observações apontadas no tópico anterior, uma vez que surge a dúvida se os pastos plantados estão inseridos puramente nesta categoria ou se estão agregados com campos nativos ou até mesmo como áreas cultivadas. Apesar de serem bem distintos, apresentam uma grande probabilidade de haver algum tipo de confusão.

Tratando-se de políticas de conservação, torna-se muito complicado não discriminar o que é um campo nativo que precisa ser conservado e o que é um pasto para produção animal.

Em relação aos termos utilizados, *grassland* é o mais usual e disseminado.

QUADRO 17 - CLASSE VEGETAÇÃO HERBÁCEA E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS

<b>Sistemas</b>	<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
<i>DW</i>	<i>Grass</i>	<i>Open areas covered in homogenous grasses with little to no taller vegetation. Other homogenous areas of grass-like vegetation (blade-type leaves) that appear different from trees and shrubland. Wild cereals and grasses with no obvious human plotting (i.e. not a structured field).</i>
<i>GlobeLand30</i>	<i>Grassland</i>	<i>Land covered by natural grass with cover over 10%.</i>
<i>LUCC</i>	<i>Grassland</i>	<i>Lands with herbaceous types of cover. Tree and shrub cover is less than 10%.</i>
<i>LCCS</i>	<i>Grassland</i>	<i>Dominated by herbaceous annuals (2m) 10% cover.</i>
<i>GeocoverLC</i>	<i>Grassland (10% ground cover)</i>	<i>Grass and herbaceous areas. Category may include herbaceous wetlands if images are collected during dry season or periods of drought. Land cover types commonly referenced as savanna and open savanna are included in this category. Areas of grassland and scrub/shrub that have experienced burning (burn scars) are classified in this category. Golf courses will be included in this class unless they are completely surrounded by the "Man-Made, Other" class.</i>
<i>WC</i>	<i>Grassland</i>	<i>This class includes any geographic area dominated by natural herbaceous plants (plants without persistent stem or shoots above ground and lacking definite firm structure): (grasslands, prairies, steppes, savannahs, pastures) with a cover of 10% or more, irrespective of different human and/or animal activities, such as: grazing, selective fire management. Woody plants (trees and/or shrubs) can be present assuming their cover is less than 10%. It may also contain uncultivated cropland areas (without harvest/bare soil period) in the reference year.</i>

#### 4.2.7 Áreas alagadas

O sistema DW nitidamente busca um vocabulário mais simplificado, cujo objetivo é facilitar o entendimento por parte da comunidade. Entretanto, nesta classe o mesmo adota um termo mais elaborado, apresentando como *flooded vegetation*.

O sistema GlobeLand30 segue a usabilidade com a denominação *wetland*. O sistema WC propõe a delimitação de manguezais, mas tal detalhamento foge da proposta de cobertura da terra e incorpora aspectos de mapeamentos de vegetação, além de ser questionável a sua delimitação em um mapeamento global, de escala pequena. O LCCS também apresenta a mesma desafiadora discriminação. Entretanto, para uma possível harmonização utiliza-se somente o termo *wetlands*.

E por fim, os sistemas LUC e GeocoverLC, apresentam o adjetivo “permanente”. É de extrema dificuldade afirmar a permanência das áreas alagadas. Para isso, é necessário um monitoramento por vários meses do ano e vários anos diferentes para compor um banco de dados, sendo assim uma exigência desnecessária para se ter somente um retrato do que é a cobertura da terra.

QUADRO 18 - CLASSE ÁREAS ALAGADAS E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS

Sistemas	Classe	Descrição
DW	<i>Flooded vegetation</i>	<i>Areas of any type of vegetation with obvious intermixing of water. Do not assume an area is flooded if flooding is observed in another image. Seasonally flooded areas that are a mix of grass/shrub/trees/bare ground.</i>
GlobeLand30	<i>Wetland</i>	<i>Land covered by wetland plants and water bodies, including inland marsh, lake marsh, river floodplain wetland, forest/shrub wetland, peat bogs, mangrove and salt marsh.</i>
LUC	<i>Permanent wetlands</i>	<i>Lands with a permanent mixture of water and herbaceous or woody vegetation. The vegetation can be present either in salt, brackish, or fresh water.</i>
LCCS	<i>Woody Wetlands</i>	<i>Shrub and tree cover 10% (1m). Permanently or seasonally inundated.</i>
	<i>Herbaceous Wetlands</i>	<i>Dominated by herbaceous annuals (2m) 10% cover. Permanently or seasonally inundated.</i>
GeocoverLC	<i>Wetland, Permanent/Herbaceous</i>	<i>Emergent herbaceous wetlands, as well as other irregularly inundated areas that may not be vegetated, including: mud flats, salt pans, and playas. Vegetated herbaceous wetlands may be referenced as "marsh". Areas commonly referenced as "swamp", including forested wetlands, are not included in this wetland class. Forested wetlands, with the exception of "Mangrove" are included in one of the forest categories. Areas of burn scar within a wetland are included in this category.</i>
	<i>Wetland, Mangrove</i>	<i>Regularly inundated coastal areas that are covered by mangrove species. Areas of burn scar within a mangrove wetland are included in this category.</i>

WC	<i>Herbaceous wetland</i>	<i>Land dominated by natural herbaceous vegetation (cover of 10% or more) that is permanently or regularly flooded by fresh, brackish or salt water. It excludes unvegetated sediment, swamp forests (classified as tree cover) and mangroves).</i>
	<i>Mangroves</i>	<i>Taxonomically diverse, salt-tolerant tree and other plant species, which thrive in intertidal zones of sheltered tropical shores, “overwash” islands and estuaries.</i>

#### 4.2.8 Vegetação arbustiva

As áreas com predominância de vegetação arbustiva apresentam algumas variações em termos de nomenclatura de classe e suas descrições. O sistema DW apresenta os termos *shrub and scrub*, cuja terminologia mistura uma terminologia de cobertura da terra (*shrub*) com uma terminologia de fitofisionomia (*scrub*). Outra crítica em relação ao DW é a descrição da classe, já que a mesma inclui rochas expostas, o que poderia ser contemplado na classificação de bare ground.

O termo *shrubland* é bem disseminado, tanto que apesar das variações a maioria dos sistemas adota esta terminologia. O LUCC apresenta uma variedade em termos de arbustos, conceituando-os como fechado e aberto. No entanto, essas variações são desnecessárias para um panorama global, podendo ser utilizada mais para um detalhamento em um mapa de vegetação.

Para uma possível harmonização o termo que melhor se enquadra é o *shrubland*.

No QUADRO 19 é inserido no LUCC as classes *woody savanna* e *savanna*, que o sistema contempla. É o único sistema que apresenta essas classificações, entretanto, o mesmo realiza uma confusão com fitofisionomia.

Logo, o LUCC traz a problemática da separação do que seria adotado como *shrubland* e *savanna*. Essa tentativa de divisão mais detalhada pelo LUCC é para estratificar as áreas intermediárias entre herbáceas e florestas, sendo que as savanas apresentam médias hipsométricas maiores que os arbustos.

Além da estratificação de estrutura, há uma estratificação quanto à densidade de indivíduos (*open* e *closed*). Porém, para a escala pequena é uma discriminação extremamente complicada, ainda mais por ser esquema global. Além disso, ocorre a mistura de classes de cobertura da terra com classes de fitofisionomias.

QUADRO 19 - CLASSE VEGETAÇÃO ARBUSTIVA E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS

Sistemas	Classe	Descrição
DW	Shrub and Scrub	<i>Mix of small clusters of plants or individual plants dispersed on a landscape that shows exposed soil and rock. Scrub-filled clearings within dense forests that are clearly not taller than trees. Appear grayer/browner due to less dense leaf cover.</i>
GlobeLand30	Shrub land	<i>Land covered by shrubs with cover over 30%, including deciduous and evergreen shrubs, and desert steppe with cover over 10%.</i>
LUCC	Closed shrublands	<i>Lands with woody vegetation less than 2 m tall and with shrub canopy cover 60%. The shrub foliage can be either evergreen or deciduous.</i>
	Open shrublands	<i>Lands with woody vegetation less than 2 m tall and with shrub canopy cover between 10% and 60%. The shrub foliage can be either evergreen or deciduous.</i>
	Woody savannas	<i>Lands with herbaceous and other understory systems, and with forest canopy cover between 30% and 60%. The forest cover height exceeds 2 m.</i>
	Savannas	<i>Lands with herbaceous and other understory systems, and with forest canopy cover between 10% and 30%. The forest cover height exceeds 2 m.</i>
LCCS	Shrublands	<i>Shrub cover 60% (1-2m).</i>
GeocoverLC	Shrub/Scrub	<i>Woody vegetation less than 3 meters (10 ft) in height, with both closed and open canopies. Minimum ground cover is 10%; conversion to forest occurs at 35% canopy coverage provided the trees are 3 m in height. Areas of forest that have experienced burning (burn scars) are classified in this category.</i>
WC	Shrubland	<i>This class includes any geographic area dominated by natural shrubs having a cover of 10% or more. Shrubs are defined as woody perennial plants with persistent and woody stems and without any defined main stem being less than 5 m tall. Trees can be present in scattered form if their cover is less than 10%. Herbaceous plants can also be present at any density. The shrub foliage can be either evergreen or deciduous.</i>

#### 4.2.9 Vegetação florestal

O último conjunto de dados de análise é o que contém a classe árvore. Entretanto, é nítida a variedade de termos existente nesta categoria. O sistema DW apresenta de forma simples apenas *trees*, entretanto em sua descrição remete a ideia de floresta ao citar qualquer agrupamento significativo de vegetação densa. No entanto, há diferença entre floresta e um agrupamento de árvores de acordo com a FAO.

Tal distinção está relacionada à densidade e à área ocupada pelo conjunto de árvores. Uma floresta é definida pela FAO como uma área de terra que é maior do que 0,5 hectares (5.000 metros quadrados) com árvores maiores que 5 metros de altura, que podem atingir uma cobertura de copa superior a 10%. Isso significa que uma área de terra com uma extensão mínima de 0,5 hectares contendo árvores altas e densamente agrupadas é considerada uma floresta (FAO, 2020).

Por outro lado, um agrupamento de árvores refere-se a uma área menor e menos densa de árvores em comparação com uma floresta. Para ser classificado como um agrupamento de árvores pela FAO, a área de terra ocupada pelas árvores deve ser inferior a 0,5 hectares, ou seja, menor que 5.000 metros quadrados. Além disso, a densidade de árvores e a cobertura de copa também são menores em um agrupamento de árvores do que em uma floresta (FAO, 2020).

Já o GlobeLand30 adota *forest*, sendo condizente com sua descrição. Um ponto já ressaltado nos resultados é a questão da dificuldade de eleição de categorias diante de porcentagens, o que nesta classe é realizado como o GlobeLand30 cita a altura e a cobertura.

O WC também apresenta de forma simples com a classe *tree*. Porém em sua descrição já destaca a possível presença de áreas inundadas, além disso, comete o risco de conceituar como áreas permanentes, o que já foi discutido nos demais tópicos.

O LCCS exhibe uma divisão da classe, sendo *dense forest* e *open forest*. Para um trabalho global não há necessidade deste nível de discriminação. Além disso, o sistema para esta classe apresenta a descrição muito resumida e se pautando em dados percentuais, o que pode induzir o usuário a cometer erros de associação.

O sistema e LUCC expõe uma série de classes em nível mais aprofundado para um mapeamento de vegetação, que ao submetido em escala global acaba sendo perdido devido ao tamanho das amostras. O aspecto principal é a mistura das classes de cobertura de terra com classes de fitofisionomias.

Semelhante ao LUCC, o GeocoverLC divide floresta ombrófila de sempre verdes.

QUADRO 20 - CLASSE ÁRVORES E SUAS DESCRIÇÕES NOS VARIADOS SISTEMAS

Sistemas	Classe	Descrição
DW	Trees	<i>Any significant clustering of dense vegetation, typically with a closed or dense canopy. Taller and darker than surrounding vegetation (if surrounded by other vegetation).</i>
GlobeLand30	Forest	<i>Land covered by trees, vegetation covers over 30%, including deciduous and coniferous forests, and sparse woodland with cover 10–30%.</i>
LUCC	<i>Evergreen needleleaf forests</i>	<i>Lands dominated by needleleaf woody vegetation with a percent cover 60% and height exceeding 2 m. Almost all trees remain green all year. Canopy is never without green foliage.</i>
	<i>Evergreen broadleaf forests</i>	<i>Lands dominated by broadleaf woody vegetation with a percent cover 60% and height exceeding 2 m. Almost all trees and shrubs remain green year round. Canopy is never without green foliage.</i>
	<i>Deciduous needleleaf forests</i>	<i>Lands dominated by woody vegetation with a percent cover 60% and height exceeding 2 m. Consists of seasonal needleleaf tree communities with an annual cycle of leaf-on and leaf-off periods.</i>
	<i>Deciduous broadleaf forests</i>	<i>Lands dominated by woody vegetation with a percent cover 60% and height exceeding 2 m. Consists of broadleaf tree communities with an annual cycle of leaf-on and leaf-off periods.</i>
	<i>Mixed forests</i>	<i>"Lands dominated by trees with a percent cover 60% and height exceeding 2 m. Consists of tree communities with interspersed mixtures or mosaics of the other four forest types. None of the forest.</i>
LCCS	<i>Dense Forests</i>	<i>Tree cover 60% (canopy 2m).</i>
	<i>Open Forests</i>	<i>Tree cover 10-60% (canopy 2m).</i>
Geocover LC	<i>Forest, Deciduous</i>	<i>Woody vegetation 3 meters (10 ft) in height that lose leaves periodically due to changing seasons or moisture regimes. Canopy closure must be 35% (35% = Category 3). Also included in this category are areas commonly referenced as "swamp" or forested wetland if dominated by a deciduous canopy.</i>
	<i>Forest, Evergreen</i>	<i>Woody vegetation 3 meters (10 ft) in height that retain their leaves throughout seasons. Evergreen includes both needle leaf and broad leaf species. Some tree plantations may be included in this class. Canopy closure must be 35% (35% = Category 3).</i>
WC	Trees	<i>This class includes any geographic area dominated by trees with a cover of 10% or more. Other land cover classes (shrubs and/or herbs in the understory, built-up, permanent water bodies) can be present below the canopy, even with a density higher than trees. Areas planted with trees for afforestation purposes and plantations (oil palm, olive trees) are included in this class. This class also includes tree-covered areas seasonally or permanently flooded with fresh water except for mangroves.</i>

Além destas classes divididas em tópicos e subtópicos, vale ressaltar que os sistemas GlobeLand30, LCCS apresentam a classe tundra. Esta é exceção em relação as demais classes apresentadas por não se enquadrarem nos conjuntos de dados apresentados e não serem destaque para um mapeamento global, até mesmo devido ao nível superficial de detalhamento. Diante deste contexto é evidente a mistura conceitual entre cobertura da terra e bioma.

Outro ponto de atenção na distribuição das classes é a presença de mosaico no sistema LUCC. Esta classe tem o objetivo de incluir todos os tipos de florestas.

#### 4.3 PROPOSTA DE HARMONIZAÇÃO DE CLASSES

A proposta de harmonização no contexto da caracterização da cobertura da terra pode ser entendida como um processo pelo qual as semelhanças entre as definições existentes são enfatizadas e as inconsistências reduzidas. O objetivo deste tópico é apresentar um conjunto de classes que possam entrar em “harmonia” com os demais sistemas existentes, o que permitirá a comparação direta entre eles. Na escolha e definição das nomenclaturas propostas considerou-se a terminologia corrente dos sistemas de classificação abordados neste trabalho.

Desta forma, é detalhado em cada subtópico a seguir as classes sugeridas para harmonização da classificação de cobertura da terra. A ordem da proposta das classes inicia-se com as que compõem os antropismos e devem ser utilizadas em estudos de impactos ambientais. As demais classes, compõem os ambientes silvestres e devem ser utilizadas em estudos de serviços ecossistêmicos e conservação da natureza.

##### 4.3.1 Manchas urbanas (*Built areas*)

A classe “manchas urbanas” se refere a áreas urbanas ou áreas construídas, que podem ser identificadas facilmente pela presença de concentrações significativas de edifícios, infraestruturas e outras construções humanas. Ou seja, esta classe refere-se à áreas em que ocorre uma intensa intervenção humana para fins de construção e urbanização.

Desta forma, devem ser consideradas nesta classe as cidades, vilas, áreas urbanas isoladas, edificações residenciais e comerciais, infraestruturas, instituições, áreas industriais, áreas de lazer e recreação, espaços públicos e áreas de serviço.

Essa classificação é comumente usada em estudos de SR para mapear e analisar a expansão urbana e o desenvolvimento das cidades ao longo do tempo. Além disso, detecção de manchas urbanas é importante para avaliar o impacto ambiental da urbanização, planejar o desenvolvimento sustentável e tomar decisões relacionadas à gestão do território.

FIGURA 2 - EXEMPLOS DA CLASSE ÁREAS CONSTRUÍDAS (CAMPO POLITÉCNICO – CURITIBA/PR) EM VISTAS (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL



(a)



(b)

#### 4.3.2 Áreas de agropecuária (*Croplands*)

A classe “áreas de agropecuária” compreende zonas com produção animal e vegetal, incluindo todo o tipo de lavoura/agricultura (anual, semiperene e perene) e pastos plantados.

Vale destacar que o pasto plantado inserido nesta categoria é um dos antropismos mais importantes e relevantes não só para economia como em termos territoriais, uma vez que é considerado um forte banco de dados para o desflorestamento.

Ressalta-se as áreas de produção de alimentos, fibras, cultivo de plantas para fins industriais, produtos primários originados do agronegócio e que possuem um valor universal. Além disso, essa classe inclui todas as áreas cultivadas, caracterizadas pelo delineamento de cultivo ou descanso, podendo constituir em zonas heterogêneas ou representar extensas áreas de plantação. Vale lembrar das lavouras temporárias e permanentes e da silvicultura. Esta última diante do grau de importância é definida em um novo tópico.

Esta classe é uma atividade de grande importância para a economia e segurança alimentar de muitos países, fornecendo alimentos para consumo humano e animal, além de gerar empregos e movimentar a economia rural. No entanto, também apresenta desafios, como o uso sustentável dos recursos naturais, o impacto ambiental da expansão agrícola, a necessidade de práticas mais sustentáveis e a promoção do bem-estar animal.

A busca por uma agropecuária mais sustentável, que leve em consideração a conservação do meio ambiente, a utilização racional dos recursos naturais e o respeito ao bem-estar animal, é cada vez mais importante para garantir a sustentabilidade dessa atividade e o equilíbrio entre a produção agrícola e a preservação dos ecossistemas.

FIGURA 3 - EXEMPLOS DA CLASSE ÁREAS DE AGROPECUÁRIA COM A LAVOURA DE SOJA NO ESTADO DO MATO GROSSO EM VISTAS (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL



FIGURA 4 - EXEMPLOS DA CLASSE ÁREAS DE AGROPECUÁRIA COM PASTO PLANTADO NO ESTADO DO PARÁ EM VISTAS (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL



#### 4.3.3 Silvicultura (*Silviculture*)

A classe de “silvicultura” engloba todas as plantações florestais destinadas ao abastecimento, celulose e madeira. Em geral, esta categoria contempla todas as atividades relacionadas ao cultivo, manejo e cuidado de florestas e áreas arborizadas. Vale ressaltar que esta classe depende de uma série de práticas e

técnicas voltadas para o uso sustentável dos recursos florestais, objetivando equilibrar os interesses econômicos, ambientais e sociais relacionados às florestas.

Florestas como pinheiro, carvalho, eucalipto e pinus são exemplos desta classe. Estes dois últimos exemplos são essenciais para produção de celulose. Além disso, as plantações florestais utilizadas como biomassa para geração de energia.

FIGURA 5 - EXEMPLOS DA CLASSE ÁREAS DE AGROPECUÁRIA COM SILVICULTURA DO EUCALIPTO NO ESTADO DO SÃO PAULO EM VISTAS (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL



(a)



(b)

#### 4.3.4 Áreas alagadas (*Wetlands*)

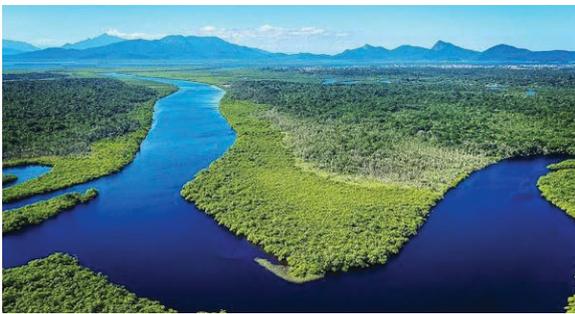
A classe de “áreas alagadas” inclui uma variedade de habitats caracterizados pela presença de água, seja de forma permanente ou temporária. Essas áreas podem ocorrer em diferentes tipos de ambientes, desde regiões costeiras até ambientes de água doce e zonas úmidas terrestres.

Pertencem a esta classe os ambientes lacustres e brejosos que geralmente têm várias características comuns, como a presença de vegetação, solos mal drenados e regimes hídricos específicos.

Podem ser citados como exemplo os manguezais, pântanos, pântanos de água doce, brejos e veredas. O primeiro exemplar geralmente é encontrado em regiões tropicais e subtropicais, caracterizados por árvores e arbustos adaptados a ambientes salinos. Já os pântanos são caracterizados pelas áreas com solo encharcado ou saturado de água, geralmente com vegetação herbácea e algumas vezes com árvores e arbustos adaptados a solos úmidos.

Os pântanos de água doce são áreas de transição entre ambientes terrestres e aquáticos, caracterizadas pela presença de vegetação como juncos e taboas. E os brejos e veredas são encontrados em áreas mais secas, caracterizados pela presença de água próxima à superfície do solo, criando condições úmidas para a vegetação. Claramente, seguem ainda nesta exemplificação as zonas úmidas costeiras e estuarinas.

FIGURA 6 - EXEMPLOS DA CLASSE DE ÁREAS ÚMIDAS NO MANGUEZAL GUARATUBA, LOCALIZADO NO ESTADO DO PARANÁ EM VISTAS (A) OBLÍQUA E (B) PERFIL



(a)



(b)

#### 4.3.5 Vegetação Campestre (*Grassland*)

A classe “vegetação campestre”, também conhecida como vegetação nativa, campo ou pradaria, refere-se a um tipo de cobertura vegetal caracterizada por extensas áreas abertas, dominadas por gramíneas (gramados) e herbáceas.

Esta classe aborda as plantas que existem naturalmente em uma determinada região, sem intervenção humana significativa. Essa vegetação se desenvolveu ao longo de milhares ou milhões de anos, adaptando-se às condições climáticas, geográficas e edáficas do local.

Ao contrário das florestas, a vegetação campestre possui uma baixa densidade de árvores. Em algumas áreas, podem ocorrer árvores esparsas, como árvores isoladas ou pequenos agrupamentos.

Clássico exemplo desta classe são os Pampas e os Campos Serranos. O primeiro abrange partes da região sul da América do Sul, principalmente nos países do Brasil, Uruguai e Argentina. É caracterizado por vastas planícies de campos abertos, dominados por gramíneas e herbáceas, com pouca presença de árvores.

Já os Campos Serranos são conhecidos também como Campos de Cima da Serra, são uma formação vegetal característica da região dos Planaltos e Serras do sul do Brasil, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Essa região é marcada por um relevo mais elevado, com a presença de serras e colinas, o que influencia o clima e a vegetação do local.

Outro exemplo é o Campo Sulino também conhecidos como campos do sul, ocorrem no sul do Brasil, principalmente no estado do Rio Grande do Sul. Apresentam uma formação vegetal típica da região e têm características semelhantes aos Pampas e Campos Serranos, com amplas áreas de gramíneas e herbáceas, além de algumas espécies arbustivas e de pequenas árvores.

FIGURA 7 - EXEMPLOS DA CLASSE VEGETAÇÃO CAMPESTRE COM APRESENTAÇÃO DOS CAMPOS DE PAMPA NO SUL DO BRASIL EM VISTAS (A) OBLÍQUA E (B) PERFIL



(a)



(b)

#### 4.3.6 Áreas arbustivas (*Shrublands*)

A classe de "áreas arbustivas" é uma categoria de cobertura vegetal que abrange áreas dominadas por arbustos, que são plantas lenhosas de pequeno a médio porte, com caules ramificados desde a base e sem um tronco único, ao contrário das árvores. Independem da densidade de indivíduos e da sazonalidade. As áreas arbustivas podem ser encontradas em diferentes regiões e climas ao redor do mundo.

Vale ressaltar que é característico desta categoria a possibilidades de variação na altura, forma e densidade, dependendo das condições climáticas e ambientais da região.

É comum encontrar uma vegetação herbácea (gramíneas e outras plantas de porte baixo) entre os arbustos, criando uma estrutura diversificada de cobertura vegetal. Além disso, esta classe é frequentemente adaptada a condições adversas, como solos pobres em nutrientes, climas áridos ou semiáridos e regimes de incêndio frequentes.

Podem ser citados como exemplos desta classe o semiárido do nordeste do Brasil, com vegetação arbustiva adaptada a condições de seca. Outro exemplo são os arbustos como manzanita e o zimbro característicos das regiões mediterrâneas.

FIGURA 8 - EXEMPLOS DA CLASSE DE ÁREAS ARBUSTIVAS DO SEMIÁRIDO DO NORDESTE DO BRASIL EM VISTA (A,B) PERFIL



(a)



(b)

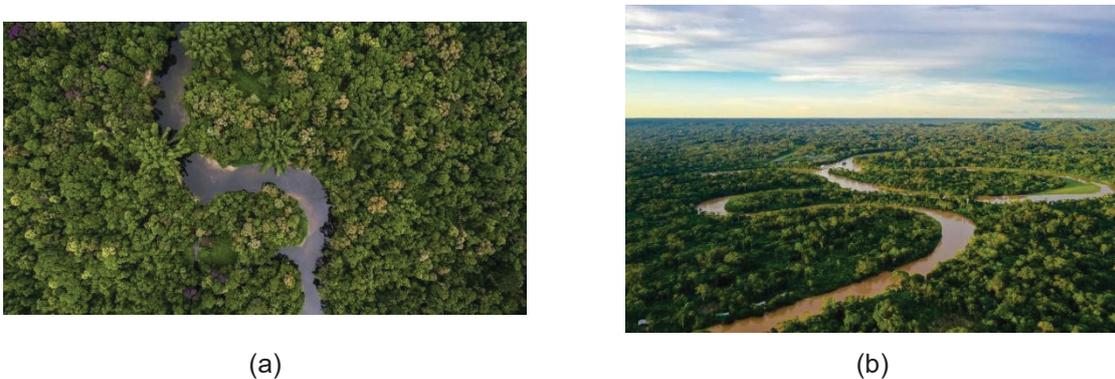
#### 4.3.7 Vegetação Florestal Nativa (*Native Forest Vegetation*)

A “vegetação florestal nativa” é composta por pelas formações arbóreas que crescem naturalmente em uma determinada região, sem a interferência significativa de atividades humanas. São encontradas em diversos tipos de ambientes, desde florestas tropicais até florestas temperadas e boreais, cada uma com suas características distintas.

Esta classe é conhecida por abrigar uma grande diversidade de espécies de plantas e animais. As florestas tropicais, por exemplo, são algumas das mais diversas do planeta, com inúmeras espécies de árvores e plantas rasteiras. Geralmente apresentam camadas verticais bem definidas, chamadas de estratos. Esses estratos incluem a copa das árvores, onde a maioria da folhagem e a vida selvagem estão concentradas, seguidas pelas camadas intermediária e inferior, onde possuem plantas menores.

A altura e a densidade da vegetação florestal nativa variam amplamente dependendo do tipo de floresta e das condições ambientais em que a mesma se desenvolve. Para esta categoria são adotadas as formações arbóreas com porte superior a 5 m, incluindo estrutura florestal com cobertura superior contínua (floresta densa), estrutura florestal com diferentes graus de descontinuidade da cobertura superior (floresta aberta) como exemplo cipó, bambu, palmeira ou sororoca. Faz parte também desta classe as estruturas florestais com perda das folhas dos estratos superiores durante a estação desfavorável, além das florestas ombrófilas mistas caracterizadas por compreender a área de distribuição natural da araucária.

FIGURA 9 - EXEMPLOS DA CLASSE DE ÁREAS FLORESTAIS EM VISTA (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL



#### 4.3.8 Áreas nuas (*Bare lands*)

As “áreas nuas” referem-se à superfícies terrestre que são desprovidas de vegetação ou cobertura significativa de solo. Incluem nesta classe rochas desnudas, praias, dunas de areia, cordões arenosos, desertos e planícies áridas. Além disso, é contemplado nesta categoria ambientes antrópicos, decorrentes da degradação provocada pelas atividades humanas, como extração mineral.

As áreas nuas incluem também terras agrícolas em pousio durante o período de preparação da terra de transição entre duas culturas, e terras disponíveis após o processo de desmatamento ou parcelas pré-urbanizadas. Em algumas áreas urbanas, a presença e a extensão das áreas nuas estão intimamente relacionadas com a frequência das tempestades de poeira, especialmente em regiões desérticas e de clima árido.

FIGURA 10 - EXEMPLOS DA CLASSE ÁREAS NUAS EM VISTAS DO DESERTO DO SAARA, LOCALIZADO NO NORTE DA ÁFRICA (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL



(a)



(b)

#### 4.3.9 Corpos d'água (*Water bodies*)

Para esta categoria devem ser considerados todos os corpos d'água, incluindo águas interiores, costeiras e continentais. Detalhadamente, esta classe inclui a malha hídrica (cursos de água, canais de drenagem, rios, riachos outros corpos de água lineares, corpos d'água naturalmente fechados, sem movimento (lagos naturais regulados) e reservatórios artificiais (represamentos artificiais d'água construídos para irrigação, controle de enchentes, fornecimento de água e geração de energia elétrica), além das lagoas costeiras ou lagoas, estuários e baías.

Os corpos d'água continentais referem-se aos corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como: rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas e açudes.

Os corpos d'água costeiros são corpos de água salgada e salobra que recobrem os locais junto à costa, englobando a faixa costeira de praias e as águas abrigadas, como estuários, baías, enseadas, lagoas, lagoas litorâneas e canais. A delimitação entre costeiro e continental deve ser definida caso a caso, considerando-se sempre o limite entre a água de mistura (salobra) e água continental, ou seja, deve-se considerar até onde ocorre a influência marinha.

FIGURA 11 - EXEMPLOS DA CLASSE CORPOS D'ÁGUA EM VISTAS DA LAGOA RODRIGO DE FREITAS SITUADA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL



(a)

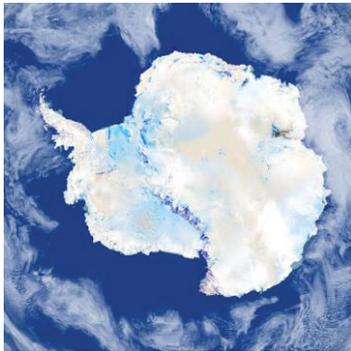


(b)

#### 4.3.10 Neve e Gelo (*Snowland and Ice*)

Incluem grandes áreas homogêneas de neve espessa ou gelo, normalmente apenas em áreas montanhosas ou latitudes mais altas.

FIGURA 12 - EXEMPLOS DA CLASSE NEVE E GELO EM VISTAS DA ANTÁRTIDA (A) ORTOGONAL E (B) PERFIL



(a)



(b)

#### 4.4 SÍNTESE DA PROPOSTA DE CLASSES

Diante da proposta de harmonização apresentada, este tópico resumirá todas as classes e suas descrições geradas no QUADRO 21.

QUADRO 21 - SÍNTESE DA PROPOSTA DE HARMONIZAÇÃO

<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
Manchas urbanas ( <i>Built areas</i> )	Cidades, vilas, áreas urbanas isoladas, edificações residenciais e comerciais, infraestruturas, instituições, áreas industriais, áreas de lazer e recreação, espaços públicos e áreas de serviço.
Áreas de Agropecuária ( <i>Croplands</i> )	Zonas com produção animal e vegetal, incluindo todo o tipo de lavoura/agricultura (anual, semiperene e perene) e pastos plantados.
Silvicultura ( <i>Silviculture</i> )	Plantações florestais destinadas ao abastecimento, celulose e madeira
Áreas alagadas ( <i>Wetlands</i> )	Variedade de habitats caracterizados pela presença de água, seja de forma permanente ou temporária. Exemplos: exemplo os manguezais, pântanos, pântanos de água doce, brejos e veredas.
Vegetação Campestre ( <i>Grassland</i> )	Vegetação nativa, campo ou pradaria. Baixa densidade de árvores. Em algumas áreas, podem ocorrer árvores esparsas, como árvores isoladas ou pequenos agrupamentos. Clássico exemplo desta classe são os pampas e os campos serranos.
Áreas arbustivas ( <i>Shrublands</i> )	Áreas dominadas por arbustos, que são plantas lenhosas de pequeno a médio porte.
Vegetação florestal nativa ( <i>Native Forest Vegetation</i> )	Formações arbóreas que crescem naturalmente em uma determinada região.
Áreas nuas ( <i>Bare lands</i> )	Desprovidas de vegetação ou cobertura significativa de solo. Incluem nesta classe rochas desnudas, praias, dunas de areia, cordões arenosos, desertos e planícies áridas. Além disso, é contemplado nesta categoria ambientes antrópicos, decorrentes da degradação provocada pelas atividades humanas, como extração mineral.
Corpos d'água ( <i>Water bodies</i> )	Considerados todos os corpos d'água, incluindo águas interiores, costeiras e continentais.
Neve e Gelo ( <i>Snowland and Ice</i> )	Grandes áreas homogêneas de neve espessa ou gelo.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou os resultados de uma revisão direcionada para a avaliação da comparabilidade entre os sistemas globais de classificação de cobertura da terra. A análise foi realizada com seis diferentes conjuntos de dados sendo, *Dynamic World* (DW), *Geocover Land Cover* (GeocoverLC), *Global Land Cover* (GlobeLand30), *Land Use/Cover Change* (LUCC), *Land Cover Classification System* (LCCS) e *World Cover* (WC).

A revisão bibliográfica foi realizada para buscar resumir as lições aprendidas com os projetos anteriores de mapeamento global, objetivando melhorar potencialmente os futuros estudos e desdobramentos da classificação de cobertura da terra. Pois, a partir deste trabalho evidenciam-se as problemáticas encontradas em termos de semântica entre os sistemas de classificação estudados. Desta forma,

uma das principais conclusões é a importância do desenvolvimento de um esquema de classificação claro e consistente.

Extraí-se desta pesquisa que alguns sistemas que supostamente são globais, apresentam um detalhamento regional e nacional como é o caso do Inspire e do NLCD, respectivamente. Outros sistemas que em princípio são de cobertura da terra, são híbridos, ou seja, apresentam classes de cobertura, fitofisionomia e bioma como o GeocoverLC e LUCC.

Outra análise é que os sistemas que possuem monitoramento integrado, sistemas sensores, não apresentam as devidas continuidades temporais como GLCN. E existem aqueles sistemas que são essencialmente propostas de legenda, mas nem sempre são adotados como o LCCS.

Como principal conclusão, e produto desta pesquisa, está a mensuração do grau de similaridade e identificação das divergências dos sistemas globais de classificação de cobertura da terra, além da proposição de classes diante dos sistemas estudados.

Como limitação, destaca-se que a proposta está restrita à definição e agrupamento das classes, sendo necessária uma análise junto a especialistas para sua validação. Também se faz necessário um estudo sobre a representação cartográfica de cada uma das classes, que deve ser proposta de forma a evidenciar semelhanças e diferenças entre as mesmas.

Recomenda-se a análise crítica e a definição do escopo do trabalho a ser realizado para se obter uma referência à finalidade da aplicação. Ressalta-se, a criação de diversos sistemas e novidades como o caso do DW, o qual surpreende por ser um produto de cobertura da terra quase em tempo real com pontuações de probabilidade de classe. Os tipos cobertura, independentemente da definição e do sistema de tipos, compartilham com os ecossistemas a propriedade de que sua composição, estrutura e processos geralmente variam de maneira gradual e contínua no espaço e no tempo.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J. R.; HARDY, E. E.; ROACH, J. T.; WITMER, R. E. **A land use and land cover classification system for use with remote sensor data**: A revision of the land use classification system as presented in U.S. Geological Survey. Washington: USGS, 1976. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/pp/0964/report.pdf>
- BAN, Y.; GONG, P.; GIRI, C. Global land cover mapping using Earth observation satellite data: Recent progresses and challenges. **ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing**, v. 103, p. 1-6, 2015. Disponível em: <https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:809348/FULLTEXT01>. Acesso em: 10 mar. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.01.001>
- BARR, C. J.; BUNCE, R. G. H.; CLARKE, R. T.; FULLER, R. M.; FURSE, M. T., GILLESPIE, M. K.; GROOM, G. B.; HALLAM, C. J.; HORNUNG, M.; HOWARD, D. C.; NESS, M. J. **Countryside Survey 1990**: Main Report. London: Department of the Environment, 1993. Disponível em: <https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/4329/>. Acesso em: 05 out. 2022.
- BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sdata2018214>. Acesso em: 05 out. 2022. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- BELWARD, A. S.; ESTES, J. E.; KILNE, K. D. The IGBP-DIS global 1- km land-cover data set DISCover: a project overview. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 65, n. 9, p. 1013-1020, set. 1999. Disponível em: [https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1999journal/sep/1999\\_sep\\_1013-1020.pdf](https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1999journal/sep/1999_sep_1013-1020.pdf). Acesso em: 27 out. 2022.
- BISHR, Y. Overcoming the semantic and other barriers to GIS interoperability. **International Journal Geographical Information Science**, v. 12, n. 4, p. 299-314, 1998. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/136588198241806>. Acesso em: 13 maio 2023. <https://doi.org/10.1080/136588198241806>
- BRIASSOULIS, H. **Analysis of land use change**: theoretical and modeling approaches. Lesvos, Greece: WVU Research Repository, 2020. Disponível em: <https://researchrepository.wvu.edu/rri-web-book>. Acesso em: 4 abr. 2022.
- BROVELLI, M.A.; MOLINARI, M.E.; HUSSEIN, E.; CHEN, J.; LI, J. The first comprehensive accuracy assessment of GlobeLand30 at a national level: Methodology and results. **Remote Sensing**, v. 7, n. 4, p. 4191–4212, 2015. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/7/4/4191>. Acesso em: 02 fev. 2023. <https://doi.org/10.3390/rs70404191>

BROVKIN, V.; SITCH, S.; BLOH, W. V.; CLAUSSEN, M.; BAUER, E.; CRAMER, W. Role of land cover changes for atmospheric CO<sub>2</sub> increase and climate change during the last 150 years. **Global Change Biology**, v. 10, n. 8, p. 1253–1266, 2004.

Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2486.2004.00812.x>. Acesso em: 13 maio 2023. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00812.x>

BROWN, C. F.; BRUMBY, S. P.; GUZDER-WILLIAMS, B.; BIRCH, T.; HYDE, S. B.; MAZZARIELLO, J.; CZERWINSKI, W.; PASQUARELLA, V. J.; HAERTEL, R.; ILYUSHCHENKO, S.; SCHWEHR, K.; WEISSE, M.; STOLLE, F.; HANSON, C.; GUINAN, O.; MOORE, R.; TAIT, A. M. Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. **Scientific Data**, v. 9, n. 1, p. 1 – 17, 2022. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41597-022-01307-4#citeas>. Acesso em: 15 jun. 2022. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01307-4>

BUCHHORN, M.; SMETS, B.; BERTELS, L.; LESIV, M.; TSENDBAZAR, N. E.; HEROLD, M.; FRITZ, S. Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: collection 2: epoch 2015: Globe. In: ESA LIVING PLANET SYMPOSIUM 2019 (LPS2019), 2019, Milan. **Dataset**... Milan: Zenodo, 2019. Disponível em: <https://zenodo.org/record/3243509>. Acesso em: 05 dez. 2022. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3939038>

CHAPIN III, F. S.; ZAVALETA, E. S.; EVINER, V. T.; NAYLOR, R. L.; VITOUSEK, P. M.; REYNOLDS, H. L.; HOOPER, D. U.; LAVOREL, S.; SALA, O. E.; HOBBIE, S. E.; MACK, M. C.; DÍAZ, S. Consequences of changing biodiversity. **Nature**, v. 405, n. 6783, p. 234–242, 2000. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/35012241>. Acesso em: 15 jan. 2023. <https://doi.org/10.1038/35012241>

CHEN, J.; CAO, X.; PENG, S.; REN, H. Analysis and Applications of GlobeLand30: A Review. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 6, n. 8, p. 1-17, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/6/8/230>. Acesso em: 20 fev. 2023. <https://doi.org/10.3390/ijgi6080230>

CHEN, J.; CHEN, J.; , LIAO, A.; CAO, X.; CHEN, L.; CHEN, X.; HE, C.; HAN, G.; PENG, S.; LU, M.; ZHANG, W.; TONG, X.; MILLS, J. Global land cover mapping at 30 m resolution: A POK-based operational approach. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 103, p. 7-27, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271614002275>. Acesso em 25 fev. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.09.002>

CHEN, Z.; WANG, J. Land use and land cover change detection using satellite remote sensing techniques in the mountainous Three Gorges Area, China. **International Journal of Remote Sensing**, Canada, v. 31, n. 6, p. 1519-1542, Mar. 2010. Disponível em: [https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431160903475381?casa\\_token=Gjpv tDvDFCYAAAAA%3AAu6iZAI3dJ6zj4LuGSDGPprv84tlgpWdxRa6SPP13rE10tjyHsr834PFOkpkAuvZTwOSbv Qs-FMW7-m](https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431160903475381?casa_token=Gjpv tDvDFCYAAAAA%3AAu6iZAI3dJ6zj4LuGSDGPprv84tlgpWdxRa6SPP13rE10tjyHsr834PFOkpkAuvZTwOSbv Qs-FMW7-m). Acesso em: 13 maio 2023. <https://doi.org/10.1080/01431160903475381>

COMBER, A. J.; LAW, A. N. R.; LISHMAN, J. R. Application of Knowledge for Automated Land Cover Change Monitoring. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 16, p. 3177-3192, 2004. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431160310001657795>. Acesso em: 05 out. 2021. <https://doi.org/10.1080/01431160310001657795>

COMBER, A. J.; WADSWORTH, R. A.; FISHER, P. F. Using semantics to clarify the conceptual confusion between land cover and land use: the example of 'forest'. **Journal of Land Use Science**, v. 3, n. 2-3, p. 185-198, 2008. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17474230802434187>. Acesso em: 21 fev 2023. <https://doi.org/10.1080/17474230802434187>

COMBER, A.; FISHER, P.; WADSWORTH, R.. What is land cover?. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 32, n. 2, p. 199-209, 2005. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1068/b31135>. Acesso em: 12 jan 2023. <https://doi.org/10.1068/b31135>

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1999.

CUNNINGHAM, D.; MELICAN, J. E.; WEMMELMANN, E.; JONES, T. B. GeoCover LC-A moderate resolution global land cover database. In: **ESRI International User Conference**. 2002. <https://proceedings.esri.com/library/userconf/proc02/pap0811/p0811.htm>

DE GROOT, R. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. **Landscape and Urban Planning**, v. 75, n. 3-4, p. 175-186, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204605000575?via%3Dihub>. Acesso em: 13 maio 2023. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.016>

DEFRIES, R.S.; HANSEN, M.C.; HALL, F.G.; COLLATZ, G.J.; MEESON, B.W.; LOS, S.O.; COLSTOUN, E.B.; LANDIS, D.R. ISLSCP II University of Maryland Global Land Cover Classifications, 1992-1993. **ORNL DAAC**, Oak Ridge, Tennessee, USA, 2010. Disponível em: [https://daac.ornl.gov/cgi-bin/dsvviewer.pl?ds\\_id=969](https://daac.ornl.gov/cgi-bin/dsvviewer.pl?ds_id=969). Acesso em: 10 out. 2022. <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/969>

DI GREGORIO, A.; JANSEN, L. J. M. **Land cover classification system: classification concepts and user manual: LCCS**. Food and Agriculture Organization, 2005. Disponível em: <https://www.fao.org/3/y7220e/y7220e00.htm>

DUARTE, D.; FONTE, C.; COSTA, H.; CAETANO, M. Thematic Comparison between ESA WorldCover 2020 Land Cover Product and a National Land Use Land Cover Map. **Land**, v. 12, n. 2, p. 1 - 16, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/12/2/490>. Acesso em: 10 mar. 2023. <https://doi.org/10.3390/land12020490>

ELLIS, E. C.; GOLDEWIJK, K. K.; SIEBERT, S.; LIGHTMAN, D.; RAMANKUTTY, N. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. **Global ecology and biogeography**, v. 19, n. 5, p. 589-606, 2010. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1466-8238.2010.00540.x>. Acesso em: 10 mar. 2023. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00540.x>

FAO. **A framework for Land evaluation**. Roma: FAO, 1976. Disponível em: <https://edepot.wur.nl/149437>. Acesso em: 05 out. 2021.

FISHER, P. F. Multimedia reporting of the results of natural resource surveys. **Transactions in GIS**, v. 7, n. 3, p. 309-324, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1467-9671.00148>. Acesso em: 25 fev 2023. <https://doi.org/10.1111/1467-9671.00148>

FOODY, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote sensing of environment**, v. 80, n. 1, p. 185-201, 2002. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425701002954>. Acesso em: 13 maio 2023. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00295-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4)

FRITZ, S.; YOU, L.; BUN, A.; SEE, L.; MCCALLUM, I.; SCHILL, C.; PERGER, C.; LIU, J.; HANSEN, M.; OBERSTEINER, M. Cropland for sub-Saharan Africa: A synergistic approach using five land cover data sets. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 4, 2011. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2010GL046213>. Acesso em: 13 mar. 2023. <https://doi.org/10.1029/2010GL046213>

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation: Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. **BioScience**, v. 52, n. 2, p. 143-150, 2002. Disponível em: <https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/52/2/143/341135>. Acesso em: 10 mar. 2023. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0143:PCAUDF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0143:PCAUDF]2.0.CO;2)

GIRI, C. P. Brief Overview of Remote Sensing of Land Cover. In GIRI, C. P. (Ed). **Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications**. Boca Ratón, FL: CRC Press, 2012. p.499-508. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/b11964/remote-sensing-land-use-land-cover-chandra-giri>. Acesso em: 10 mar. 2022. <https://doi.org/10.1201/b11964>

GREKOUSIS, G.; MOUNTRAKIS, G.; KAVOURAS, M. An overview of 21 global and 43 regional land-cover mapping products. **International Journal of Remote Sensing**, v. 36, n. 21, p. 5309-5335, 2015. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2015.1093195>. Acesso em: 15 jan 2023. <https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1093195>

GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=295523>. Acesso em: 05 out. 2021.

HAINES-YOUNG, R.H.; BARR, C.J.; BLACK, HELAINA; BRIGGS, D.J.; BUNCE, R.G.H.; CLARKE, RALPH; COOPER, A.; DAWSON, F.H.; FIRBANK, LG.; FULLER,

ROBIN; FURSE, M.T.; GILLESPIE, M.K.; HILL, ROSS; HORNUNG, MICHAEL; HOWARD, DAVID; MCCANN, T.; MORECROFT, MICHAEL; PETIT, SANDRINE; SIER, ANDY; SMART, SIMON; SMITH, G.M.; STOTT, A.P.; STUART, RICK; WATKINS, JOHN. **Accounting for nature: assessing habitats in the UK countryside**. London: DETR, 2000. Disponível em: <https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/530719/>

HANSEN, M. C.; REED, B. A comparison of the IGBP DISCover and University of Maryland 1 km global land cover products. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 6-7, p. 1365-1373, 2000. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/014311600210218>. Acesso em: 17 jan. 2023. <https://doi.org/10.1080/014311600210218>

HANSEN, M.C.; DEFRIES, R.S.; TOWNSHEND, J.R.G.; SOHLBERG, R. Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. **International journal of remote sensing**, v. 21, n. 6-7, p. 1331-1364, 2000. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/014311600210209>. Acesso em: 10 jan 2023. <https://doi.org/10.1080/014311600210209>

HE, C.; LIU, Z.; HUANG, Q. Characteristics and progress of land use/cover change research during 1990–2018. **Journal of Geographical Sciences**, v. 32, n. 3, p. 537-559, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11442-022-1960-2>. Acesso em: 5 jan. 2022. <https://doi.org/10.1007/s11442-022-1960-2>

HENGL, T.; WALSH, M. G.; SANDERMAN, J.; WHEELER, I.; HARRISON, S. P.; PRENTICE, I. C. Global mapping of potential natural vegetation: an assessment of machine learning algorithms for estimating land potential. **PeerJ**, v. 6, p. e5457, 2018. Disponível em: <https://peerj.com/articles/5457/?ref=https%3A%2F%2Fgithubhelp.com>. Acesso em: 12 jan 2022. <https://doi.org/10.7717/peerj.5457>

HINES, M. E.; DUDDLESTON, K. N.; ROONEY-VARGA, J. N., FIELDS, D.; CHANTON, J. P. Uncoupling of acetate degradation from methane formation in Alaskan wetlands: Connections to vegetation distribution: PATHWAYS OF METHANOGENESIS IN WETLANDS. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 22, n. 2, p. n/a-n/a, jun. 2008. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2006GB002903>. Acesso em: 13 maio 2023. <https://doi.org/10.1029/2006GB002903>

HUA, T.; ZHAO, W.; LIU, Y.; WANG, S.; YANG, S. Spatial consistency assessments for global land-cover datasets: A comparison among GLC2000, CCI LC, MCD12, GLOBCOVER and GLCNMO. **Remote Sensing**, v. 10, n. 11, p. 1846, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/11/1846>. Acesso em: 3 fev. 2022. <https://doi.org/10.3390/rs10111846>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual técnico de uso da terra**: Manuais Técnicos em Geociências. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=281615&view=detalhes>

JALAL, R.; IQBAL, Z.; HENRY, M.; FRANCESCHINI, G.; ISLAM, M. S.; AKHTER, M.; KHAN, Z. T.; HADI, M. A.; HOSSAIN, M. A.; MAHBOOB, M. G.; UDITA, T.; AZIZ, T.; MASUM, S. M.; COSTELLO, L.; SAHA, C. R.; CHOWDHURY, A. A. M.; SALAM, A.; SHAHRIN, F.; SUMON, F. R.; RAHMAN, M.; SIDDIQUE, M. A.; RAHMAN, M. M.; JAHAN, M. N.; SHAUNAK, M. F.; RAHMAN, M. S.; ISLAM, M. R.; MOSCA, N.; ÁNNUNZIO, E.; HIRA, S.; DI GREGORIO, A.

Toward efficient land cover mapping: An overview of the national land representation system and land cover map 2015 of Bangladesh. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 12, n. 10, p. 3852-3861, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8901226>. Acesso em: 5 out. 2022. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2019.2903642>

KAPLAN, J. O.; BIGELOW, N. H.; PRENTICE, I. C.; HARRISON, S. P.; BARTLEIN, P. J.; CHRISTENSEN, T. R.; CRAMER, W.; MATVEYEVA, N. V.; MCGUIRE, A. D.; MURRAY, D. F.; RAZZHIVIN, V. Y.; SMITH, B.; WALKER, D. A.; ANDERSON, P. M.; ANDREEV, A. A.; BRUBAKER, L. B.; EDWARDS, M. E.; LOZHKIN, A. V.; LOZHKIN, A. V. Climate change and Arctic ecosystems: 2. Modeling, paleodata-model comparisons, and future projections. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 108, n. D19, 2003. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2002JD002559>. Acesso em: 05 jan. 2022. <https://doi.org/10.1029/2002JD002559>

LAMBIN E. F.; BAULIES X.; BOCKSTAEEL N.E.; FISCHER G.; KRUG T.; LEEMANS R.; MORAN E.F.; RINDFUSS R.R.; SATO Y.; SKOLE D.; TURNER II B.L.; VOGEL C. 2000. Land-Use and Land-Cover Change (LUCC), **Implementation Strategy**. In Stockholm, Bonn. Disponível em: <https://www.populationenvironmentresearch.org/node/8586>

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J. **Land-use and land-cover change: local processes and global impacts**. Springer Science & Business Media, 2008.

LAMBIN, E. F.; TURNER, B.L.; GEIST, H. J.; AGBOLA, S. B.; ANGELSEN, A.; BRUCE, J. W.; COOMES, O. T.; DIRZO, R.; FISCHER, G.; FOLKE, C.; GEORGE, P.S.; HOMEWOOD, K.; IMBERNON, J.; LEEMANS, R.; LI, X.; MORAN, E. F.; MORTIMORE, M.; RAMAKRISHNAN, P.S.; RICHARDS, J. F.; SKÅNES, H.; STEFFEN, W.; STONE, G. D.; SVEDIN, U.; VELDKAMP, T. A.; VOGEL, C.; XU, J. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. **Global Environmental Change**, v. 11, n. 4, p. 261–269, dez. 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095937801000073?via%3Dihub>. Acesso em: 13 maio 2023. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3)

LILLESAND, T.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley & Sons, 2015.

MENEZES, P. M. L.; COUTO F. M. **Roteiro de cartografia**. São Paulo: Oficina de textos, 2016. Disponível em: <https://www.indicalivros.com/livros/roteiro-de-cartografia-paulo-marcio-leal-de-menezes-manoel-do-couto-fernandes/pdf>

MEYER, W. B.; TURNER, B. **Changes in land use and land cover: a global perspective**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.20.05.00/doc/INPE%206541.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

MONTEIRO, C. L. S. **Proposta de classificação do uso e da cobertura da terra e sua representação cartográfica na escala 1:10.000**. 2008. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina (SC), 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/91679/257948.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 out. 2021.

NEDD, R.; LIGHT, K.; OWENS, M.; JAMES, N.; JOHNSON, E.; ANANDHI, A. A synthesis of land use/land cover studies: Definitions, classification systems, meta-studies, challenges and knowledge gaps on a global landscape. **Land**, v. 10, n. 9, p. 994, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/10/9/994>. Acesso em: 01 mar. 2023. <https://doi.org/10.3390/land10090994>

PAL, M., MATHER, P. M. Assessment of the effectiveness of support vector machines for hyperspectral data. **Future Generation Computer Systems**, Nottingham, v.20, n. 7, p.1215-1225, Oct. 2004. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X03002450?casa\\_token=TnkXPRXA3qsAAAAA:Y\\_mBKQAVIYE2IPJi01erSB8kJaSTwlsM8XAnitGMI3OB0O2-TgbAnX-pb04bzHI62FJ\\_1z2Yycg](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X03002450?casa_token=TnkXPRXA3qsAAAAA:Y_mBKQAVIYE2IPJi01erSB8kJaSTwlsM8XAnitGMI3OB0O2-TgbAnX-pb04bzHI62FJ_1z2Yycg). Acesso em: 13 maio 2023. <https://doi.org/10.1016/j.future.2003.11.011>

PAULEIT, S.; DUHME, F. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 52, n. 1, p. 1–20, nov. 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016920460001092?via%3Dihub>. Acesso em: 13 maio 2023. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00109-2)

PENMAN, J.; GYTARSKY, M.; HIRAISHI, T.; KRUG, T.; KRUGER, D.; PIPATTI, R.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K.; WAGNER, F. Good Practice Guidance For Land Use, Land-use Change And Forestry. Japan: **Institute for Global Environmental Strategies**, 2003.

PFADENHAUER, J. S.; KLÖTZLI, F. A. **Vegetation der Erde**. Berlin: Springer Verlag. 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-41950-8>. Acesso em: 03 mar. 2022. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41950-8>

PFLUGMACHER, D.; RABE, A.; PETERS, M.; HOSTERT, P. Mapping pan-European land cover using Landsat spectral-temporal metrics and the European LUCAS survey. **Remote sensing of environment**, v. 221, p. 583-595, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425718305546>. Acesso em: 18 mar. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.12.001>

PONTIUS JR, R.; CORNELL, J. D.; HALL, C. AS. Modeling the spatial pattern of land-use change with GEOMOD2: application and validation for Costa Rica.

**Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 85, n. 1-3, p. 191-203, 2001.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880901001839>. Acesso em:

07 fev. 2022. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00183-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00183-9)

PRADO, F. A. **Sistema hierárquico de classificação para mapeamento da cobertura da terra nas escalas regional e urbana**. 2009. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2009. Disponível em:

[http://www2.fct.unesp.br/pos/cartografia/docs/teses/d\\_prado\\_fa.pdf](http://www2.fct.unesp.br/pos/cartografia/docs/teses/d_prado_fa.pdf). Acesso em: 05 out. 2021.

RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J. A. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. **Global biogeochemical cycles**, v. 13, n. 4, p. 997-1027, 1999. Disponível em:

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/1999GB900046>. Acesso em:

30 mar. 2022 . <https://doi.org/10.1029/1999GB900046>

RINDFUSS, R. R. Entwisle, B.; WALSH, S. J.; AN, L.; BADENOCH, N.; BROWN, D. G.; DEADMAN, P.; EVANS, T. P.; FOX, J.; GEOGHEGAN, J.; GUTMANN, M.; KELLY, M.; LINDERMAN, M.; LIU, J.; MALANSON, G. P.; MENA, C. F.; MESSINA, J. P.; MORAN, E. F.; PARKER, D. C.; PARTON, W.; PRASARTKUL, P.; ROBINSON, D. T.; SAWANGDEE, Y.; VANWEY, L. K.; VERBURG, P. H. Land use change: complexity and comparisons. **Journal of land use science**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2008. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17474230802047955>. Acesso em: 18

mar. 2022. <https://doi.org/10.1080/17474230802047955>

SCHULTZ, J. **Die Ökozonen der Erde**. UTB, 2016. Disponível em:

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-03161-2>

SOKAL, R. R. Classification: Purposes, Principles, Progress, Prospects: Clustering and other new techniques have changed classificatory principles and practice in many sciences. **Science**, v. 185, n. 4157, p. 1115-1123, 1974. Disponível em:

<https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.185.4157.1115>. Acesso em: 17

mar. 2022. <https://doi.org/10.1126/science.185.4157.1115>

SOUZA, C. M. JR.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L. G.; SOUZA-FILHO, P. W. M. 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, p. 2735, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735>.

Acesso em 19 mar. 2022. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>

TORRESAN, S.; CRITTO, A.; RIZZI, J. MARCOMINI, A. Assessment of coastal vulnerability to climate change hazards at the regional scale: the case study of the North Adriatic Sea. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 12, n. 7, p. 2347–2368, 2012. Disponível em:

<https://nhess.copernicus.org/articles/12/2347/2012/>. Acesso em: 13 maio 2023.  
<https://doi.org/10.5194/nhess-12-2347-2012>

TOWNSHEND, J.R.G.; JUSTICE, C.O.; SKOLE, D.; MALINGREAU, J.P.; CIHLAR, J.; TEILLET, P.; SADOWSKI, F.; RUTTENBERG, S. The 1 km resolution global data set: needs of the International Geosphere Biosphere Programme. **International Journal of Remote Sensing**, v. 15, n. 17, p. 3417-3441, 1994. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431169408954338>. Acesso em: 13 mar. 2022. <https://doi.org/10.1080/01431169408954338>

TURNER, B.; MOSS, R. H.; SKOLE, D. L. Relating land use and global land-cover change, 1993. **Elsevier Pure**, 1993. Disponível em: <https://asu.elsevierpure.com/en/publications/relating-land-use-and-global-land-cover-change-2> . Acesso em: 02 jan. 2022.

VENTER, Z.S.; BARTON, D.N.; CHAKRABORTY, T.; SIMENSEN, T.; SINGH, G. Global 10 m Land Use Land Cover Datasets: A Comparison of Dynamic World, World Cover and Esri Land Cover. **Remote Sensing**, v. 14, n. 16, p. 4101, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/16/4101>. Acesso em: 10 fev. 2023. <https://doi.org/10.3390/rs14164101>

VENTER, Z.S.; SYDENHAM, M.A.K. Continental-scale land cover mapping at 10 m resolution over Europe (ELC10). **Remote Sensing**, v. 13, n. 12, p. 2301, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/12/2301>. Acesso em: 16 fev. 2023. <https://doi.org/10.3390/rs13122301>

VERBURG, P. H.; KONING, G. H. J.; KOK, K.; VELDKAMP, A.; BOUMA, J. A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use. **Ecological modelling**, v. 116, n. 1, p. 45-61, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380098001562>. Acesso em: 01 fev. 2023. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(98\)00156-2](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(98)00156-2)

VIANA, C. M.; GIRÃO, I.; ROCHA, J. Long-Term Satellite Image Time-Series for Land Use/Land Cover Change Detection Using Refined Open Source Data in a Rural Region. **Remote Sensing**, Portugal, v.11, n. 9 p.01 – 22, Mar. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/9/1104>. Acesso em 13 maio 2023. <https://doi.org/10.3390/rs11091104>

WITTKÉ S.; YU, X.; KARJALAINEN, M.; HYYPPÄ, J.; PUTTONEN, E. Comparison of two dimensional multitemporal Sentinel-2 data with three-dimensional remote sensing data sources for forest inventory parameter estimation over a boreal forest. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Finland, v.76, p. 167–178, April 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243418309462>. Acesso em: 13 maio 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.11.009>

YANG, H.; LI, S.; CHEN, J.; ZHANG, X.; Xu, S. The Standardization and Harmonization of Land Cover Classification Systems towards Harmonized Datasets: A Review. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v.6, p. 1-16, 2017.

Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/6/5/154>. Acesso em: 05 out. 2021.  
<https://doi.org/10.3390/ijgi6050154>

ZANAGA, D., VAN DE KERCHOVE, R., DE KEERSMAECKER, W., SOUVERIJNS, N., BROCKMANN, C., QUAST, R., WEVERS, J., GROSU, A., PACCINI, A., VERGNAUD, S., CARTUS, O., SANTORO, M., FRITZ, S., GEORGIEVA, I., LESIV, M., CARTER, S., HEROLD, M., LI, LINLIN, TSENDBAZAR, N.E., RAMOINO, F., ARINO, O. 2021. **ESA WorldCover 10 m 2020 v100**. Disponível em: <https://zenodo.org/record/7254221>. Acesso em: 2 fev. 2023.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7254221>

ZHANG, H. K.; ROY, D. P. Using the 500 m MODIS land cover product to derive a consistent continental scale 30 m Landsat land cover classification. **Remote Sensing of Environment**, v. 197, p. 15-34, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425717302249>. Acesso em: 11 jan. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.05.024>

## APÊNDICE 1 – TRADUÇÕES DAS CLASSES DOS CONJUNTOS DE DADOS DA COBERTURA DA TERRA

QUADRO 22 – TRADUÇÃO DO SISTEMA DW

Classe	Descrição
Água	A água está presente na imagem. Contém pouca ou nenhuma vegetação esparsa, nenhum afloramento rochoso e nenhum recurso construído como docas. Não inclui terrenos que podem ou já foram cobertos por água.
Árvores	Qualquer agrupamento significativo de vegetação densa, geralmente com um dossel fechado ou denso. Mais alto e mais escuro que a vegetação ao redor (se cercado por outra vegetação).
Gramma	Áreas abertas cobertas por gramíneas homogêneas com pouca ou nenhuma vegetação mais alta. Outras áreas homogêneas de vegetação gramínea (folhas tipo lâmina) que se apresentam diferentes das árvores e matagais. Cereais silvestres e gramíneas sem plotagem humana (ou seja, não é um campo estruturado).
Vegetação alagada	Áreas de qualquer tipo de vegetação com evidente mistura de água. Não assuma que uma área está inundada se a inundação for observada em outra imagem. Áreas inundadas sazonalmente que são uma mistura de grama/arbusto/árvores/terra nua.
Plantações	Cereais, gramíneas e culturas plantadas/traçadas por humanos.
Arbusto	Mistura de pequenos aglomerados de plantas ou plantas individuais dispersos em uma paisagem que mostra solo e rocha expostos. Clareiras cheias de arbustos dentro de florestas densas que claramente não são mais altas que árvores. Aparência mais acinzentada/marrom devido à cobertura foliar menos densa.
Área construída	Aglomerados de estruturas feitas pelo homem ou estruturas individuais muito grandes feitas pelo homem. Edifício industrial, comercial e privado contido e os estacionamentos associados. Uma mistura de edifícios residenciais, ruas, gramados, árvores, estruturas residenciais isoladas ou edifícios cercados por coberturas vegetais. Principais redes rodoviárias e ferroviárias fora das áreas residenciais predominantes. Grandes superfícies impermeáveis homogêneas, incluindo estruturas de estacionamento, grandes edifícios de escritórios e empreendimentos residenciais contendo conjuntos de ruas sem saída.
Terra nua	Áreas de rocha ou solo contendo muito esparsa ou nenhuma vegetação.
Neve e gelo	Grandes áreas de areia e desertos com pouca ou nenhuma vegetação. Grandes redes individuais ou densas de estradas de terra.

QUADRO 23 - TRADUÇÃO DO SISTEMA GLOBELAND30

<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
Terra cultivada	Terra utilizada para agricultura, horticultura e jardins, incluindo arrozais, terras agrícolas irrigadas e secas, hortas e pomares.
Floresta	Terra coberta por árvores, a vegetação cobre mais de 30%, incluindo florestas decíduas e coníferas, e bosques esparsos com cobertura de 10 a 30%.
Pastagem	Terreno coberto por grama natural com cobertura superior a 10%.
Arbusto	Terra coberta por arbustos com cobertura superior a 30%, incluindo arbustos caducifólios e perenes, e estepe desértica com cobertura superior a 10%.
Áreas úmidas	Terra coberta por plantas de zonas úmidas e massas de água, incluindo pântanos interiores, pântanos de lagos, zonas úmidas de várzeas fluviais, zonas úmidas florestais/arbustivas, turfeiras, mangais e pântanos salgados.
Corpos de água	Corpos de água em área terrestre, incluindo rio, lago, reservatório, viveiro de peixes.
Tundra	Terra coberta por líquen, musgo, erva perene resistente e arbustos nas regiões polares, incluindo tundra arbustiva, tundra herbácea, tundra úmida e tundra estéril.
Superfícies artificiais	Solos modificados por atividades humanas, incluindo todos os tipos de habitação, área industrial e de mineração, facilidades de transporte e zonas verdes urbanas interiores e corpos d'água.
Terra nua	Terrenos com cobertura vegetal inferior a 10%, incluindo deserto, campos arenosos, rochas nuas, terrenos salinos e alcalinos.
Neve e gelo permanentes	Terras cobertas por neve permanente, geleiras e calotas polares.

QUADRO 24 - TRADUÇÃO DO SISTEMA LUCG

<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
Florestas de folhas sempre verdes	Terrenos dominados por vegetação lenhosa ondulada com cobertura percentual 60% e altura superior a 2 m. Quase todas as árvores permanecem verdes o ano todo. O dossel nunca fica sem folhagem verde.
Florestas de folhas largas sempre verdes	Terrenos dominados por vegetação lenhosa de folha larga com cobertura percentual 60% e altura superior a 2 m. Quase todas as árvores e arbustos permanecem verdes o ano todo. O dossel nunca fica sem folhagem verde.
Florestas de folha caduca	Terrenos dominados por vegetação lenhosa com cobertura percentual 60% e altura superior a 2 m. Consiste em comunidades sazonais de árvores folhosas com um ciclo anual de períodos de folhagem e desfolha.
Florestas de folhas largas decíduas	Terrenos dominados por vegetação lenhosa com cobertura percentual 60% e altura superior a 2 m. Consiste em comunidades de árvores de folhas largas com um ciclo anual de períodos de folha aberta e sem folha.
Florestas mistas	Terrenos dominados por árvores com cobertura percentual 60% e altura superior a 2 m. Consiste em comunidades de árvores com misturas ou mosaicos intercalados dos outros quatro tipos de floresta. Nenhum dos tipos de floresta ultrapassa 60% da paisagem.

Mata fechada	Terrenos com vegetação lenhosa com menos de 2 m de altura e com copa arbustiva 60%. A folhagem do arbusto pode ser perene ou caducifólia.
Mata aberta	Terrenos com vegetação lenhosa com menos de 2 m de altura e com copa arbustiva entre 10% e 60%. A folhagem do arbusto pode ser perene ou caducifólia.
Savanas arborizadas	Terras com sistemas herbáceos e outros sistemas de sub-bosque, e com cobertura florestal entre 30% e 60%. A altura da cobertura florestal excede 2 m.
Savanas	Terras com sistemas herbáceos e outros sistemas de sub-bosque, e com cobertura florestal entre 10% e 30%. A altura da cobertura florestal excede 2 m.
Pastagens	Terrenos com tipos de cobertura herbácea. A cobertura arbórea e arbustiva é inferior a 10%.
Zonas úmidas permanentes	Terrenos com mistura permanente de água e vegetação herbácea ou lenhosa. A vegetação pode estar presente em água salgada, salobra ou doce.
Terras de cultivo	Terras cobertas com culturas temporárias seguidas de colheita e um período de solo descoberto (sistemas de cultivo único e múltiplo). Observe que as culturas lenhosas perenes serão classificadas como o tipo apropriado de cobertura florestal ou arbustiva.
Urbano e construído	Terrenos cobertos por edifícios e outras estruturas feitas pelo homem.
Mosaicos de plantações/ Vegetação natural	Terras com um mosaico de terras de cultivo, florestas, matagais e pastagens nas quais nenhum componente compreende mais de 60% da paisagem.
Neve e gelo	Terras sob cobertura de neve/gelo durante todo o ano.
Estéril	Terrenos com solo exposto, areia, pedras ou neve e nunca têm mais de 10% de cobertura vegetal durante qualquer época do ano.
Corpos de água	Oceanos, mares, lagos, reservatórios e rios. Podem ser corpos de água doce ou salgada.

QUADRO 25 - TRADUÇÃO DO SISTEMA LCCS

Estéril	Pelo menos 60% da área é estéril sem vegetação (areia, rocha, solo) ou neve/gelo permanente com menos de 10% de vegetação.
Neve e gelo permanentes	Pelo menos 60% da área é coberta por neve e gelo por pelo menos 10 meses do ano.
Corpos de água	Pelo menos 60% da área é coberta por corpos d'água permanentes.
Florestas densas	Cobertura arbórea 60% (dossel 2m).
Florestas abertas	Cobertura de árvores 10-60% (dossel 2m).
Zonas úmidas arborizadas	Arbusto e cobertura arbórea 10% (1m). Permanente ou sazonalmente inundado.
Pastagens	Dominado por herbáceas anuais (2m) 10% de cobertura.
Matagais	Cobertura arbustiva 60% (1-2m).
Zonas úmidas herbáceas	Dominado por herbáceas anuais (2m) 10% de cobertura. Permanente ou sazonalmente inundado.
Tundra	Cobertura de árvores 10%. Coberto de neve por pelo menos 8 meses do ano.
Não classificado	Não recebeu um rótulo de mapa devido a entradas ausentes.

QUADRO 26 - TRADUÇÃO DO SISTEMA GEOCOVERLC

Classe	Descrição
Floresta caducifolia	Vegetação lenhosa 3 metros (10 pés) de altura que perde folhas periodicamente devido à mudança das estações ou regimes de umidade. O fechamento do dossel deve ser 35% (35% = Categoria 3). Também incluídas nesta categoria estão as áreas comumente referenciadas como "pântano" ou pântano florestal, se dominadas por um dossel de folha caduca.
Floresta perene	Vegetação lenhosa 3 metros (10 pés) de altura que retém suas folhas ao longo das estações. Evergreen inclui folhas de agulha e espécies de folhas largas. Algumas plantações de árvores podem ser incluídas nesta classe. O fechamento do dossel deve ser 35% (35% = Categoria 3).
Arbusto	Vegetação lenhosa com menos de 3 metros (10 pés) de altura, com copas fechadas e abertas. A cobertura mínima do solo é de 10%; a conversão para floresta ocorre com 35% de cobertura de dossel, desde que as árvores tenham 3 m de altura. Áreas de floresta que sofreram queima (cicatrices de queimadura) são classificadas nesta categoria.
Pastagem ( 10% de cobertura do solo)	Áreas gramadas e herbáceas. A categoria pode incluir pântanos herbáceos se as imagens forem coletadas durante a estação seca ou períodos de estiagem. Os tipos de cobertura do solo comumente referidos como savana e savana aberta estão incluídos nesta categoria. Áreas de pastagens e matagais/arbustos que sofreram queima (cicatrices de queimadura) são classificadas nesta categoria. Os campos de golfe serão incluídos nesta classe, a menos que estejam completamente rodeados pela classe "Man-Made, Other".
Vegetação estéril/mínima (10% de cobertura do solo)	Inclui dunas de areia, deserto, afloramentos rochosos, solo nu que não seja terra agrícola nua e áreas com vegetação esparsa de grama e arbustos. Esta categoria inclui minas e pedreiras sem vegetação, exceto quando cobertas por desenvolvimento (urbano/construído) ou água (água).
Urbano/construído	Cidades, vilas, estradas largas, aeroportos, outras áreas desenvolvidas. Áreas de cobertura não urbana dentro da franja urbana somente são separadas da categoria urbana se excederem 25 ha (500 x 500 m se quadrado ou 307 pixels) de tamanho e 2 pixels (58 metros) de largura.
Agricultura geral	Todos os campos agrícolas que não sejam de arroz, com cultivo ou pousio; pastagens altamente manejadas e terras de feno (mas não pastagens comumente referenciadas como "prados"); mosaicos complexos de vegetação natural e terras cultivadas. Alguns pomares e plantações de árvores, como palmeiras ou tamareiras, podem ser incluídos nesta categoria.
Agricultura arroz/paddy	Arrozais, principalmente arroz, que são inundados sazonalmente com água. Dependendo da estação das imagens adquiridas, alguns arrozais podem ser incluídos na classe "Agricultura".
Zona úmida, permanente/herbácea	Zonas úmidas herbáceas emergentes, bem como outras áreas irregularmente inundadas que podem não ter vegetação, incluindo: planícies de lama, salinas e playas. As zonas úmidas herbáceas com vegetação podem ser referenciadas como "pântano". Áreas comumente referidas como "pântanos", incluindo pântanos florestais, não estão incluídas nesta classe de pântano. As zonas úmidas florestadas, com exceção do "Mangue", estão incluídas em uma das categorias de floresta. Áreas de cicatriz de queimadura dentro de uma zona úmida estão incluídas nesta categoria.
Pantanal, mangue	Áreas costeiras regularmente inundadas que são cobertas por espécies de mangue. Áreas de cicatriz de queimadura dentro de um manguezal estão incluídas nesta categoria.
Água	Todos os tipos de corpos d'água, incluindo rios, lagos, reservatórios,

	lagoas, baías e estuários. Esta categorização não diferencia entre estas classes de água.
Gelo e/ou Neve Permanente ou Quase Permanente	Áreas cobertas por gelo e/ou neve permanente ou quase permanente.
Nuvem/Sombra da nuvem/Sem dados	Áreas nas quais a superfície do solo é mascarada por nuvens, fumaça ou neblina espessa ou suas sombras simultâneas. Também inclui qualquer área para a qual nenhum sinal significativo do Mapeador Temático é recebido, por exemplo, quedas de linha, áreas fora da cobertura de imagem TM.

QUADRO 27 - TRADUÇÃO DO SISTEMA WC

<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
Cobertura de árvore	Esta classe inclui qualquer área geográfica dominada por árvores com uma cobertura de 10% ou mais. Outras classes de cobertura do solo (arbustos e/ou ervas no sub-bosque, corpos d'água permanentes) podem estar presentes abaixo do dossel, mesmo com uma densidade maior que as árvores. As áreas plantadas com árvores para fins de florestação e plantações (por exemplo, dendê, oliveiras) estão incluídas nesta classe. Esta classe também inclui áreas arborizadas sazonalmente ou permanentemente inundadas com água doce, exceto manguezais.
Arbusto	Esta classe inclui qualquer área geográfica dominada por arbustos naturais com uma cobertura de 10% ou mais. Arbustos são definidos como plantas lenhosas perenes com caules persistentes e lenhosos e sem caule principal definido com menos de 5 m de altura. As árvores podem estar presentes de forma dispersa se sua cobertura for inferior a 10%. Plantas herbáceas também podem estar presentes em qualquer densidade. A folhagem do arbusto pode ser perene ou caducifólia.
Pastagem	Esta classe inclui qualquer área geográfica dominada por plantas herbáceas naturais (plantas sem caule persistente ou brotos acima do solo e sem estrutura firme definida): (prados, pradarias, estepes, savanas, pastagens) com uma cobertura de 10% ou mais, independentemente das diferentes atividades humanas e/ou animais, tais como: pastoreio, gestão seletiva do fogo. As plantas lenhosas (árvores e/ou arbustos) podem estar presentes desde que a sua cobertura seja inferior a 10%. Pode também conter áreas de cultivo não cultivadas (sem safra/período de solo descoberto) no ano de referência.
Terra de cultivo	Terra coberta com cultivo anual que é semeado/plantado e pode ser colhido pelo menos uma vez nos 12 meses após a data de semeadura/plantio. A terra de cultivo anual produz uma cobertura herbácea e às vezes é combinada com alguma árvore ou vegetação. Observe que as culturas lenhosas perenes serão classificadas como o tipo apropriado de cobertura arbórea ou arbustiva. As estufas são consideradas construídas.
Construído	coberta por prédios, estradas e outras estruturas feitas pelo homem, como ferrovias. Os edifícios incluem edifícios residenciais e industriais. A área verde urbana (parques, instalações esportivas) não está incluída nesta classe. Depósitos de lixo e locais de extração são considerados vazios.
Vegetação nua/ esparsa	Terras com solo exposto, areia ou rochas e nunca tem mais de 10% de cobertura vegetal durante qualquer época do an

Neve e gelo permanente	Esta classe inclui qualquer área geográfica coberta por neve ou geleiras persistentemente.
Corpos de água	Esta classe inclui qualquer área geográfica coberta na maior parte do ano (mais de 9 meses) por corpos d'água: lagos, reservatórios e rios. Podem ser corpos de água doce ou salgada. Em alguns casos a água pode ficar congelada durante parte do ano (menos de 9 meses).
Zona úmida herbácea	Terra dominada por vegetação herbácea natural (cobertura igual ou superior a 10%) que é permanentemente ou regularmente inundada por água doce, salobra ou salgada. Exclui sedimentos sem vegetação (ver 60), florestas pantanosas (classificadas como cobertura arbórea) e manguezais
Manguezais	Árvores taxonomicamente diversas, tolerantes ao sal e outras espécies de plantas que prosperam em zonas intertidais de costas tropicais protegidas.
Musgo e líquen	Terreno coberto por líquens e/ou musgos. Os líquens são organismos compostos formados a partir da associação simbiótica de fungos e algas. Os musgos contêm plantas terrestres fotoautotróficas sem folhas, caules e raízes verdadeiros, mas com órgãos semelhantes a folhas e caules.