

GEODIVERSIDADE E BIODIVERSIDADE NO BIOMA PAMPA

GEODIVERSITY AND BIODIVERSITY ON PAMPA BIOME

GEODIVERSIDAD Y BIODIVERSIDAD EN EL BIOMA PAMPA

Carlos Augusto Brasil Peixoto¹
Jorge Luis P. Oliveira-Costa²

RESUMO: O modelo teórico da geodiversidade quando combinado ao modelo teórico da biodiversidade constituem duas importantes ferramentas para avaliar hipóteses científicas e técnicas de estudo, na tentativa de traduzir a complexidade do espaço geográfico, onde os elementos naturais apresentam inúmeras especificidades que muitas vezes estão para além das características das suas áreas de influência. O objetivo deste trabalho é apresentar o mapa da geodiversidade e da biodiversidade do Bioma Pampa, sob a perspectiva dos modelos teóricos da geodiversidade e biodiversidade, utilizando, para o mapeamento, as fontes cartográficas disponíveis, tais como imagens de satélite e documentos cartográficos. Assim, como principais procedimentos metodológicos deste estudo, foram aplicados: levantamento cartográfico, trabalho de campo, sistematização de dados, caracterização e mapeamento. Com as revisões cartográfica e bibliográfica realizadas, foi possível determinar, numa escala generalista, a distribuição espacial em relação às principais unidades que compõem a geodiversidade e a biodiversidade do Bioma Pampa.

Palavras-chave: Geodiversidade. Biodiversidade. Mapeamento. Bioma Pampa.

ABSTRACT: The theoretical model of geodiversity, when combined with the theoretical model of biodiversity, constitute two important tools for evaluating scientific hypotheses and study techniques, in an attempt to translate the complexity of geographic space, where natural elements present numerous specificities that are often beyond of the characteristics

¹ Investigador do SGB/CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS/Porto Alegre-RS, Brasil, com período sanduíche na Universidade de Coimbra, Portugal. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8387-6301>. E-mail: carlos.peixoto@sgb.gov.br

² Investigador do CEGOT Portugal (Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território). Doutorando em Geografia Física pela Universidade de Coimbra, Portugal (Faculdade de Letras FLUC). Membro do Grupo RISCOS - Riscos, Prevenção e Segurança (Portugal), do IBS (International Biogeography Society), e do IUFRO (International Union of Forest Research Organizations). Coordenador do IWLR (International Workshop Landscape Representations). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1612-1910>. E-mail: oliveiracostajorge@gmail.com

Artigo recebido em maio de 2023 e aceito para publicação em junho de 2023.

of its areas of influence. The objective of this work is to present the map of geodiversity and biodiversity of the Pampa Biome, from the perspective of theoretical models of geodiversity and biodiversity, using available cartographic sources for mapping, such as satellite images and cartographic documents. Thus, as the main methodological procedures of this study, was applied: cartographic survey, field work, data systematization, characterization and mapping. Through the review of literature and cartography developed, it was possible to determine, on a general scale, the spatial distribution in relation to the main units that characterize the geodiversity and biodiversity of the Pampa Biome.

Keywords: Geodiversity. Biodiversity. Mapping. Pampa Biome.

RESUMEN: El modelo teórico de la geodiversidad, cuando se combina con el modelo teórico de la biodiversidad, constituyen dos herramientas importantes para evaluar hipótesis científicas y técnicas de estudio, en un intento de traducir la complejidad del espacio geográfico, donde los elementos naturales presentan numerosas especificidades que muchas veces están más allá. de las características de sus áreas de influencia. El objetivo de este trabajo es presentar el mapa de geodiversidad y biodiversidad del Bioma Pampeano, desde la perspectiva de los modelos teóricos de geodiversidad y biodiversidad, utilizando, para la cartografía, las fuentes cartográficas disponibles, tales como imágenes satelitales y documentos cartográficos. Así, como principales procedimientos metodológicos de este estudio, se aplicaron los siguientes: levantamiento cartográfico, trabajo de campo, sistematización de datos, caracterización y mapeo. Con las revisiones cartográficas y bibliográficas realizadas se logró determinar, a escala generalista, la distribución espacial en relación a las principales unidades que conforman la geodiversidad y biodiversidad del Bioma Pampeano.

Palabras clave: Geodiversidad. Biodiversidad. Cartografía. Bioma pampeano.

INTRODUÇÃO

A grave crise sanitária e ambiental global a que a humanidade está vulnerável desde o início do século XXI foi tema de um amplo debate ocorrido entre os dias 2 e 3 de junho de 2022, durante a importante reunião internacional sobre o meio ambiente “Estocolmo+50”, realizada em Estocolmo na Suécia.

O tema da Estocolmo+50 foi “*Planeta saudável para a prosperidade de todos - nossa responsabilidade, nossa oportunidade*”. Neste encontro foram abordadas pautas ambientais que demandaram um profundo estudo, com meses de consultas e discussões junto a stakeholders, líderes locais, comunidades, organizações não-governamentais, e nações de todo o mundo. Durante a reunião foi comemorado os 50 anos da realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, ocorrida entre os dias 5 e 16 de junho de 1972, também em Estocolmo, que marcou um passo inicial na luta pela conservação ambiental do planeta Terra.

Na Estocolmo+50 foram celebrados 50 anos da primeira reunião para ações ambientais globais, entretanto os resultados alcançados até o presente mostram que ainda estamos distantes de superar a grave crise ambiental pela qual o planeta tem enfrentado. Entre as razões disso, destaca-se o atual modelo econômico de desenvolvimento (sublinhado como ‘consumista’).

Com base no consenso existente em que todas as nações reconhecem a importância do multilateralismo no enfrentamento da tríplice crise planetária da Terra (clima – natureza – poluição), que tem sido agravada dada a crise sanitária mundial da pandemia do vírus COVID-19, as discussões da Estocolmo+50 buscaram avançar com a implementação da “Década de Ação das Nações Unidas”, com vistas a alcançar os 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável do planeta (ODS). Outros acordos estiveram incluídos nestas ações: a Agenda 2030, o Acordo de Paris sobre as alterações climáticas, o Quadro Global de Biodiversidade Pós-2020, e a promoção/implantação de Planos de Recuperação Verde pós-Estocolmo-19. Este referido plano está baseado no Pacto Verde Europeu, também chamado de Pacto Ecológico Europeu, que foi lançado poucos meses antes do início da pandemia COVID-19, em 11 de dezembro de 2019. Este pacto/plano é considerado um marco importante rumo a um futuro mais ‘verde’ para as próximas gerações, tendo estado baseado na premissa de uma economia com crescimento sustentável.

Nestes 50 anos em que são comemorados os primeiros debates no âmbito da conservação do planeta um conceito utilizado nestas reuniões e conferências tem se fortalecido, tendo sido registrado em muitos documentos oficiais (como na Convenção sobre a Diversidade Biológica do ano de 1993). Estes primeiros documentos trouxeram vários conceitos importantes, como “Diversidade Biológica”, termo precursor do conceito de “Biodiversidade” (proposto por Rosen em 1985). A Convenção Sobre Diversidade Biológica (CDB), também conhecida como ‘Convenção da Biodiversidade’, constitui num tratado internacional multilateral com foco na proteção e no uso da diversidade biológica, envolvendo todos os 175 países signatários do tratado. Este tratado foi elaborado pelas Nações Unidas, e disponibilizado para assinaturas em 5 de janeiro de 1992, durante a Eco-92 no Rio de Janeiro (Brasil), tendo entrado em vigor em 29 de dezembro de 1993.

Após a reunião da ECO-92, a expressão “Biodiversidade” se disseminou pelo mundo como um termo alternativo à expressão “Diversidade Biológica”, tendo surgido por meio da famosa e difundida hipótese científica desenvolvida em 1988 pelo biólogo Edward O. Wilson conhecida como “Teoria da Biogeografia de Ilhas”. Segundo Franco (2013), o termo “Biodiversidade” foi proposto com vistas a sintetizar o meio ambiente global; a natureza deste conceito está ligada a ideias como da conservação, proteção, preservação, e manutenção da vida na Terra. Ainda, a “Biodiversidade”, segundo a CDB (1993), pode ser entendida como “*a variabilidade entre os organismos vivos, de todas as origens, os ecossistemas terrestres e marinhos (e outros ecossistemas aquáticos), bem como os complexos ecológicos aos quais estes organismos e ecossistemas fazem parte*”. Ou seja, a “Biodiversidade” compreende a diversidade dentro de cada grupo de espécies, entre as espécies, e nos ecossistemas. Desse modo, verifica-se que o conceito de “Biodiversidade” busca servir como um ‘suporte’

(teórico e técnico) para a maioria dos esforços contemporâneos que visam conservar o ambiente natural. As variadas definições do conceito de biodiversidade convergem no âmbito do pressuposto de que a saúde da biosfera depende da variedade de vida presente; ou seja, a diversidade da vida na Terra é critério básico para sua saúde e perenidade.

No início da década de 1990 foi proposta uma terminologia complementar à Biodiversidade: “Geodiversidade”. Este conceito foi utilizado pela primeira vez em 1993, por meio de eventos científicos internacionais de geocientistas, com vistas a propor um conceito convergente à ‘biodiversidade’. Desde então, o conceito de Geodiversidade vêm sendo aplicado com maior ênfase por estudos de Geoconservação (SILVA, 2008; GRAY, 2021). Segundo Gray (2004; 2008; 2013), entende-se por Geodiversidade o conjunto composto pela diversidade geológica (rochas, minerais, fósseis), geomorfológica (forma de terrenos, processos), e as características dos solos, incluindo os subconjuntos, as relações, propriedades, interpretações e subsistemas. Em suma, “Geodiversidade” seria o ‘equivalente abiótico’ da “Biodiversidade”. A CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil – propôs a seguinte definição para geodiversidade: “*estudo da natureza abiótica (meio físico), que, por sua vez, é constituída por uma variedade de ambientes, de composições, de fenômenos e de processos geológicos (que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima, entre outros depósitos superficiais), propiciando o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico*” (SILVA, 2008).

Observa-se que os conceitos de Biodiversidade e Geodiversidade são convergentes, tendo em vista que tratam dos elementos bióticos e abióticos que formam o planeta Terra, o que possibilita serem abordados de forma intergada, tanto em planos de manejo e restauração, como projetos e programas ambientais que tratam da conservação, preservação ou proteção ambiental, sob variadas escalas geográficas (local, regional ou global). A biodiversidade converge com a geodiversidade: por exemplo, as rochas, quando passam por processos de intemperização, devido à dinâmica climática, há formação de solos e modelamento do relevo, onde na “nova” camada de solo formada seus nutrientes favorecerão o desenvolvimento da biota, que avançará contribuído para a geração e manutenção da vida, num processo contínuo que já dura mais de 4,6 bilhões de anos.

No presente trabalho, com base no conceito ‘biodiversidade+geodiversidade’, buscamos destacar a convergência que há entre os componentes abiótico-biótico, que devem ser avaliados conjuntamente em ações de planejamento, projetos de desenvolvimento econômico, e na conservação do meio ambiente. No trabalho, o uso deste binômio é feito a partir de um estudo de caso aplicado à área de influência do Bioma Pampa (Estepe), na América do Sul. Estudos desta natureza podem ajudar na preservação do Pampa, aliado ao desenvolvimento econômico sustentável da região, tornando este bioma mais saudável para as gerações futuras.

O MÉTODO ADOTADO

A pesquisa realizada na área de influência do Bioma Pampa foi desenvolvida com base nos encaminhamentos fundamentais das pesquisas científicas “*in loco*”, onde foram abordados

procedimentos metodológicos como a observação, inspeção de campo, acompanhamento de pessoas com conhecimento da área, e complementação de dados através de consultas a bibliografia referente ao tema e a área estudada. Na elaboração do trabalho foram previstas as seguintes etapas: *i) coleta de dados com revisão bibliográfica e cartográfica, ii) interpretação de dados bibliográficos, documentais e cartográficos, e iii) trabalhos de campo.*

Nas duas etapas iniciais, foram catalogados os mapas, cartas e toda a bibliografia referente à área de estudo (Bioma Pampa). Com base nas Folhas Sistemáticas Plani-altimétricas da DSG (Diretoria do Serviço Geográfico do Exército), foi confeccionada uma base cartográfica para a área de estudo, na escala de 1:250.000, com o objetivo de subsidiar o trabalho de campo e a identificação das principais unidades que compõem a geodiversidade e a biodiversidade do Pampa. Como suporte à identificação e mapeamento dos componentes da geodiversidade e da biodiversidade da área de estudo, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto. Os principais mapas correspondem ao mapa geológico-geomorfológico em escala de 1:250.000 da CPRM (2006), e ao mapa fitoecológico em escala de 1:250.000 do IBGE (1992). Foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto na interpretação visual de imagens de satélite disponíveis, na escala de 1:250.000, como suporte a análise detalhada da área em estudo.

O trabalho de campo foi realizado com visita a área de estudo, onde foi feito o reconhecimento geral da mesma e o levantamento de campo. Desse modo, foram realizadas etapas de campo escolhendo principalmente áreas representativas do Bioma Pampa (com certo grau de proteção ambiental), onde se procurou percorrer estas áreas a fim de levantar informações sobre as espécies vegetais encontradas e seu grau de sociabilidade, bem como os condicionantes naturais que caracterizam e estruturam a geodiversidade da região. Através da execução das técnicas de campo foi possível elaborar um levantamento preliminar da geodiversidade e biodiversidade da área do Bioma Pampa, com posterior compartimentação da área de estudo em unidades ambientais (em escala detalhada).

A área de estudo

O Bioma Pampa (categorizado na literatura científica como ‘Estepe’, conhecido popularmente no Brasil como ‘Pampa’), encontra-se distribuído pela porção sul da América do Sul, sendo também tratado pelos sistemas universais de classificação de vegetação como “Pradarias” ou “Campo de Pastagens” (em inglês, “*Grassland*”) (Figura 1) (OLIVEIRA-COSTA, 2012; 2022a; OLIVEIRA-COSTA *et al.* 2012; 2013).

No Brasil, numa adaptação aos sistemas universais de classificação, o Bioma Pampa é compartimentado, pela literatura específica (IBGE, 1992), no mesmo conjunto onde estão as formações ‘estépicas’ neotropicais, sendo o Pampa o representante mais importante no Brasil (OLIVEIRA-COSTA, 2012; 2022a; 2022b). Popularmente, e regionalmente (sobretudo no Rio Grande do Sul), o bioma em epígrafe é conhecido como ‘Pampa’ ou ‘Pampa Gaúcho’.

Em linhas gerais, a área ocupada pela formação vegetal ‘estépica’ do Sul do Brasil, ou ‘Pampa Gaúcho’, pode ser caracterizada por territórios formados por campos que ainda guardam muitas das suas características originais (clima ameno, temperatura e

luminosidade moderadas, alta diversidade da flora e fauna – comparado à outras áreas estépicas do mundo), estando situado geograficamente na porção de clima temperado do Brasil (este tipo de clima distribui-se pelos três estados da região sul e é categorizado no Brasil como ‘clima temperado subtropical’) (KOPPEN, 1936), sendo considerada uma das regiões estépicas de maior importância do mundo por ainda apresentar uma destacada diversidade natural (biótica e abiótica), onde a convergência entre a biodiversidade e a geodiversidade ao nível regional formam uma exuberante paisagem cênica (Figura 1).

As regiões estépicas do mundo (a exemplo das áreas estépicas neotropicais – categoria onde o Pampa está inserido) ocupam aproximadamente 25% da superfície terrestre, sendo estas regiões consideradas de “alta vulnerabilidade” dentro do contexto das formações vegetacionais, tanto em razão de características intrínsecas aos ecossistemas destas regiões (destacados pela pobreza em termos da disponibilidade de recursos), como também pelo avançado processo de degradação e antropização pelos quais esta região natural tem testemunhado, sendo atualmente um dos biomas brasileiros mais desprotegidos e com menos investimento no aprofundamento do estudo dos seus processos (Figura 1).



Fonte: IBGE (1992), e Veloso e Gois-Filho (1991).

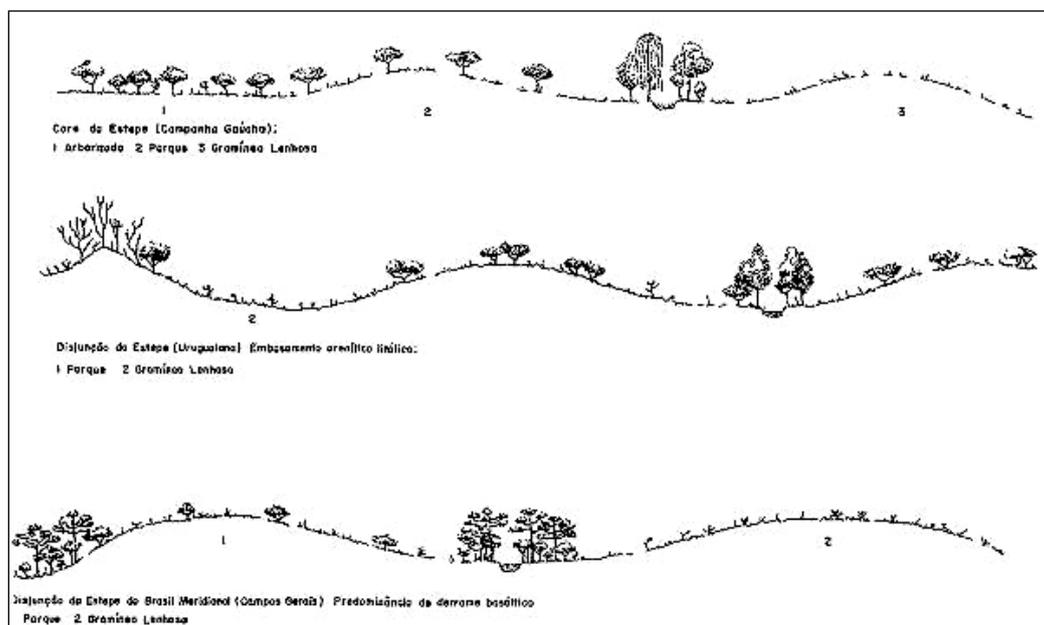
Figura 1. Mapa fitogeográfico/fitoecológico do IBGE e PROJETO RADAM – 1970 e 1992: REGIÕES FITOECOLÓGICAS – Savana (Cerrado e Campos Gerais); **Estepe (Planalto Meridional e Campanha Gaúcha)**; Savana Estépica (Caatinga e Campos de Roraima); Vegetação Lenhosa Oligotrófica dos Pântanos e Acumulações Arenosas; Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Ombrófila Mista; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Estacional Decidual; Áreas das Formações Pioneiras; Áreas de Tensão Ecológica; Refúgios Ecológicos.

A classificação (Estepe – campos gerais planálticos e campanha gaúcha)

De acordo com dados extraídos do Sistema de Henrique Veloso (IBGE, 1992), responsável pela proposta da classificação fitogeográfica do IBGE, o termo *Estepe* possui origem russa, sendo empregado originalmente na Zona Holártica e ampliado para outras áreas do globo (como a zona neotropical sul-brasileira) por apresentar homologia ecológica. Na área subtropical brasileira, onde as plantas são submetidas à dupla estacionalidade climática (uma fisiológica provocada pelo frio das frentes polares e outra seca mais curta, com déficit hídrico), é apresentada uma homologia fitofisionômica, embora diferente da zona holártica. A fisionomia das plantas na área subtropical apresenta homologia com a holártica, que é destacada com a adoção do termo ‘*prairie*’ (campos das áreas frias temperadas), termo amplo e genérico, o que justifica a escolha do termo ‘*estepe*’ na classificação do Pampa Gaúcho. A Estepe brasileira é subdividida em três subgrupos de formação, distribuídos por dois tipos de relevo: o pediplano gaúcho e o planalto meridional (Figura 2) (IBGE, 1992):

- 1º subdivisão – Estepe Arborizada: formação florestal localizada no planalto sul-rio-grandense e divisores de água dos rios Camaquã e Ibicuí, caracterizada pela dominância de solos rasos litólicos com afloramentos rochosos. A fitofisionomia é constituída de dois estratos distintos: o primeiro é constituído de micro e nanofanerófitos dispersos, perenifoliados coriáceos, ligados ou não à floresta-de-galeria, onde os principais ecótonos são de origem andino-argentina; o segundo estrato da ‘estepe arborizada’ é formado por hemicriptófitos, geófitos e outros ecótipos ‘invasores’ (em face da degradação dos solos) (Figura 2).
- 2º subdivisão – Estepe Parque: formação localizada no planalto das Araucárias, no planalto sul-rio-grandense, e no planalto da Campanha gaúcha, apresentando fitofisionomia formada por nanofanerófitos frequentes e dispersos regularmente (Figura 2).
- 3º subdivisão – Estepe Gramíneo-Lenhosa: subgrupo de formação, conhecido popularmente como ‘campos limpos’, possui a presença de floresta-de-galeria de porte baixo. O estrato herbáceo é constituído por duas sinúsias graminóides (sinúsias dos hemicriptófitos e geófitos), que possuem adaptações ao ambiente seco (Figura 2).

Para uma melhor compreensão das subdivisões das estepes brasileiras é apresentado abaixo um perfil esquemático dos seus tipos de formação (IBGE, 1992).



Fonte: IBGE (1992), e Veloso e Gois-Filho (1991).

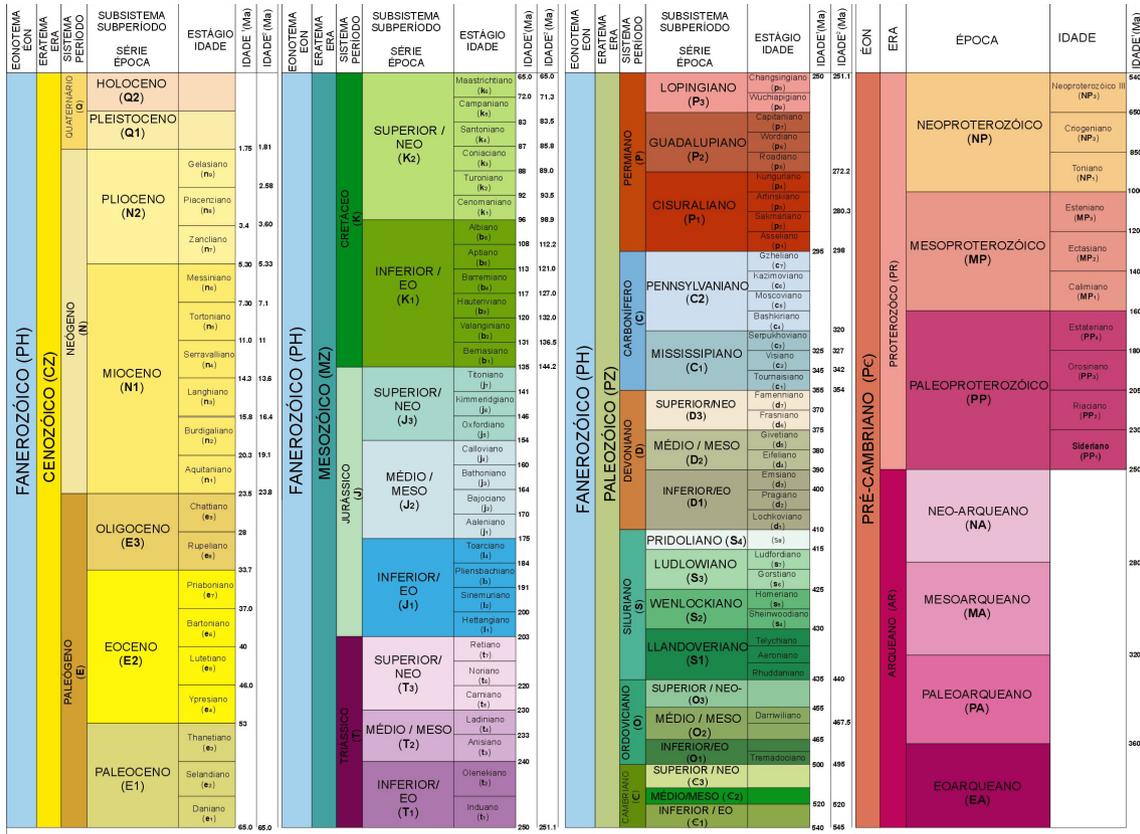
Figura 2. Perfis esquemáticos da Estepe brasileira: (I) Core da Estepe/Campanha Gaúcha (1-Arborizada; 2-Parque; 3-Gramíneo-Lenhosa); (II) Disjunção da Estepe/Uruguaiana/Embasamento arenítico litólico (1-Parque; 2-Gramíneo-Lenhosa); (III) Disjunção da Estepe do Brasil meridional/Campos Gerais/ Predominância de derrame basáltico (1-Parque; 2-Gramíneo-Lenhosa).

O MODELO TEÓRICO: GEODIVERSIDADE *VERSUS* BIODIVERSIDADE

Estruturação geológico-litológica do Mundo e do Brasil

A dimensão continental do Brasil inclina a que sejam encontrados em território nacional (ao nível de superfície e subsuperfície) importantes registros geológico-litológicos, alguns em estado de preservação e datados com mais de 3,65 bilhões de anos. Estes registros testemunham eras e períodos históricos estruturadores da evolução geológica da Terra, que teve origem há aproximadamente 4,54 bilhões de anos. Como exemplo de rocha com datação mais antiga encontrada no Brasil, é destaque o ‘Zircão’, com idade de aproximadamente 3,65 bilhões de anos, datado com o uso do método de datação radiométrica por Urânio.

As amostras da rocha em questão provem de gnaisses encontrados no município de Piritiba, na porção nordeste do Craton São Francisco, na região da Chapada Diamantina (BA). Esta antiga rocha possui idade da era Eoarqueana, sendo esta a primeira ‘era’ dentro da coluna cronoestratigráfica brasileira. Para entender esta dinâmica evolutiva, as eras geológicas foram organizadas sob tabela, chamada ‘coluna cronoestratigráfica’, que compartimenta de forma hierárquica os principais dados da história da Terra: éons, eras, períodos, épocas, idades (também estão registrados na tabela os tempos geológicos e seus nomes específicos e os importantes eventos orogenéticos e tafogenéticos que ocorreram). A Figura 3 apresenta a tabela cronoestratigráfica elaborada pela Comissão Internacional de Estratigrafia (ICS), destacando as unidades litoestratigráficas do Brasil.



Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 3. Tabela estratigráfica com os principais períodos geológicos do Brasil.

Para compreensão da estruturação dos continentes e sua evolução geológica, algumas hipóteses científicas foram formuladas neste âmbito, sendo fundamentais para entendimento da evolução dos fenômenos geológicos. Entre as primeiras hipóteses científicas que surgiram no âmbito do estudo da Terra, são destaque os modelos teóricos do paleontólogo Georges Cuvier (1769–1832) e do geólogo James Hutton (1726-1799), que protagonizaram o embate teórico mais destacado do século XIX, no âmbito dos condicionantes estruturadores dos embasamentos geológico e biológico da Terra (OLIVEIRA-COSTA, 2022a). É importante destacar que ao conjunto de propostas sistemáticas e científicas entre os séculos XIX e XX, convencionou-se tratar por Catastrofismo e Uniformitarismo, considerado como o moderno antagonismo teórico no campo das Ciências da Terra. Enquanto o Modelo do Catastrofismo prevaleceu na passagem dos séculos XVIII-XIX, defendendo a influência de eventos pretéritos no desenvolvimento das características geológicas/biológicas da Terra, o Modelo do Uniformitarismo influenciou o pensamento geológico e biogeográfico do século XX (OLIVEIRA-COSTA, 2022a).

Defendendo a tese de que os processos contemporâneos da Terra podem explicar suas transformações (tanto atuais quanto do passado), considerando, sobretudo, ação de fatores idênticos à escala temporal, o sistema do geólogo britânico Charles Lyell (1797–1875), ‘Principles of Geology’, confirmou o modelo de James Hutton, reafirmando a ação contínua dos processos da Terra, que a modificam por soerguimento/erosão, e não só por

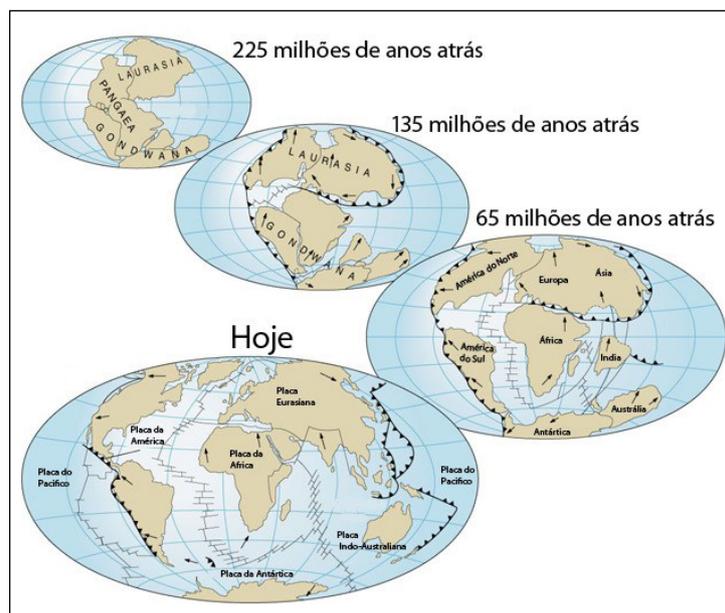
eventos catastróficos pretéritos. Charles Lyell foi importante nos estudos sobre a Idade da Terra, com investigações sobre a natureza gradual dos processos geológicos, sendo considerado ‘Pai da Geologia’, e precursor da Tectônica (OLIVEIRA-COSTA, 2022a).

Uma outra hipótese científica importante para entendimento da problemática em questão é denominada de Ciclo de Wilson (de 1965), descrita pelo geólogo e geofísico canadense John Tuzo Wilson, segundo a qual este geólogo descreve que os continentes passam (e passaram) por ciclos de colisões e afastamentos continentais, sob uma periodicidade de aproximadamente 500 milhões de anos. Entre as importantes hipóteses científicas que surgiram no âmbito das Ciências da Terra, é destaque o revolucionário sistema sobre a dinamicidade geológica da Terra proposto pelo meteorologista alemão Alfred Wegener (1880–1930), autor da ‘Teoria da Deriva Continental’ (de 1912) (OLIVEIRA-COSTA, 2022a). Opondo-se a todo o conjunto de sistemas vigentes que ainda sobreviviam na segunda metade do século XIX, Wegener formulou a hipótese científica da Deriva Continental, onde ilhas de rocha flutuariam sobre o material denso do interior da Terra, entrando em convergência a partir desse movimento (OLIVEIRA-COSTA, 2022a). O Sistema de Wegener (de 1912) possibilitou a ligação dos temas sobre os movimentos continentais e os padrões climáticos globais, e, conseqüentemente, os temas no âmbito da distribuição das comunidades biológicas. A convergência física entre os continentes a partir da deriva continental alterou a organização e o comportamento dos elementos constituintes do meio físico, sobretudo o clima, o que, por sua vez, determinou a evolução e desenvolvimento das comunidades biológicas. Assim, a deriva continental teria permitido, no que se refere à distribuição dos seres vivos, a quebra das barreiras à dispersão, conectando e desconectando biotas em evolução em diferentes regiões (OLIVEIRA-COSTA, 2022a). A Teoria da ‘Tectônicas de Placas’ de Wegener foi reformulada e aperfeiçoada, com destaque para a hipótese de 1967 elaborada por Dan McKenzie e Robert Parker, onde descrevem que os continentes se movem sobre camadas internas da Terra, devido a movimentos convectivos (sob altas temperaturas que existem na astenosfera, manto e núcleo), sendo este ‘calor’ a principal força que move as placas continentais e oceânicas.

Estas hipóteses científicas colaboraram para o estudo sobre o surgimento dos supercontinentes. O primeiro supercontinente é conhecido como ‘Kenorland’ (não há registros comprovados), tendo surgido entre 2,7 e 2,8 bilhões de anos, com fragmentação no período da glaciação Huroniana, quando as temperaturas da Terra eram significativamente baixas. O historial da compartimentação geológica que formou o território brasileiro tem início a partir da evolução dos supercontinentes e suas fragmentações (com idade arqueana). Por exemplo, o paleocontinente Colúmbia surgiu no Paleoproterozoico (2.300-1.800 Ga - bilhões de anos), onde porções continentais existentes agruparam-se formando cinturões orogênicos, de modo a completar o ciclo tectônico, onde as diversas colagens de fragmentos continentais geraram este paleocontinente (BIZZI *et al.* 2003). A fragmentação do Colúmbia separou o mundo em ‘megacontinentes’ que foram designados como Atlântica (Amazônia, Oeste-Africano, Congo, Rio de La Plata, Norte Africano) e Ártica (Laurência, Sibéria, Báltica, Norte da Austrália, Norte da China). Outras massas menores se aglutinaram posteriormente no Rodínia (ROGERS, 1996).

Ao longo do processo de formação do megacontinente Atlântica foram depositadas extensas coberturas sedimentares e vulcano-sedimentares (do tipo continental). Como exemplo disso no Brasil, são destacados os grupos geológicos Roraima e Espinhaço. Ao final da época Paleoproterozóica (1.800-1.600 Ga), estima-se que tenha ocorrido a fragmentação do megacontinente Atlântica (SILVA *et al.* 2008). Com a sequência destes processos de fragmentação e orogenias, na era Mesoproterozóica (1.600-1.000 Ga) estima-se que surgiu o supercontinente Rodínia. Esta era geológica da formação do Rodínia é destacada pelo aspecto ‘congelado’ da Terra (hipótese conhecida como “Snow Ball”), tendo ocorrido há aproximadamente 760-580 M.a. (milhões de anos). Entre 900-700 M.a ocorreu uma nova fragmentação originando o Gondwana Leste, Laurentia e Gondwana Oeste (este último contemplou parte significativa do território brasileiro) (SILVA *et al.* 2008).

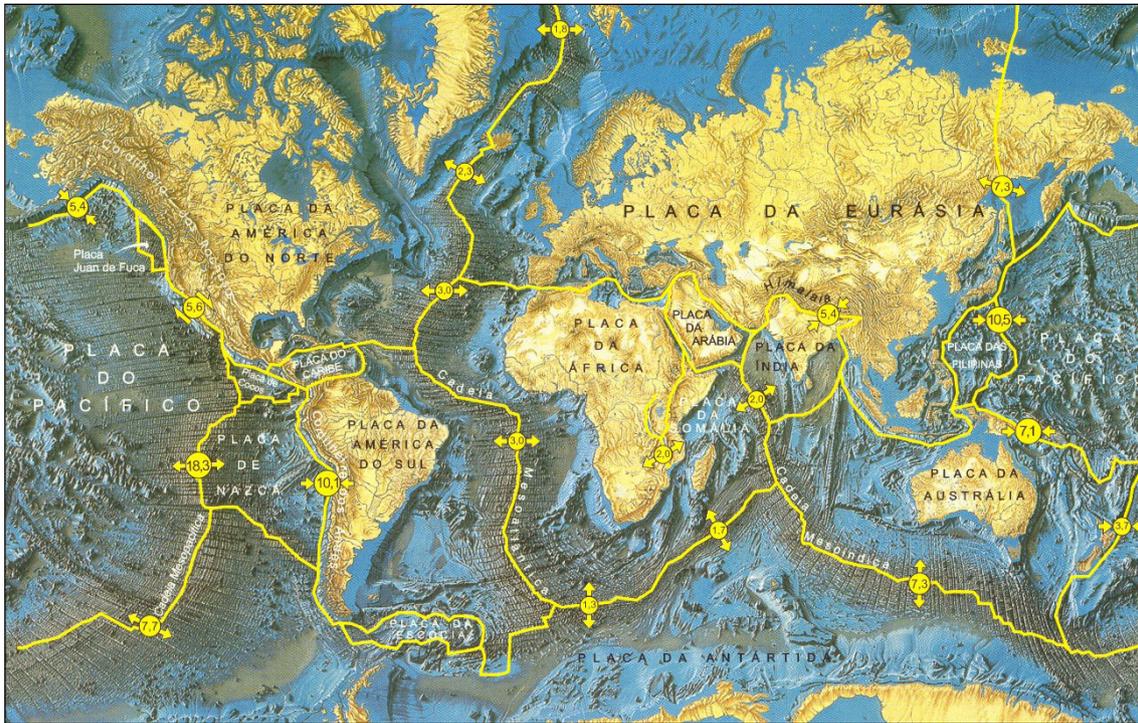
No Neoproterozóico (1.000-545 M.a.), a movimentação e a junção dos blocos Gondwana Leste e Oeste originaram o megacontinente Gondwana, num evento que ocorreu entre 750-490 M.a. Após a formação do Gondwana, os processos de junção de massas continentais continuaram, o que culminou com o surgimento do supercontinente Pangeia (final do Paleozoico - 250 M.a.), circundado pelo megaoceano Pantalassa. A partir de processos geodinâmicos na era mesozoica, mais precisamente entre os períodos Jurássico e Cretáceo (203 – 65 M.a.), a Pangeia continuou a passar por fragmentações que resultaram na separação e formação dos continentes Africano e Americano, com abertura do oceano Atlântico.



Fonte: Google sites.

Figura 4. Figura mostrando uma síntese da evolução da Terra.

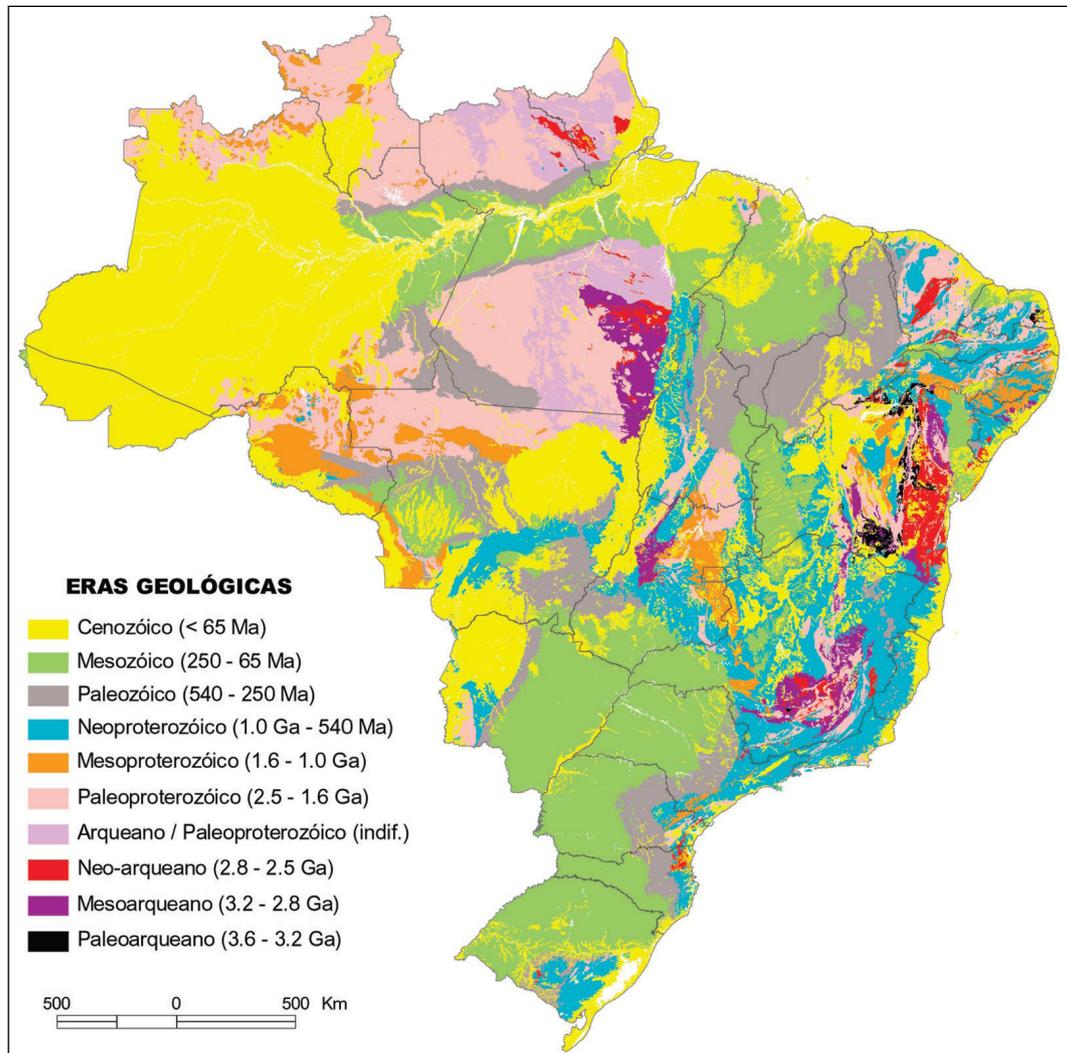
O processo de separação dos continentes atualmente segue num padrão mais lento (estima-se 3,5 centímetros por ano). Este processo, conhecido como ‘deriva continental’, vem ocorrendo ao longo da era Cenozóica (há 65 M.a.), tendo como consequências a abertura dos oceanos e a posição atual dos sete continentes.



Fonte: Google sites.

Figura 5. Visão geral da constituição dos continentes e sua organização moderna.

Atualmente é vigente o período Quaternário, da era denominada ‘Holoceno’, destacado pelo fato de processos geodinâmicos mais intensos apresentarem um ritmo quase estabilizado (ao nível global, ainda ocorrem processos geodinâmicos intensos, que geram eventos como abalos sísmicos, terremotos e vulcanismos, estando concentrados sobretudo nas bordas das placas tectônicas convergentes, como é o caso da área conhecida como ‘Círculo de Fogo do Pacífico’). A Figura 6 mostra o mapa do Brasil e as eras geológicas, apresentando os principais processos geológicos pela qual é constituído o país. Por exemplo, é destaque uma área com mancha negra de dimensões reduzidas localizada aproximadamente na porção sul da Bahia, constituída por rochas muito antigas do Paleoarqueano (3.6-3.2 Ga).



Fonte: Google sites.

Figura 6. Mapa da organização espacial das rochas/eras geológicas no Brasil.

Estruturação fitoecológica e eco-geográfica do Mundo e do Brasil

Para a Ciência Biogeográfica (MCDONALD, 2003), Vida e Terra desenvolvem-se em conjunto. A descoberta das orogenias e a Deriva Continental (em 1912 por Alfred Wegener) destacou as alterações na organização original dos condicionantes estruturadores da Ecosfera, desde o substrato geológico e as formas do relevo, a flora e os compartimentos de vegetação, litologia e as condições dos solos, até o clima e as dinâmicas climáticas (LOMOLINO *et al.* 2010). Ao longo da história, estes condicionantes e suas mudanças foram objeto da Biogeografia, com vistas, sobretudo, a sua aplicação no estudo da evolução das comunidades biológicas.

A Biogeografia, pós consolidação como disciplina científica, é concebida como o estudo da distribuição e das interações, e a complexidade na organização, nos processos, e no comportamento dos organismos vivos, às grandezas espacio-temporais (TROPMAIR, 2006).

O seu escopo e desenvolvimento possui posição de interface, com diversos desdobramentos (Biogeografia Florística, Biogeografia Faunística, Biogeografia Sociológica, Biogeografia Histórica, Biogeografia Fisionômica, Biogeografia Econômica, Biogeografia Regional, Biogeografia Médica, Biogeografia Insular, Biogeografia Ecológica, Biogeografia Antrópica/Social), ligados às divisões gerais denominadas de Fitogeografia e Zoogeografia.

A Fitogeografia ou Geobotânica é o ramo da Biogeografia que objetiva o estudo dos agrupamentos vegetais e, conseqüentemente, da complexidade biológica gerada a partir das relações dos elementos florísticos com o meio ambiente (OLIVEIRA-COSTA, 2022a; 2022b). Através de estudos fitogeográficos é possível compreender a relação das condicionantes do meio físico (geologia, geomorfologia, solos, clima) na organização, distribuição e dinâmica das plantas, fazendo entender porque diferentes áreas apresentam fisionomias e composições florísticas variadas (WALTER, 1986). Consta na literatura que os primeiros estudos fitogeográficos surgiram no início do século XIX, com a publicação da obra ‘Essai sur la Geographie des plantes’ de 1805 (Ensaio sobre a Geografia das Plantas), de autoria dos alemães Alexander Von Humboldt e Aimé Bonpland (OLIVEIRA-COSTA, 2012).

Desse modo, a Fitogeografia (também conhecida como Geografia Vegetal), tem como principal atribuição determinar a organização espacial; entretanto, antes de ocupar-se com o fator espaço (distribuição), necessita estabelecer com rigor o fator tempo (formas de vida) (TIVY, 1971). Por isso, a Fitogeografia agrupa um conjunto de disciplinas botânicas (Fitopaleontologia, Fitoecologia, Fitocorologia, Fitossociologia), voltadas para o estudo da dinâmica das espécies e os processos decorrentes das relações com o meio. Entre as definições clássicas, a Fitogeografia é entendida por Troppmair (2006) como o ramo da Biogeografia que estuda os seres vivos com enfoque nos vegetais. Watts (1971) compartilha dessa definição, afirmando que a Fitogeografia ou Geografia Vegetal é o estudo da distribuição das plantas. Rizzini (1979) acrescenta que antes de ocupar-se com sua principal atribuição de determinar a distribuição dos tipos de vegetação, a Fitogeografia tem um problema complexo que é estabelecer rigorosamente esses tipos. A partir de um ponto de vista botânico, Rizzini (1979) afirma que a Fitogeografia constitui num conjunto de disciplinas botânicas a qual toma como ponto de partida um conhecimento aprofundado de taxonomia. Para McDonald (2003) a Fitogeografia ou Geobotânica é o estudo da integração dos componentes florísticos com a participação do ambiente onde são analisadas as associações vegetacionais na dependência dos elementos e fatores do meio destacando seu comportamento ecológico, distribuição geográfica e a história paleontológica.

Em linhas gerais, o estudo da vegetação compreende três aspectos principais: fisionomia, estrutura e composição (RIZZINI, 1979). Entende-se por ‘fisionomia’ a aparência que a vegetação exibe resultado das formas de vida dominantes. A ‘estrutura’ se trata da estratificação a partir da ordenação das formas de vida existentes, característica típica das formações florestais onde prevalece a vida aérea (numa investigação sobre a estrutura e a fisionomia, fazem-se necessárias observações sobre a densidade, a caducifoliedade foliar, a presença de formas vegetais típicas e a estratificação). Quanto à composição, esta apresenta os gêneros e as espécies vegetais dominantes, indicando a florística envolvida numa vegetação.

A partir da investigação no âmbito da fisionomia, estrutura e composição florística de um compartimento vegetacional, torna-se possível a elaboração de Sistemas de Classificação Biogeográfica (SCB), com o objetivo de tornar as variadas paisagens vegetais passíveis de reconhecimento e organização (OLIVEIRA-COSTA, 2022a). Os primeiros sistemas baseavam-se na fisionomia, florística e informações sobre o local de ocorrência das plantas, tendo surgido dada a dificuldade em determinar tipos vegetacionais em conjunto (vegetação de transição), onde apenas os aspectos destacados não foram suficientes para delimitá-los. Por isso, foram estabelecidas normas de orientação levando em consideração fatores determinantes que variam de acordo com o enfoque dos sistemas. Entre os principais fatores estão o florístico, fisionômico, físico-climatológico, ecológico, fitossociológico e genético.

Segundo Veloso e Goes-Filho (1991), o naturalista alemão Alexander von Humboldt (1769-1859) foi o pioneiro nos estudos da Fitogeografia Científica no início do século XIX. O geógrafo Schimper foi o primeiro a universalizar a Fitogeografia através de seu sistema publicado em 1903. É de autoria dos botânicos Engler e Diels a primeira divisão do mundo em Regiões Biogeográficas proposta em 1879 (RIZZINI, 1979). Assim, entre os principais sistemas universais destaque para: **(1) Humboldt/1849; (2) Engler e Diels/1879; (3) Drude/1886; (4) Schimper/1903; (5) Raunkiaer/1905; (6) Dansereau/1949; (7) Aubréville/1956; (8) Elleberg e Mueller-Dombois/1965/66 e (9) UNESCO/1973** (OLIVEIRA-COSTA, 2022a).

(1) SISTEMA DE HUMBOLDT/1849: Alexander von Humboldt (1769-1859), decisivo na consolidação da Ciência Geográfica no século XX, propôs um sistema fitogeográfico a partir da convergência das correntes científicas da Botânica e da Geognosia com o Idealismo e Romantismo alemão, aliando o método comparativo à perspectiva histórica (OLIVEIRA-COSTA, 2022a). O Sistema de Humboldt (1849), '*Essai Sur La Geographie Des Plants*', foi o primeiro da Fitogeografia Científica (entretanto cabe aos sistemas de Engler e Diels, de 1879, e de Drude, de 1886, o pioneirismo na tentativa de universalizar a Fitogeografia através de propostas de classificação biogeográfica do mundo publicadas no final do século XIX). Sobre os fatores determinantes para estruturação do sistema de Humboldt, é destacado que enquanto desconsidera os grupos taxonômicos, o sistema está estruturado em fatores como o endemismo das espécies, a fisionomia dos agrupamentos conjunturais, e, sobretudo, o comportamento de determinadas latitudes e suas condicionantes físicas (clima, solos, relevo) como coincidentes dos grandes centros limítrofes de dispersão. O Sistema de Humboldt (1849) determina 19 formas de vida ou categorias biológicas principais: *forma de Palmeiras, forma de Bananeiras, forma de Malváceas, forma de Mimosas, forma de Hervas Ericoides, forma de Cactos, forma de Orquídeas, forma de Casuarinas, forma de Coníferas, forma de Aráceas, forma de Lianas, forma de Azave, forma de Gramíneas, forma de Pteridófitas, forma de Liliáceas, forma de Salgueiro, forma de Mirtáceas, forma de Melastomatáceas, forma de Lauráceas* (esta classificação das 'formas de vida' dos vegetais foi aperfeiçoada por Raunkiaer em 1905, e hoje as formas integram a unidade básica do sistema taxonômico universal, denominada 'tessela' ou 'unidade tesselar').

(2) SISTEMA DE ENGLER E DIELS/1879: a classificação de Engler e Diels de 1879 se trata da primeira proposta a dividir as paisagens vegetais do mundo em quatro grandes compartimentos, segundo a seguinte hierarquia: **(1) REINOS – (2) REGIÕES – (3) PROVÍNCIAS – (4) ZONAS**. Assim, o mundo foi compartimentado em cinco reinos biogeográficos: **I. Reino Holártico** (*ocupa áreas desde os 30° de latitude norte até os polos, contemplando bosques de coníferas, bosques caducifólios de fagáceas, betuliáceas e salicáceas, desertos temperados frios e prados gramíneos*); **II. Reino Paleotropical** (*áreas tropicais e subtropicais da Ásia e África, contemplando selvas tropicais e monzônicas, bosques xerófilos espinhosos, savanas e desertos*); **III. Reino Neotropical** (*ocupa os trópicos das Américas desde o extremo sul da América do Norte até o Estreito de Magalhães - excluindo os bosques patagônicos*); **IV. Reino Austral ou Antártico** (*alcança o extremo sudoeste da América do Sul, Nova Zelândia, ilhas subantárticas, e Antártida*); **V. Reino Oceânico**. Tratando do Reino Neotropical, que contempla o território brasileiro, Engler e Diels subdividiram-no em: *A) Região Xerofítica Central-Americana; B) Região Andina; C) Região das Ilhas Galápagos; D) Região Ruan Fernandez; E) Região da América Tropical*. A Região da América Tropical (categoria E), de Engler e Diels, é compartimentada em: *1) Província da Central-América Tropical e Sul Tropical da Califórnia; 2) Província das Antilhas; 3) Província Sub-Equatorial; 4) Província das Sabanas Cis-Equatoriais; 5) Província do Rio Amazonas ou Hiléia Americana; 6) Província Sul Brasileira*. A Província Sul Brasileira (categoria 6), por sua vez, é subdividida em: *(i) Zona das Florestas Costeiras; (ii) Zona das Caatingas; (iii) Zona dos Campos; (iv) Zona da Araucária; e (v) Zona da Trindade do Sul* (esta classificação dos ‘reinos biogeográficos’ do mundo, foi aperfeiçoada pelo russo Drude em 1886, e hoje estas classes integram as grandes unidades, ou unidades generalistas, do sistema taxonômico universal, tendo como fator determinante para a classificação o endemismo das espécies) (OLIVEIRA-COSTA, 2022a).

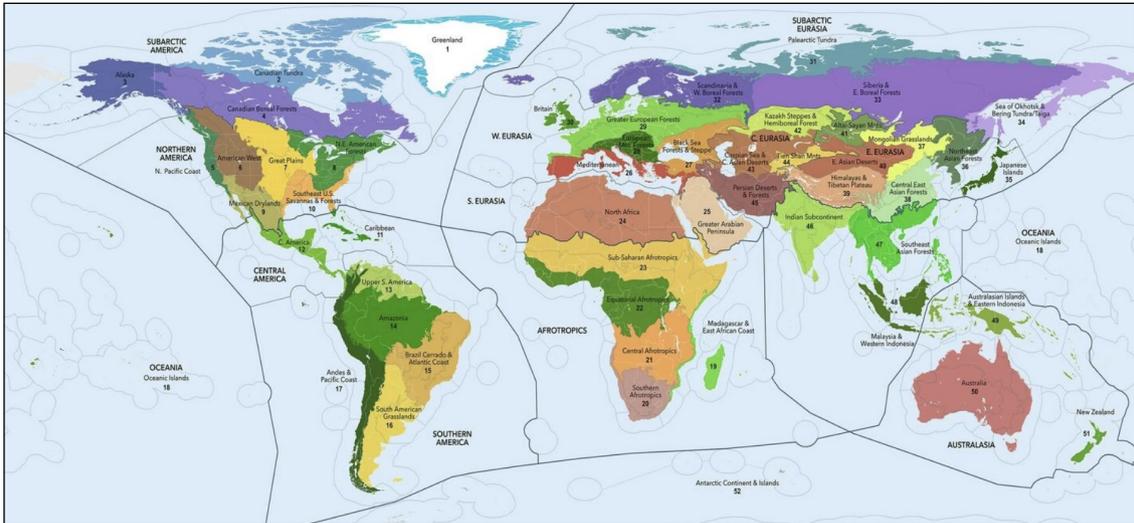
(3) SISTEMA DE DRUDE/1886: o russo Drude promoveu um avanço no âmbito da classificação das paisagens vegetais, propondo, num aperfeiçoamento do sistema de classificação de Engler e Diels, a divisão das formações vegetais em quatro categorias: **(1) ZONA – (2) REGIÃO – (3) DOMÍNIO – (4) SETOR** (tendo por base para esta classificação, sobretudo, a relação entre os endemismos das plantas e as regiões climáticas). Assim, o sistema fitogeográfico de Drude possui influência de elementos da Geografia, conjugados à divisão climática do mundo e a Botânica, resultando numa classificação voltada para o estudo dos Reinos Florísticos. Este conceito de ‘Reino’ (ou ‘Império’) surgiu ao analisar a distribuição dos vegetais (atual e cronológica), verificando que determinadas regiões do globo se comportam como centros de dispersão, a partir do qual as espécies distribuem-se sobre determinados limites, coincidentes com as regiões climáticas. O Sistema de Drude tem início com a delimitação do **(1) Império Florístico** (conjunto da flora do mundo), e segue com a delimitação da **(2) Zona** (caracterizada pela presença de famílias endêmicas), **(3) Região** (caracterizada pela presença de gêneros endêmicos), **(4) Domínio** (destacado por espécies endêmicas), **(5) Setor** (área com variedade de domínios).

Assim, originalmente, o mundo é dividido em sete Impérios, Reinos ou Zonas Biogeográficas (*Holártico, Paleotropical, Neotropical, Antártico, Oceânico, Capense, Australiano*), que se subdividem em Regiões/Formações (*florestais, arbustivas, herbáceas, campestres, desérticas, complexas/intermediárias*), fragmentadas em Domínio, Província, Setor e Distrito (*extratropicais – polar, temperado, mediterrâneo; intertropicais – tropical, equatorial, savânico; áridos – desértico, semisecco, estépico*), detentores de Tesselas e Categorias Biológicas Principais (esta clássica proposta de sistematização das ‘zonas biogeográficas’ do mundo é o mais difundido e aplicado sistema universal de classificação fitogeográfica, tendo sido aperfeiçoado por sistemas modernos de classificação fitogeográfica, como o sistema de autoria de Eric Dinerstein e colaboradores que propuseram em 2017 a divisão do mundo em ECORREGIÕES – compartimentando o globo em 14 reinos biogeográficos subdivididos em 844 ecorregiões globais; e o sistema de autoria da organização não-governamental WWF/One Earth que propôs em 2020 a divisão do mundo em BIORREGIÕES – mantendo a divisão dos 14 reinos biogeográficos do mundo, subdividindo em 185 biorregiões globais) (Figuras 7, 8, 9) (DINERSTEIN *et al.* 2017).



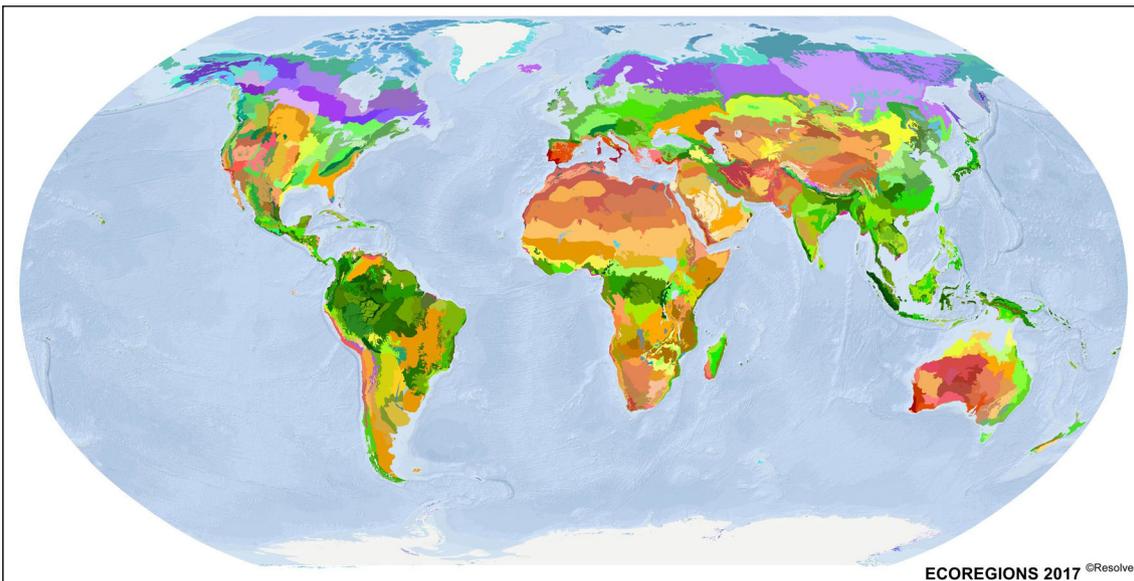
Fonte: WWF/One Earth (<https://www.oneearth.org/bioregions-2020/>).

Figura 7. Mapa da organização espacial dos atuais 14 reinos biogeográficos.



Fonte: WWF/One Earth (<https://www.oneearth.org/bioregions-2020/>).

Figura 8. Mapa da organização espacial dos atuais 52 sub-reinos biogeográficos.



Fonte: Dinerstein *et al.* (2017) (<https://ecoregions.appspot.com/>).

Figura 9. Mapa da organização espacial das atuais 844 ecorregiões globais.

A aceitação desses sistemas de classificação e novas descobertas no século XVIII permitiu avanço no estudo dos sistemas biogeográficos, com estabelecimento das bases da Fitogeografia, sua consolidação como subdivisão central da Biogeografia, e a confirmação de que a vegetação é resultado da interação entre fatores físico-ambientais (sobretudo clima). Sucederam nos séculos XIX/XX diversos Sistemas Biogeográficos Universais ao nível do 2º táxon (Físico-Climatológico), voltados, para além das questões ligadas ao 1º táxon (Florístico-Fisionômico), também para a determinação das áreas de distribuição dos agrupamentos quanto a sua própria estrutura e quanto à natureza em que são constituídas as plantas. A partir destes fatores, surgiu uma vasta sistemática, composta de raízes gregas.

(4) SISTEMA DE SCHIMPER/1903: A compartimentação biogeográfica do mundo de Schimper (de 1903) corresponde ao primeiro sistema biogeográfico universal com adoção do fator físico-climatológico. Entre suas características, destaque para o modo como o autor estrutura a proposta combinando o fator ecológico e a distribuição da vegetação (OLIVEIRA-COSTA, 2022a). O Sistema de Schimper (de 1903) divide o globo em três grandes grupos fisionômico-climáticos:

1. Formações Florestais: a. Floresta Pluvial; b. Floresta das Monções; c. Floresta Espinhosa; d. Floresta de Savana;
2. Formações Campestres;
3. Formações Desérticas.

(5) SISTEMA DE RAUNKIAËR/1905: O sistema proposto pelo taxonomista dinamarquês Raunkiaër (em 1905), ‘Formas Biológicas’, classifica os vegetais conforme suas formas de vida, as quais constituem na representação dos vegetais com respeito à conjuntura biológica, com características fáceis de observação (representando a maneira natural de perceber o organismo vegetal em sua aparência), evidenciando as bases estruturais das adaptações ao ambiente e suas peculiaridades funcionais. O desenvolvimento vegetativo, a posição das gemas, o valor taxonômico e o comportamento fenológico foram os fatores determinantes para a classificação (OLIVEIRA-COSTA, 2022a). O Sistema de Raunkiaër (de 1905) está estruturalmente determinado pela hipótese científica do desempenho das plantas segundo os tipos de clima, em que os traços biológicos, sobretudo posição e proteção dos órgãos de crescimento, diferem os vegetais segundo os períodos climáticos, com disposição diferente das gemas vegetativas no período de suspensão da atividade biológica durante o inverno (OLIVEIRA-COSTA, 2022a). Desse modo, é um sistema conveniente aos países de regiões temperadas, pois baseia-se no fato de que os climas mais frios exibem períodos alternativos ao crescimento vegetal (períodos favoráveis e desfavoráveis). Assim, o mundo foi dividido em quatro regiões climático-fitogeográficas conforme o ‘Espectro Biológico Normal’, indicador das proporções das formas de vida existentes segundo as regiões climático-fitogeográficas do mundo (a partir das percentagens de participação das gemas de brotação em cada forma de vida com relação ao número total de espécies): **1. Clima de Fanerófitas, 2. Clima de Terófitas, 3. Clima de Hemicriptófitas, 4. Clima de Caméfitas** (OLIVEIRA-COSTA, 2022a). Para levar a cabo a sua proposta de espectros biológicos globais, o taxonomista coletou amostras em diferentes regiões do mundo registrando nelas as percentagens de cada grupo do espectro biológico (Tabela 1), estabelecendo dez classes gerais das formas biológicas de vida dos vegetais (Figura 10) (OLIVEIRA-COSTA, 2022a):

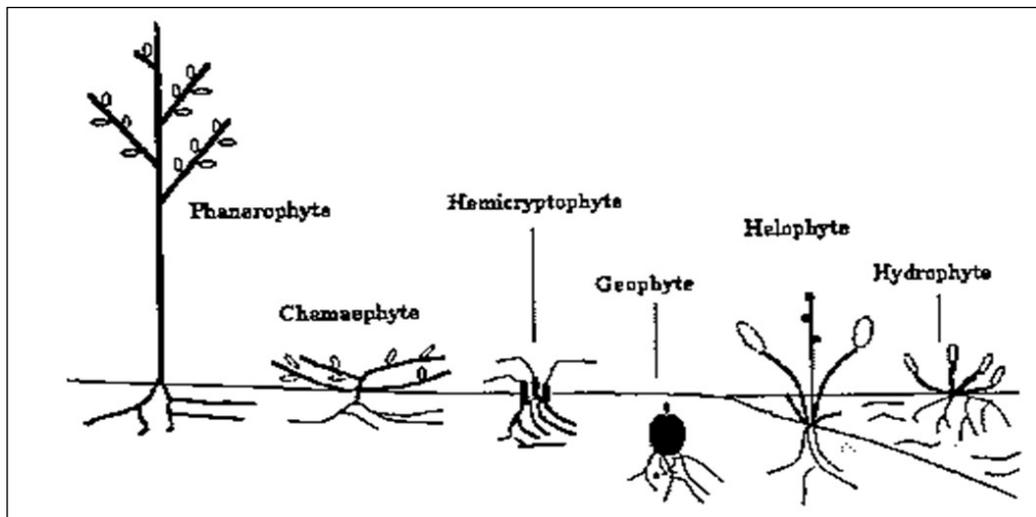
1. Phytoplankton: vegetais microscópicos flutuantes;
2. Phytoedaphon: microrganismos vegetais no solo;
3. Endophyta: vegetais que vivem no interior do substrato;
4. Terophyta: plantas que desenvolvem todo seu ciclo biológico no mesmo ano produzindo sementes;
5. Hydrophyta: plantas aquáticas com órgãos perenes submersos;
6. Geophyta: plantas com órgãos perenes sob o solo;

7. Hemicryptophyta: plantas com órgãos perenes ao nível do solo com gemas protegidas por escamas, bainhas foliares e outros;
8. Chamaephyta: plantas com gemas sobre o terreno ou pouco acima do nível do solo protegidas por escamas, bainhas foliares ou pela própria posição da planta;
9. Phanerophyta: arbustos ou árvores com as gemas a mais de 25 cm ao nível do solo;
10. Epiphyta: plantas sobre outras plantas e raízes no ar.

Tabela 1. Tabela dos espectros biológicos propostos por Raunkiaer, mostrando a distribuição das formas biológicas vegetais segundo os diferentes tipos climáticos.

Climas	F	CH	H	G	TH
Tropical úmido	61	6	12	5	16
Tropical seco	9	14	19	8	16
Temperado	15	2	49	22	12
Ártico	1	22	61	15	1
Espectro normal	46	9	26	6	13

Fonte: Oliveira-Costa (2012; 2022a; 2022b).



Fonte: Google sites.

Figura 10. Visão geral das principais formas biológicas do sistema de Raunkiaer.

(6) SISTEMA DE DANSEREAU/1949: a classificação do canadense Pierre Dansereau de 1949 divide o mundo segundo quatro categorias gerais: **I. Formações com Clima de Floresta** (a. Floresta Pluvial Tropical; b. Floresta Esclerofila Úmida; c. Floresta Esclerofila Mediterrânea; d. Floresta Decídua Temperada; e. Floresta de Coníferas), **II. Formações com Clima de Herbáceas ou Grassland** (f. Pradaria; g. Prados Alpinos e de Planalto; h. Estepe); **III. Formações com Clima de Savana** (i. Caatinga; j. Cerrado; l. Parque); **IV Formações com Clima de Deserto.**

(7) SISTEMA DE AUBRÉVILLE/1956 (SISTEMA DE YAGAMBI): num aperfeiçoamento/avanço do Sistema de Pierre Dansereau (de 1949), a classificação de Yagambi, de 1956, de natureza fisionômica, também conhecida como Sistema de Aubréville, teve como um dos seus principais autores o botânico Aubréville que a adaptou as condições do continente americano. Esse sistema foi proposto após reunião no Congo (África) com vistas a uniformizar a nomenclatura dos tipos tropicais (OLIVEIRA-COSTA, 2022a). As principais classes e subclasses de vegetação propostas no sistema de Aubréville de 1956 são:

1. Formações Florestais Fechadas:

a. Formações Florestais Climáticas:

- i. Florestas de Baixas e Médias Altitudes: a. floresta úmida (floresta úmida sempreverde, floresta úmida semidecídua), b. floresta seca (sempreverde, semidecídua, decídua), c. thicket;
- ii. Florestas de Grande Altitude: d. floresta montana úmida, e. floresta montana seca, f. floresta de bambu;

b. Formações Florestais Edáficas:

- iii. Mangrove, Manguezal ou Mangue;
- iv. Floresta Paludosa;
- v. Floresta Periodicamente Inundada;
- vi. Floresta Ripária;

2. Formações Florestais Mistas e Formações Campestres:

c. Floresta Aberta:

vii. Savana:

1. Savana Florestada;
2. Savana Arborizada;
3. Savana Arbustiva;
4. Savana de Gramíneas;

viii. Estepe:

1. Estepe Arborizada e Arbustiva;
2. Estepe Subarbustiva;
3. Estepe de Suculentas;
4. Estepe Herbácea ou de Gramíneas;

ix. Pradarias:

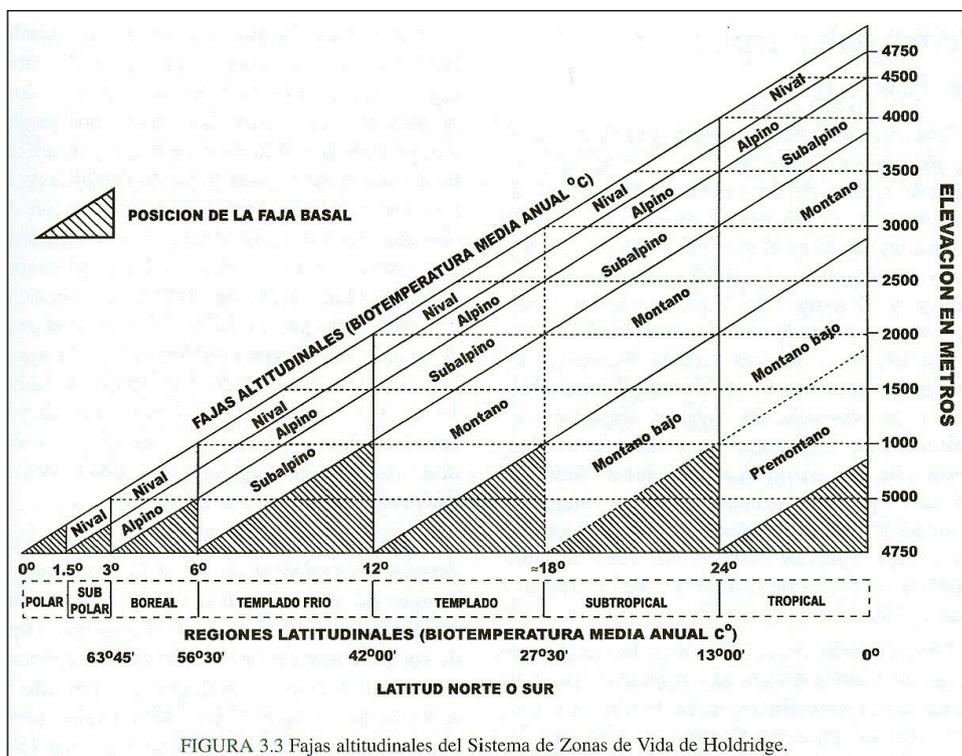
1. Pradaria Aquática;
2. Pradaria Paludosa;
3. Pradaria Altimontana.

(8) SISTEMA DE ELLEMBERG E MUELLER DOMBOIS/1965-1966: nos anos de 1965/1966 ElleMBERg e Mueller Dombois publicaram um sistema de classificação fitogeográfica considerando aspectos fisionômico-ecológicos. O sistema apresenta uma hierarquia onde primeiramente é delimitada a (i) *Região Ecológica Florística* (tipo de vegetação), seguida pela (ii) *Classe de Formação* (estrutura fisionômica determinada pelas formas de vida dominantes), pela (iii) *Subclasse de Formação* (caracterizada

pelos parâmetros climáticos), pelo (iv) *Grupo de Formação* (determinado pelo tipo de transpiração estomática foliar e pela fertilidade dos solos), pelo (v) *Subgrupo de Formação* (indica o comportamento das plantas segundo seus hábitos), finalizando com a (vi) *Formação Propriamente Dita* (determinada pelo ambiente), e (vii) *Subformação* (fácies da Formação Propriamente Dita).

Este sistema hierárquico universal proposto por Ellemberg e Mueller-Dombois serviu de base para o seguinte sistema de classificação elaborado pelos autores: **1. Floresta densa:** I. Sempre verde: A) *Ombrofíla* (das terras baixas, submontana, montana, aluvial, pantanosa); B) *Estacional* (das terras baixas, submontana); C) *Semidecidual* (das terras baixas, submontana, montana); D) *Manguezal*. II. Mista: A) *Ombrofíla* (montana). III. Decidual: A) *Seca* (das terras baixas, submontana). IV. Xeromorfa: A) *Esclerofíla*; B) *Espinhosa*; C) *Suculenta*. **2. Floresta aberta:** I. Sempre verde: A) *Latifoliada*; B) *Mista*. II. Decidual: A) *Submontana*; B) *Montana*. III. Xeromorfa: A) *Esclerofíla*; B) *Espinhosa*; C) *Suculenta*. **3. Vegetação arbórea anã:** I. Sempre verde: A) *De bambu*; B) *Aberta*; C) *Esclerofíla*. II. Decidual. III. Xeromorfa: A) *Sempre verde* (com *suculentas*, sem *suculentas*). **4. Vegetação arbustiva anã:** I. Sempre verde; II. Decidual; III. Xeromorfa; IV. Turfeira. **5. Vegetação herbácea:** I. Graminosa alta (com árvores, com palmeiras, com árvores anãs); II. Graminosa baixa (com árvores, com palmeiras, com árvores anãs); III. Graminosa sem plantas lenhosas. IV. Não graminóide (OLIVEIRA-COSTA, 2022a).

(9) SISTEMA DA UNESCO/1973: a classificação fitogeográfica da UNESCO de 1973 é um dos sistemas mais modernos de classificação da vegetação do mundo. Trata-se de um sistema significativamente detalhado, com 225 tipos de formações vegetacionais, destacado por evitar o uso de designações tradicionais e terminologias regionais, adotando nomenclaturas universais (marcadamente longas). Como suas principais classes e subclasses são destaque: **I. Floresta Densa:** A) *Floresta Perenifólia*; B) *Floresta Decídua*; C) *Florestas Xeromórficas*. **II. Floresta Clara (aberta):** D) *Floresta Clara Perenifólia*; E) *Floresta Clara Decídua*; F) *Floresta Clara Xeromórfica*. **III. Thicket:** G) *Thicket Perenifólio*; H) *Thicket Decíduo*; I) *Thicket Aberto Xeromórfico*; J) *Thicket Anão*. **IV. Vegetação Herbácea:** L) *Vegetação Graminóide Alta*; M) *Vegetação Graminóide de Altura Média*; N) *Vegetação Graminóide Baixa*; O) *Vegetação de Fórbias*; P) *Vegetação Hidromórfica de Água Doce* (OLIVEIRA-COSTA, 2022a) (estes sistemas de classificação fitogeográfica permitiram aos estudos biogeográficos uma evolução, entendida a partir da necessidade da padronização, classificação e sistematização em detalhe dos grandes sistemas terrestres de regiões biogeográficas. Nestes princípios, e à luz destes clássicos sistemas, desenvolveram-se novos modelos fitogeográficos adotando como fator determinante os graus de ocupação e sociabilidade das comunidades. A listagem de espécies cedeu lugar ao estudo dos grupos – associações – usados na caracterização da vegetação. Com a rápida evolução das técnicas, a Ecologia e a Bioclimatologia auxiliaram a Fitogeografia no sentido da conjugação entre aspectos da divisão climática com a fisionomia dos agrupamentos, além de aspectos filogenéticos. Entres estes novos sistemas é destaque a proposta de autoria de Leslie Holdridge de 1967 denominada de PIRÂMIDE DE VEGETAÇÃO ou PIRÂMIDE DE HOLDRIDGE – um sistema bioclimático) (Figura 11).



Fonte: Holdridge (1987).

Figura 11. Visão geral do diagrama das Zonas de Vida da Terra de Holdridge.

Estes sistemas universais de classificação fitogeográfica (clássicos e modernos) foram disseminados pelo mundo sendo adaptados às condições regionais. Desse modo, buscando agregar a divisão natural das floras regionais a um padrão internacional, eclodiram Sistemas Regionais de Classificação Fitogeográfica, com adesão de conceituações e tipologias da nomenclatura universal. No Brasil, segundo os trabalhos de Oliveira-Costa (2012, 2022a) e Oliveira-Costa *et al.* (2012, 2013, 2022b), estes sistemas universais subsidiaram na elaboração de classificações regionais, tendo sido propostos 19 sistemas fitogeográficos nacionais em aproximadamente 200 anos de estudos sistemáticos/biogeográficos no Brasil (Von Martius/1824; Joaquim Caminhoá/1877; Barbosa Rodrigues/1903; Gonzaga de Campos/1926; Alberto Sampaio/1940; Lindalvo Bezerra dos Santos/1943; Aroldo de Azevedo/1950; Edgar Kuhlmann/1960; Alceu Magnanini/1961; Carlos Toledo Rizzini/1963; Carlos Toledo Rizzini/1979; Dárdano de Andrade-Lima e Henrique Pimenta Veloso/1966; Projeto RADAM/1970; Dora de Amarante Romariz/1972; Dárdano de Andrade-Lima/1975; George Eiten/1983; Henrique Pimenta Veloso/1992; Afrânio Fernandes e Prisco Bezerra/2006; Afrânio Fernandes/2007).

O mais disseminado sistema fitogeográfico do Brasil é o Mapa Natural de Veloso e Goes-Filho (IBGE, 1992), sob as tipologias para os Neotrópicos (América do Sul, Central e Sul dos Estados Unidos) propostas por Engler e Diels em 1879. Desse modo, localizando o Brasil, seu território encontra-se inscrito no Reino Neotropical. Nesse reino, é pertencente à Região da América Tropical, contemplando duas de suas províncias: a Província do Rio Amazonas

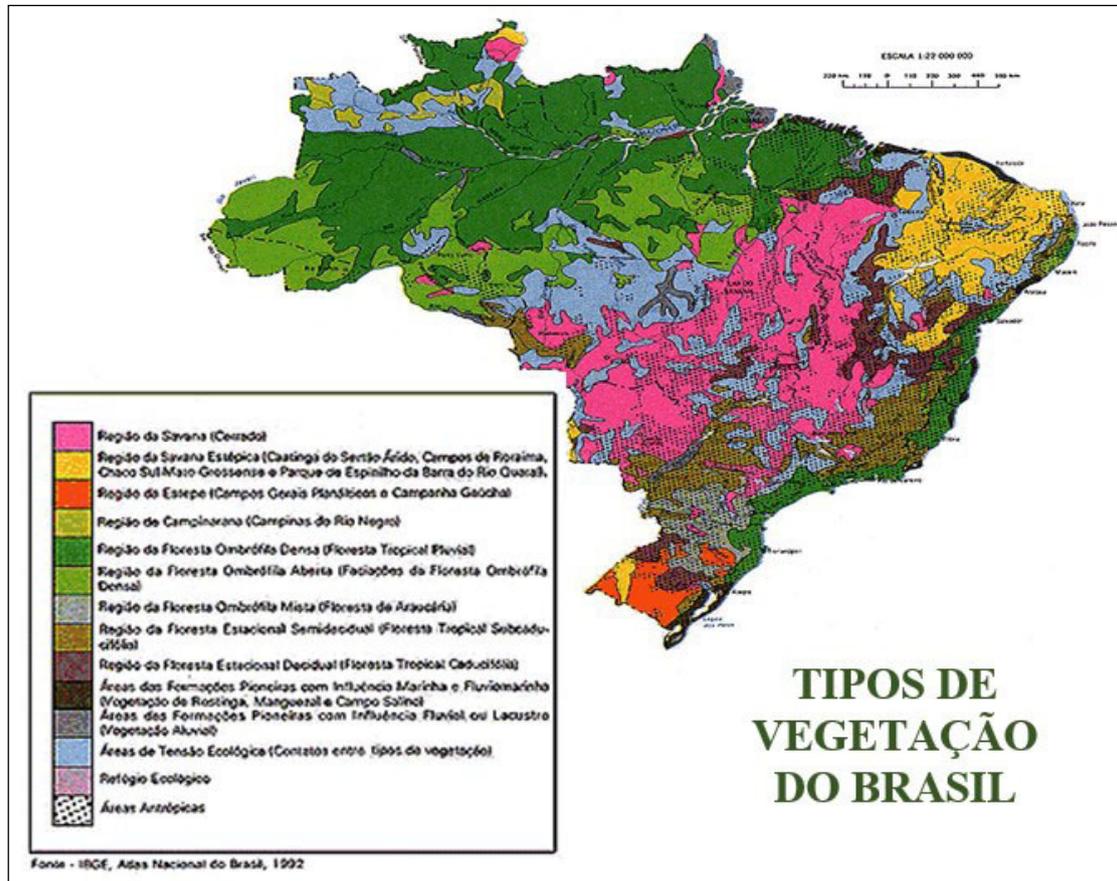
ou Hiléia Americana e a Província Sul Brasileira, que dividem o país em cinco grandes Regiões Biogeográficas: Florestas Costeiras, Caatingas, Campos, Araucárias e a Ilha Trindade do Sul (Veloso e Goes-Filho, 1992). A classificação fitogeográfica do Brasil elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foi proposta pelo pesquisador Henrique Pimenta Veloso (1917-2003) e publicada em 1992 junto ao Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 1992). De modo resumido, corresponde a um sistema que classifica os tipos de vegetação do Brasil em dois grandes conjuntos, denominados Formações Florestais (Florestas Ombrófilas e Estacionais) e Formações Campestres (Savana, Savana-Estépica, Estepe e Campinarana), indicando, ainda, áreas de Formações Pioneiras, Tensão Ecológica e Refúgios Vegetacionais. Como principais características dessa classificação destacam-se a objetividade, aspectos fisionômico-ecológicos e edáficos como determinantes, e a adoção de termos da literatura universal. A equipe técnica responsável pelos estudos de vegetação foi composta por Henrique Pimenta Veloso, responsável pelo sistema fitogeográfico, Luiz Carlos de Oliveira Filho, responsável pelo inventário das formações florestais e campestres, Ângela Maria Studart da Fonseca Vaz, Marli Pires Marin de Lima e Ronaldo Marquete, responsáveis pelas técnicas e manejo de coleções botânicas, e José Eduardo Mathias Brasão, responsável pelo procedimento para mapeamento (IBGE, 1992).

A metodologia para cartografar as unidades fitogeográficas do Brasil começa com o estabelecimento da escala cartográfica. É estabelecido um mapeamento em escalas crescentes que estão relacionadas com os objetivos a serem alcançados. As escalas cartográficas vão da escala exploratória (1:2.500.000 até 1:10.000.000), passando pela escala regional (1:50.000 até 1:1.000.000) e pela escala de semidetalhe (1:100.000 até 1:25.000), até a escala de detalhe (1:25.000). A classificação fisionômico-ecológica da vegetação é a primeira meta na sistematização biogeográfica do IBGE (1992). Para atingi-la, são utilizados sobretudo os modelos propostos através dos sistemas fitogeográficos de Engler e Diels, de 1879, e de Ellemberg e Mueller Dombois, de 1965. Estes modelos consistem em sistemas de classes fitoecológicas, de caráter fixo. Por representar a maior parte da biomassa terrestre, os modelos permitem uma análise da distribuição atual ou pretérita de táxones de plantas superiores. As categorias propostas seguem a seguinte hierarquia: REINO – REGIÃO – PROVÍNCIA – SETOR – DISTRITO. Cada categoria é entendida como espaços geográficos de superfície contínua, estando inclusos todos os acidentes orográficos e variações litológicas existentes. Assim, as categorias biogeográficas estão constituídas de flora, vegetação, litologia, geomorfologia, solos e paleo-história (OLIVEIRA-COSTA *et al.* 2012, 2013, 2022a, 2022b): (i) Distrito - refere-se ao conjunto de mosaico tessellares singulares, relacionados as condições edáficas particulares, com uma paisagem vegetal associada ao uso do solo, sendo que não possui clímax particular, porém é possível encontrar relíquias de comunidades características e diferenciadas, onde seus limites são fisiográficos, edáficos ou paisagísticos, associando-se a uma geosérie característica a cada distrito; (ii) Setor - refere-se a flora específica com espécies endêmicas, catenas e andares da vegetação com organização particular, elementos próprios e mesmos domínios climáceos; (iv) Província - possui características

particulares, desde os elementos florísticos endêmicos, passando por catenas e andares de vegetação, até os domínios climáceos; (v) Região - possui bioclima e tipo de solo particulares; (vi) Reino - possui flora e fauna distintas com táxones de categoria superior endêmicos, com elevada diversificação florística até ao nível de família devido a condições ambientais atuais e diferentes condições ao longo da história do planeta (deriva continental) (estas definições diferem entre os diversos sistemas fitogeográficos existentes - mesmo guardando semelhanças - onde os fatores determinantes de cada proposta não são iguais; por exemplo, há vários sistemas baseados em atributos do meio físico, sobretudo o clima, como é o caso do sistema de Salvador Rivás-Martinez, um sistema conhecido e aplicado no sul da Europa, destacado como um sistema bioclimático) (RIVAS-MARTINEZ, 2004).

Após a classificação fisionômico-ecológica da vegetação, considerada a primeira meta no levantamento fitogeográfico, a sistematização segue com a classificação florística, além de uma análise da distribuição espacial, em diferentes escalas, das comunidades. Na tipologia são determinantes os sintaxa, sigmasintaxa e geosigmasintaxa: REGIÃO ECOLÓGICA FLORÍSTICA – CLASSE DE FORMAÇÃO – SUBCLASSE DE FORMAÇÃO – GRUPO DE FORMAÇÃO – SUBGRUPO DE FORMAÇÃO – FORMAÇÃO PROPRIAMENTE DITA – SUBFORMAÇÃO (podendo haver ainda as subdivisões MOSAICO TESSELAR – TESSELA – SUBDISTRITO – SUBSETOR - SUBPROVÍNCIA, e agrupamentos como SUPERDISTRITO e SUPERPROVÍNCIA): (i) Região Ecológica Florística - corresponde a um tipo de vegetação; (ii) Classe de Formação - corresponde à estrutura fisionômica determinada pelas formas de vida dominantes; (iii) Subclasse de Formação - caracterizada por dois parâmetros do clima – Ombrófilo e Estacional; (iv) Grupo de Formação - determinado pelo tipo de transpiração estomática foliar e pela fertilidade dos solos; (v) Subgrupo de Formação - indicador do comportamento das plantas segundo seus hábitos; (vi) Formação Propriamente Dita - determinada pelo ambiente (forma de relevo); (vii) Subformação - caracterizada pelas fácies da Formação Propriamente Dita (IBGE, 1992) (Tessela - refere-se a menor divisão, um território ecologicamente homogêneo, com um único tipo de vegetação potencial e uma só sequência de comunidades vegetais de substituição, sendo a expressão territorial da série de vegetação; Mosaico Tesselar - refere-se a um conjunto de tesselas afins, ocupando o mesmo domínio climáceo, mas com presença de uma vegetação disjunta relacionada com variações do fator ecológico).

Desse modo, o Sistema Fitogeográfico do Brasil (Figura 12) compartimenta o país segundo dois sistemas: sistema primário e sistema secundário. No sistema primário, estão incluídos todos os tipos de vegetação, as formações pioneiras, os refúgios vegetacionais e as faixas de tensão ecológica entre regiões fitoecológicas. A classificação do IBGE (1992) é aplicada em todos os níveis, desde a classe até a subformação, pois o sistema primário apresenta toda a hierarquia das formações. No sistema secundário estão incluídas as comunidades secundárias brasileiras, áreas onde houve intervenção antrópica e quando abandonadas reagem diferente conforme o tempo e o uso (1º, 2º, 3º, 4º e 5º fase de sucessão natural). Esta classificação sistematiza a vegetação do Brasil segundo o mapa da Figura 12.



Fonte: IBGE (1992).

Figura 12. Sistema de classificação da vegetação do Brasil.

SISTEMA DE HENRIQUE VELOSO (1991)

A- Sistema Fisionômico-ecológico

I – Floresta Ombrófila Densa (Floresta Pluvial Tropical)

- Floresta Ombrófila Densa Aluvial;
- Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas;
- Floresta Ombrófila Densa Submontana;
- Floresta Ombrófila Densa Montana;
- Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana;

II- Floresta Ombrófila Aberta (Faciação da Floresta Ombrófila Densa)

- Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas;
- Floresta Ombrófila Aberta Submontana;
- Floresta Ombrófila Aberta Montana;

III- Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária)

- Floresta Ombrófila Mista Aluvial;
- Floresta Ombrófila Mista Submontana;
- Floresta Ombrófila Mista Montana;
- Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana;

IV- Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia)

- Floresta Estacional Semidecidual Aluvial;
- Floresta Estacional Semidecidual Montana;
- Floresta Estacional Semidecidual Submontana;
- Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas;

V- Floresta Estacional Decidual (Floresta Tropical Caducifólia)

- Floresta Estacional Decidual Aluvial;
- Floresta Estacional Decidual Submontana;
- Floresta Estacional Decidual Montana;
- Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas;

VI- Campinarana (Campina)

- Campinarana Florestada;
- Campinarana Arborizada;
- Campinarana Gramíneo-lenhosa;

VII- Savana (Cerrado)

- Savana Florestada;
- Savana Arborizada;
- Savana Parque (Parkland);
- Savana Gramíneo-lenhosa;

VIII- Savana Estépica

- Savana Estépica Florestada;
- Savana Estépica Arborizada;
- Savana Estépica Parque;
- Savana Estépica Gramíneo-lenhosa;

XIX- Estepe

- Estepe Arborizada;
- Estepe Parque;
- Estepe Gramíneo-lenhosa (campo-limpo);

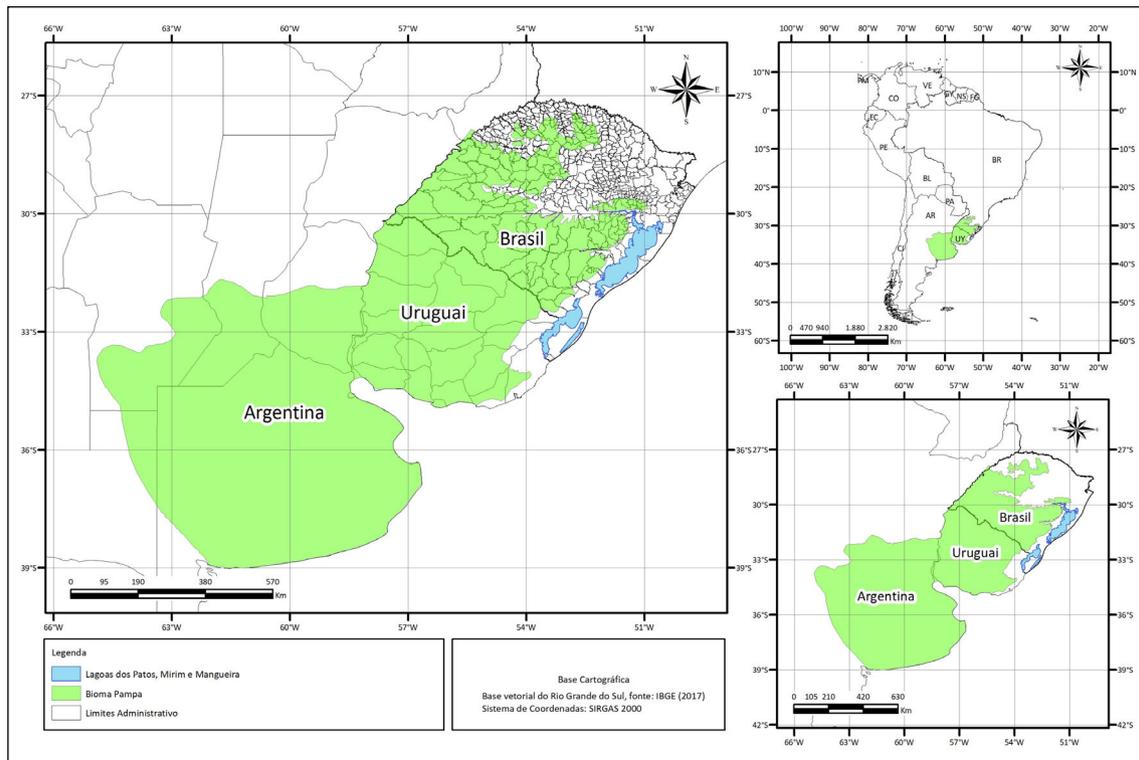
B- Sistema Edáfico

- Vegetação com influência marinha (restinga);
- Vegetação com influência fluviomarina (manguezal);
- Vegetação com influência fluvial (comunidades aluviais).

RESULTADOS E DISCUSSÕES – GEODIVERSIDADE E BIODIVERSIDADE NO BIOMA PAMPA

O ‘Pampa’ é um bioma transfronteiriço que ocupa uma área de aproximadamente 721.978 mil km², na justaposição entre os territórios da Argentina, do Brasil e do Uruguai (Figura 13). No Brasil, o Pampa se distribui pela porção sul do estado do Rio Grande do Sul, expandindo-se por cerca de 176.496 km² (equivalente a 64% do território gaúcho, e 2,07% do território brasileiro) (CHOMENKO, 2007). A distribuição espacial do

Pampa na América do Sul está estruturada, sobretudo, ao tipo de clima predominante neste quadrante geográfico, classificado como ‘clima temperado do tipo subtropical’. As principais características deste tipo climático são: grande variação sazonal (com ocorrência de verões quentes e invernos rigorosos) e ocorrência das quatro estações climáticas bem definidas ao longo do ano. As formações campestres das regiões temperadas (tratadas no Brasil por ‘Pampas’) são conhecidas como ‘Pradarias’ ou ‘Savanas’ no Uruguai, e ‘Campos Sulinos’ ou ‘Pastizal’ na Argentina. Assim, o Pampa está localizado no sul da América do Sul, entre as latitudes de 27°S e 39°S, e longitudes de 51°W e 65°W, onde a sua posição geográfica pode ser observada na figura abaixo (Figura 13).

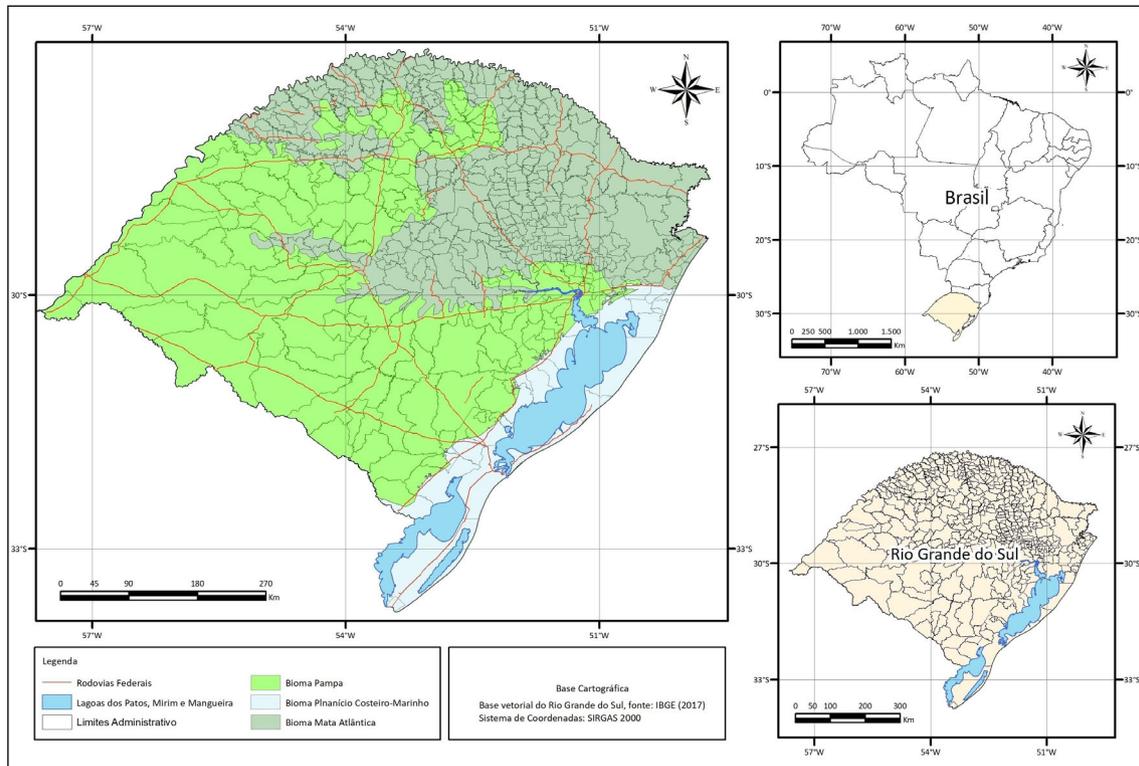


Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 13. Mapa da localização geográfica do Pampa na América do Sul.

No Brasil, o Pampa Sul-Rio-Grandense, também denominado regionalmente de Campos Sulinos, é caracterizado grosso modo: (i) na escala generalista - por uma formação vegetal destacadamente campestre, distribuída sobre relevos predominantemente do tipo planície; (ii) na escala detalhada - é destacada a presença de uma formação vegetal mais densa e do tipo arbórea e/ou arbustivo-arbórea nas encostas e ao longo dos cursos d’água; (iii) além da ocorrência de importantes áreas de banhados, específicos das lagoas que ocorrem no estado do Rio Grande do Sul, com formação vegetal típica (CHOMENKO, 2007). Combinado à estas características, outros aspectos como a disponibilidade de água, a tipologia dos habitats e ambientes naturais, e o modelo de utilização da terra, permitem ao Pampa a manutenção das suas condições ambientais, colocando este bioma

numa destacada importância a escala global, como é destacado na literatura específica (ver CHOMENKO, 2007; PEREIRA, 2012; LOYOLA *et al.* 2014). A distribuição do Pampa no território gaúcho está representada no mapa a seguir (Figura 14).



Fonte: Organizado pelos autores.

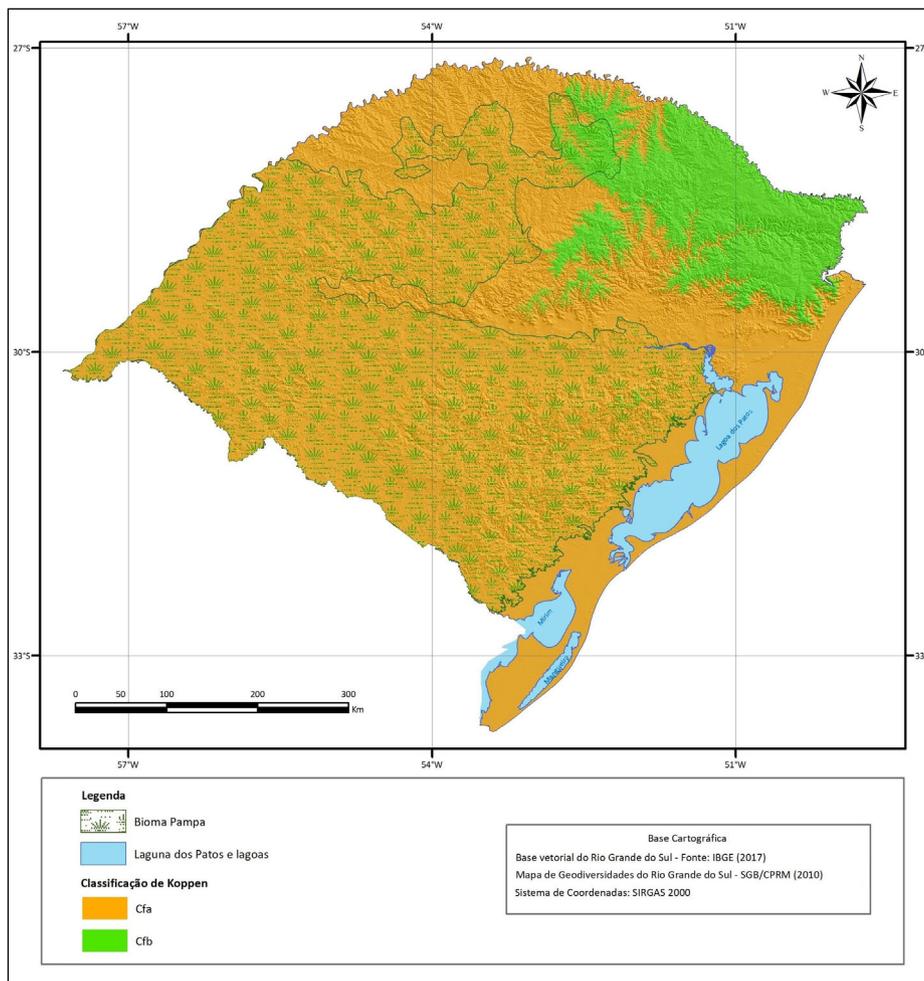
Figura 14. Mapa da localização geográfica do Bioma Pampa no Brasil.

As paisagens naturais inseridas no domínio do Bioma Pampa se apresentam, em linhas gerais, através de: (i) extensas áreas campestres, onde predominam planícies e coxilhas, e (ii) formam acidentes geográficos, de forma localizada, como serras, cerros, morros rupestres, grutas e cachoeiras. No Pampa, o relevo predominante de campos planos, coxilhas e colinas ocorre em associação com os espaços ocupados por cerros, morros altos e planaltos, existentes nas serras da porção sudeste (localizadas no quadrante mais a leste no limite com a planície costeira). Assim, o território do Pampa encontra-se na justaposição de três províncias geológicas: o Escudo Sul-rio-grandense (porção leste), a Província do Paraná – Sequências de sedimentos gonduânicos (porção central), a Província do Paraná – Vulcanismo Serra Geral (porção oeste). Combinado à esta divisão geológico-geomorfológica geral, do ponto de vista fitoecológico e fitogeográfico, a área de influência do Pampa está posicionada entre dois compartimentos vegetacionais brasileiros distintos – ocorrência à norte de florestas estacionais e mistas (conhecidas regionalmente como ‘Mata Atlântica’ e ‘Floresta de Araucárias’), e à leste a vegetação pioneira (conhecida regionalmente como ‘Restinga’). Estas formações, por sua vez, encontram-se, do ponto de vista bioclimatológico, distribuídas por duas subzonas

climáticas das regiões temperadas: (i) Cfa – clima temperado subtropical úmido, e (ii) Cfb – clima temperado oceânico (Figura 15).

Estas compartimentações regionais (geológico-geomorfológica, fitogeográfica e bioclimática) (Figura 15) permitem uma visão geral da complexidade da geodiversidade e da biodiversidade do Bioma Pampa, tendo em vista que as condições geológicas e os contextos vegetacionais regionais estão estruturalmente determinados pelas condições do relevo, as características do solo, a distribuição e a abundância das espécies, bem como a dinamicidade dos recursos hídricos.

Tratando de aspectos da geodiversidade, o escudo sul-rio-grandense tem significativa importância na geologia do Rio Grande do Sul. Este escudo possui aproximadamente 65.000 km² e localiza-se no centro-sul do estado, sendo formado essencialmente por rochas do embasamento cristalino de origem ígnea, corpos graníticos intrudidos em rochas metamórficas, apresentando idade Pré-Cambriana (Arqueano e Proterozóico). Numa escala secundária, o escudo é formado por rochas sedimentares intercaladas com rochas vulcânicas e piroclásticas, com idades variando de Ediacariana (Neoproterozóico) a Ordoviciano (Paleozóico).



Fonte: Organizado pelos autores.

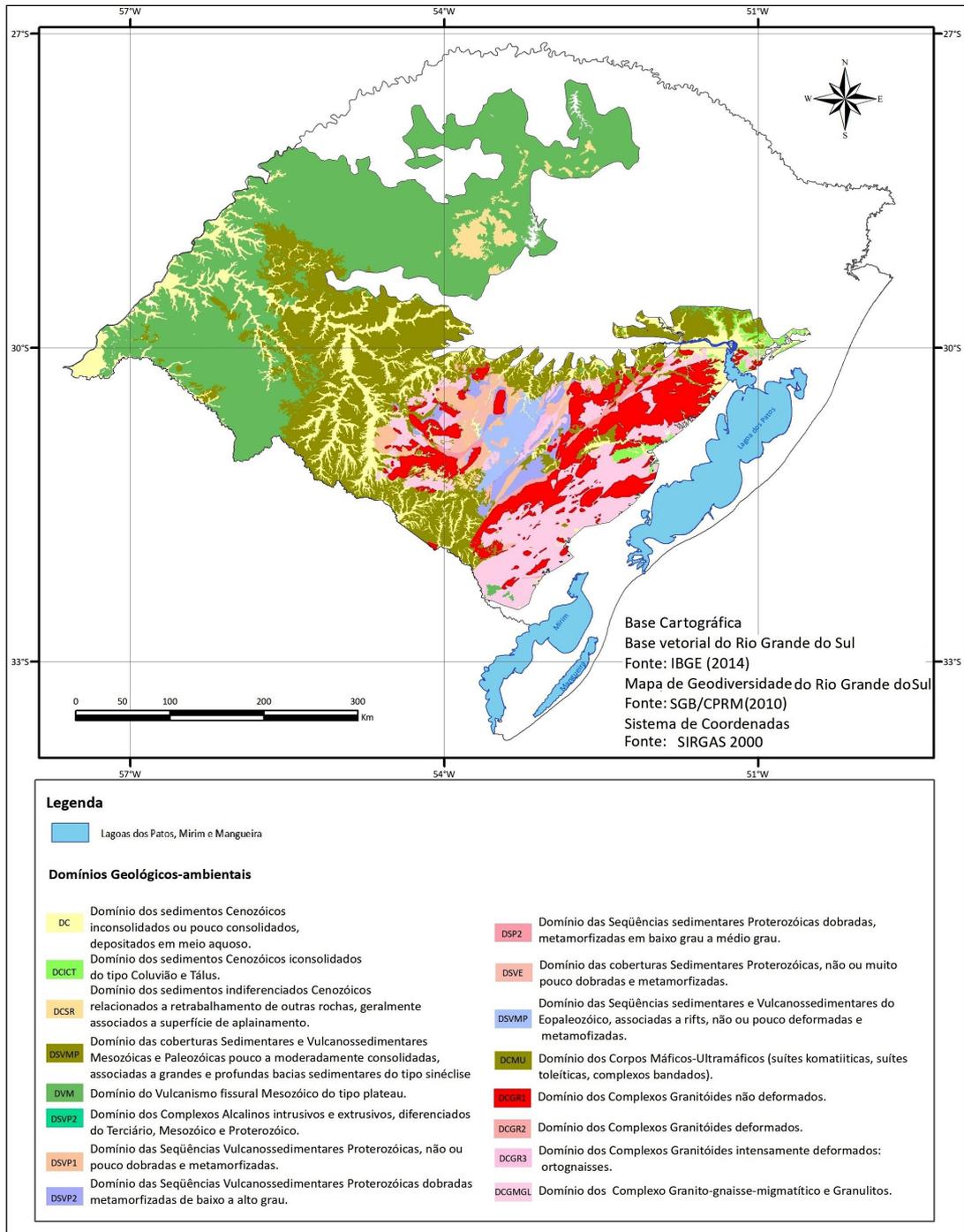
Figura 15. Mapa das condicionantes físicas regionais do Bioma Pampa no Brasil.

As rochas em questão estruturam o Planalto Sul-Rio-Grandense (que é resultado das características petrológicas e estruturais destas rochas). Este planalto é caracterizado por um vasto arqueamento crustal, formador de um relevo planáltico desnudado em formato dômico (ou uma paleobóboda) (DANTAS *et al.* 2014). Os tipos e formas do relevo à escala local é mais complexo, variando de morros e serras baixas a colinas dissecadas e morros baixos.

A província geológica do Paraná (porção centro sul) é formada por sequências de sedimentos gonduânicos, sendo caracterizada pela presença de rochas significativamente friáveis de origem sedimentar, determinantes para formação da Depressão Central Gaúcha, onde o relevo predominante é destacado por colinas largas e suaves. A província geológica do Paraná formada pelo vulcanismo ‘Serra Geral’ (destacada pela presença de rochas basálticas) tem como uma das suas principais características a resistência a erosão, formando na porção oeste do Pampa um espaço denominado de ‘Planalto de Uruguaiana’, entrecortado por planícies fluvias do Rio Uruguai e seus afluentes. O relevo é formado por colinas dissecadas, morros baixos, serras baixas e superfícies aplanadas retocadas e degradadas. A Figura 16 apresenta as principais unidades do relevo do Pampa.

A região do Pampa tem sua economia baseada no setor primário tradicional, sobretudo pecuária e agricultura intensiva, atividades que exigem extensos campos naturais, com o relevo predominantemente plano ou levemente ondulado, com vistas a alcançar bons níveis produtivos. Há setores que são destinados para a silvicultura; nas glebas e talhões de silvicultura existe uma grande extensão de reflorestamento, com espécies vegetais exóticas, com destaque para o gênero *Pinus* L’Hér, cuja madeira é utilizada nas indústrias de celulose e moveleira. O mapa da Figura 16 mostra as principais unidades ambientais dentro dos limites do território do Pampa.

A importância de conhecer a geodiversidade do Pampa está, sobretudo, na geração de informações sobre o meio físico que poderão auxiliar nas ações de conservação de afloramentos geológicos, paisagens geomorfológicas, feições pedológicas e seus processos e sistemas fluviais. Como destacado neste trabalho, o Pampa apresenta uma complexa geodiversidade, com suas combinações de paisagens, geologia, geomorfologia, solos e recursos hídricos. O mapa-base da Figura 16 vislumbra sintetizar toda esta informação, com vistas ao entendimento da geodiversidade regional a partir da divisão do território do Pampa em unidades ambientais. Estas unidades estão divididas em domínios geológico-ambientais, que constituem unidades litológicas com características singulares de acordo com o uso e a ocupação dos terrenos. Por isso, foram definidos 16 domínios geológico-ambientais distintos dentro dos limites territoriais do Bioma Pampa (VIERO; SILVA, 2010). A distribuição espacial da geodiversidade do Pampa (estruturalmente determinada pelos domínios geológico-ambientais) está representada na Figura 16.

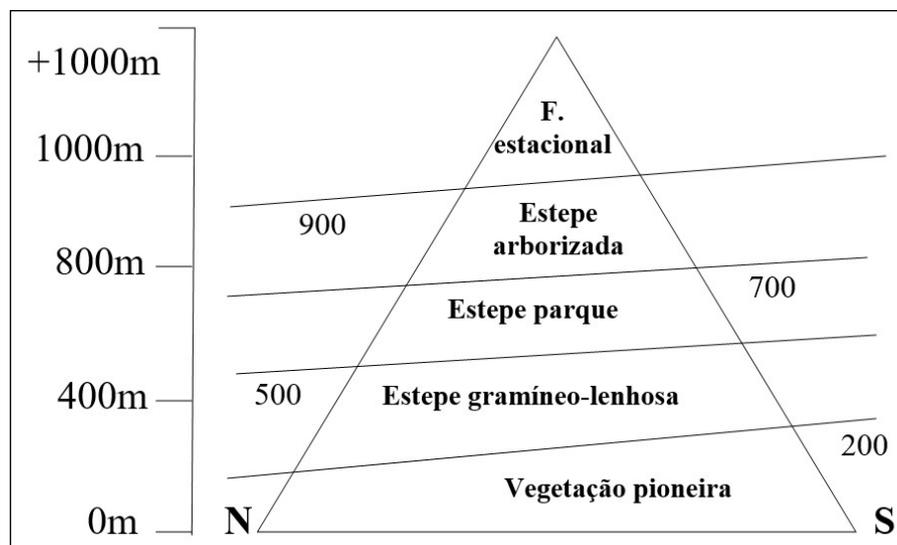


Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 16. Mapa das Unidades Ambientais do Bioma Pampa, caracterizadoras dos contextos da geodiversidade e biodiversidade.

Tratando de aspectos da biodiversidade do Pampa, a vegetação atual da área em estudo manifesta, ao nível da composição florística, fisionomia e estrutura das comunidades dominantes, uma forte perturbação, resultante dos reflexos das atividades antrópicas ou da influência de perturbações de caráter periódico, como as práticas de silvicultura. Uma parte

significativa do Pampa apresenta utilização agrícola, e um outro setor significativo parece ter sido afetado por processos de abandono no passado recente. As áreas que apresentam as primeiras condições encontram-se principalmente nos setores norte e centro da área do Pampa, nas áreas de planalto. No setor sul do Pampa (que parece ser afetado por abandono) dominam formações herbáceas e campestres de caráter destacadamente monoespecífico, com presença de famílias como *asteraceae*, *poaceae*, *fabaceae*, *cyperaceae*, *mimosoideae*, manifestando um evidente empobrecimento florístico se comparadas com as comunidades arbustivas e arbustivo-arbóreas potenciais dos setores centro e norte do Pampa. Ainda, no setor sul, as áreas de uso agrícola extensivo estão associadas à presença de animais. As porções do norte e centro do Pampa, apesar da evidente perturbação da vegetação, são as que apresentam áreas mais extensas ocupadas por vegetação nativa. O Pampa é dominado por Estepe (do tipo arborizada, parque e gramíneo-lenhosa), representando um dos avanços mais ao sul desta vegetação no âmbito dos Neotrópicos (Figura 17).

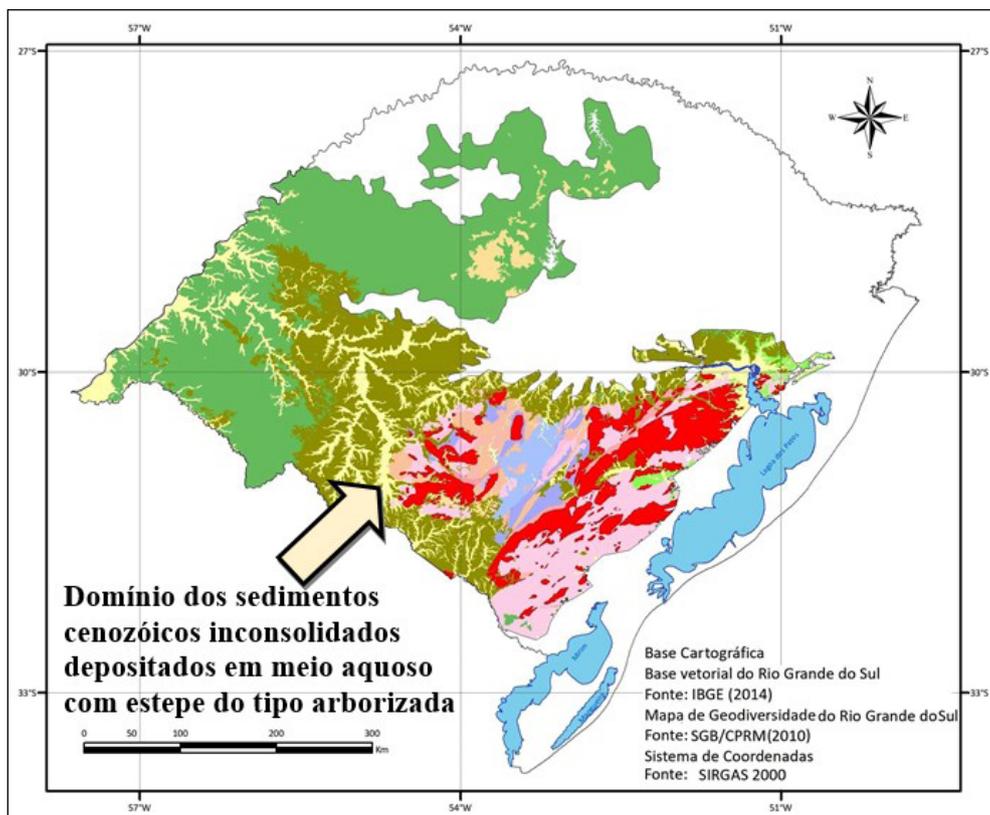


Fonte: Os autores.

Figura 17. Andares de vegetação dominante na área de estudo.

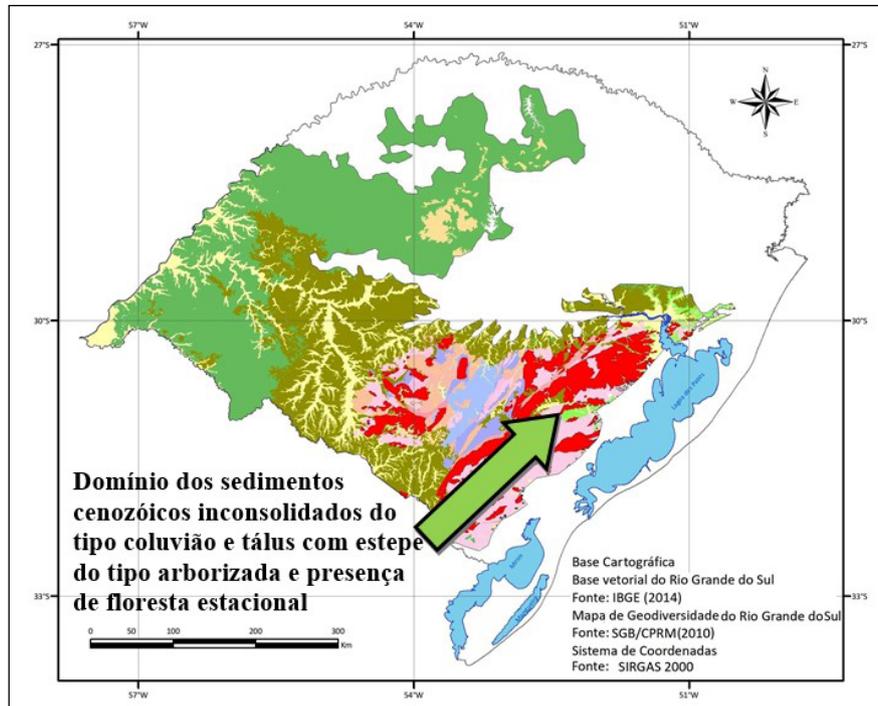
As condições da vegetação potencial são difíceis de definir no Pampa, não só pela alta taxa de antropismos na área, partindo do pressuposto de que a manutenção das condições bióticas são necessárias para definição das formações vegetais (sobretudo de comunidades clímax), mas também pela elevada complexidade do ponto de vista abiótico, ao que se associa a concorrência de outros fatores de natureza ecológica, uma complexidade já identificada por Hasenack *et al.* (2010) para todo o setor do Pampa Gaúcho. Assumindo que a vegetação seria dominada por estepes, é difícil identificar um tipo de formação campestre específica, nomeadamente se tivermos por referência os tipos de estepes descritas para o território brasileiro. Na área em estudo estão presentes os três tipos de estepes que dominam as comunidades clímax de diferentes series de vegetação estépicas associadas a diferentes condições ecológicas do território brasileiro. A dominância de estepe arborizada nos setores centro e norte confirma

a forte tendência da expansão da floresta a que estas áreas estão sujeitas, a qual está patente com os dados paleovegetacionais existentes. Esta influência está ainda patente na presença de amplitudes térmicas fracas, um aspecto que pode ajudar a explicar a presença de formações florestais nos vales termófilos. Estes atributos, associados à frequência de formações florestais, parecem ser argumentos importantes na tentativa de definir as condições das estepes arborizadas. Ainda que a dominância de espécies herbáceas possa direcionar a interpretação das estepes do tipo parque e gramíneo-lenhosa potenciais nos setores sul e leste do Pampa, a presença de formações arbustivas baixas suporta melhor a ideia de estes setores podem estar mais próximos do conceito associado aos estepes meso e termotemperados de forte influência oceânica que se expandem por toda a Região Neotropical, o que permitiria integrar o conceito universal de ‘estepe’ no conceito associado ao ‘Pampa Gaúcho’. Assim, além da presença de estepes do tipo parque e gramíneo-lenhosa, que manifesta a existência de um padrão climático temperado desvirtuado pela forte influência oceânica deste território, também a presença de comunidades arbustivas baixas pode apontar no sentido da confirmação da presença de agrupamentos vegetacionais do tipo estepe no extremo sul dos Neotrópicos. No âmbito das outras condições do Pampa, é destacada a elevada perturbação das galerias ripícolas, com presença de floresta-de-galeria. Para uma visão geral da distribuição da vegetação, foram organizados os mapas abaixo combinado com os dados abióticos.



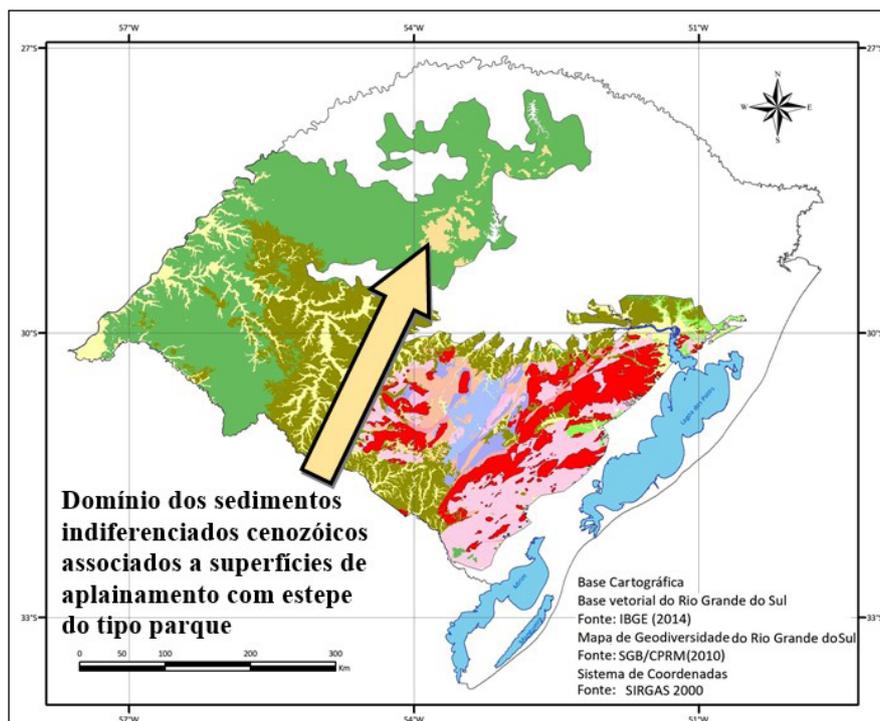
Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 18. Unidade Ambiental do Pampa 1: Domínio dos sedimentos cenozóicos inconsolidados depositados em meio aquoso com estepe do tipo arborizada.



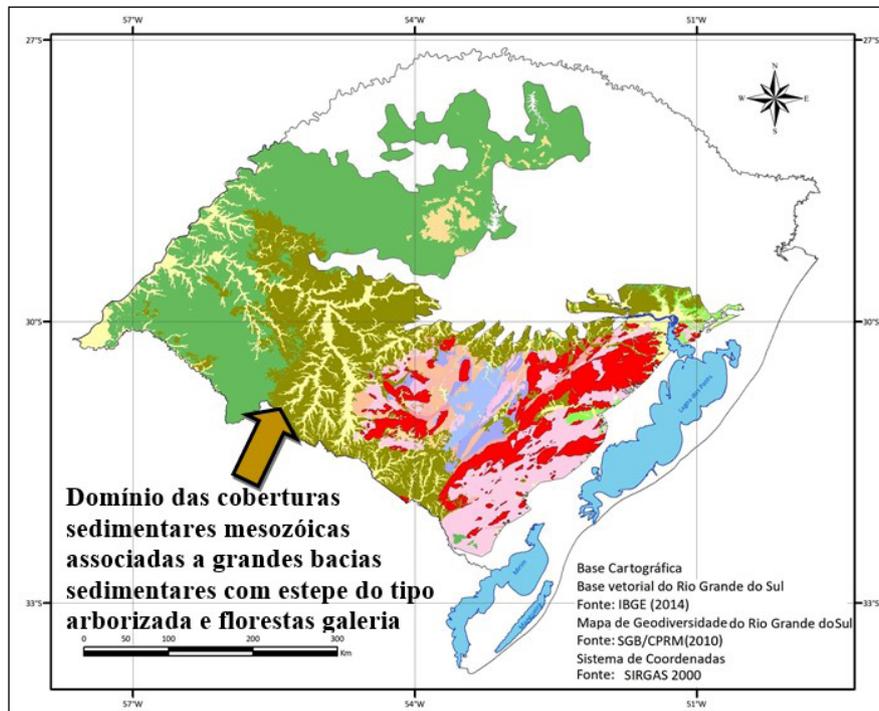
Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 19. Unidade Ambiental do Pampa 2: Domínio dos sedimentos cenozóicos inconsolidados do tipo coluvião e tálus com estepe do tipo arborizada e presença de floresta estacional.



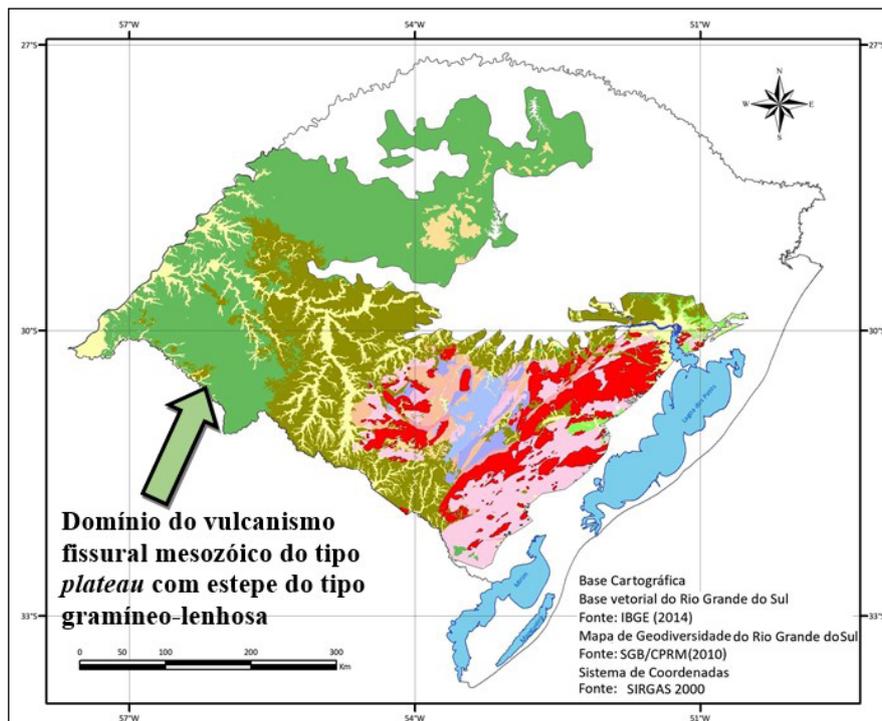
Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 20. Unidade Ambiental do Pampa 3: Domínio dos sedimentos indiferenciados cenozóicos associados a superfícies de aplainamento com estepe do tipo parque.



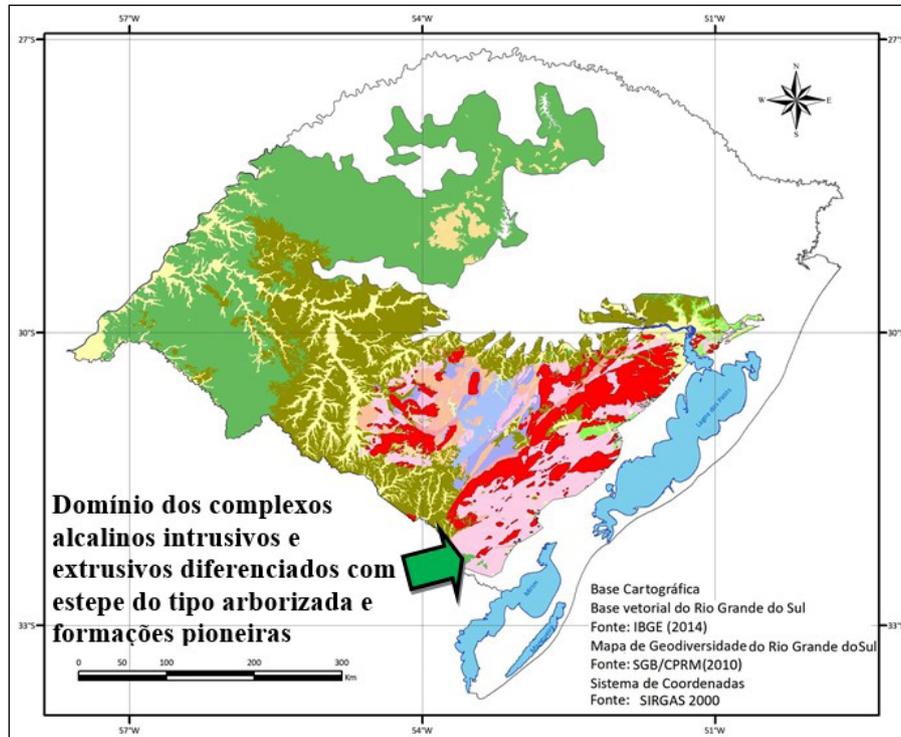
Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 21. Unidade Ambiental do Pampa 4: Domínio das coberturas sedimentares mesozóicas associadas a grandes bacias sedimentares com estepe do tipo arborizada e florestas galeria.



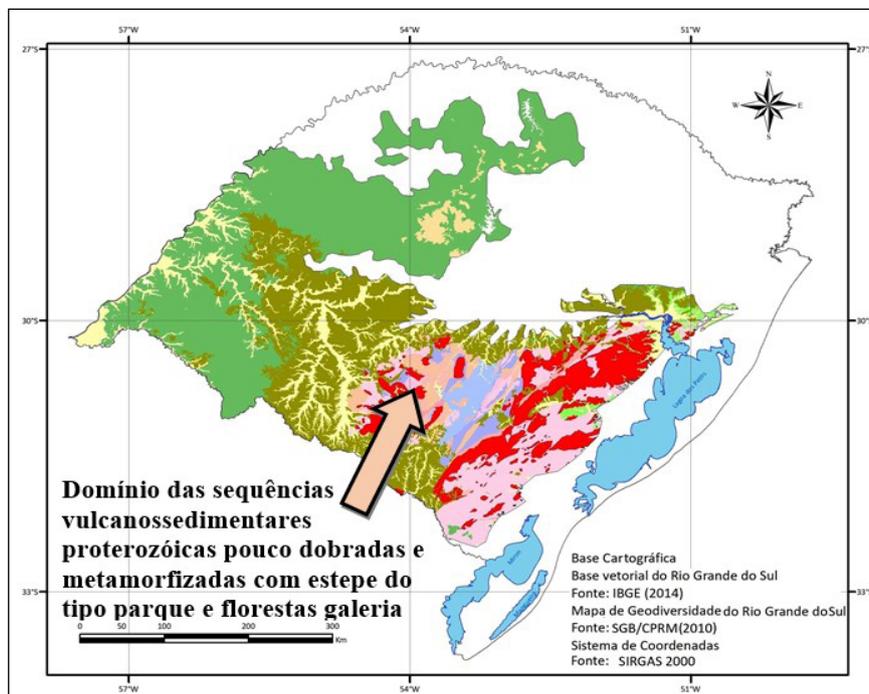
Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 22. Unidade Ambiental do Pampa 5: Domínio do vulcanismo fissural mesozóico do tipo *plateau* com estepe do tipo gramíneo-lenhosa.



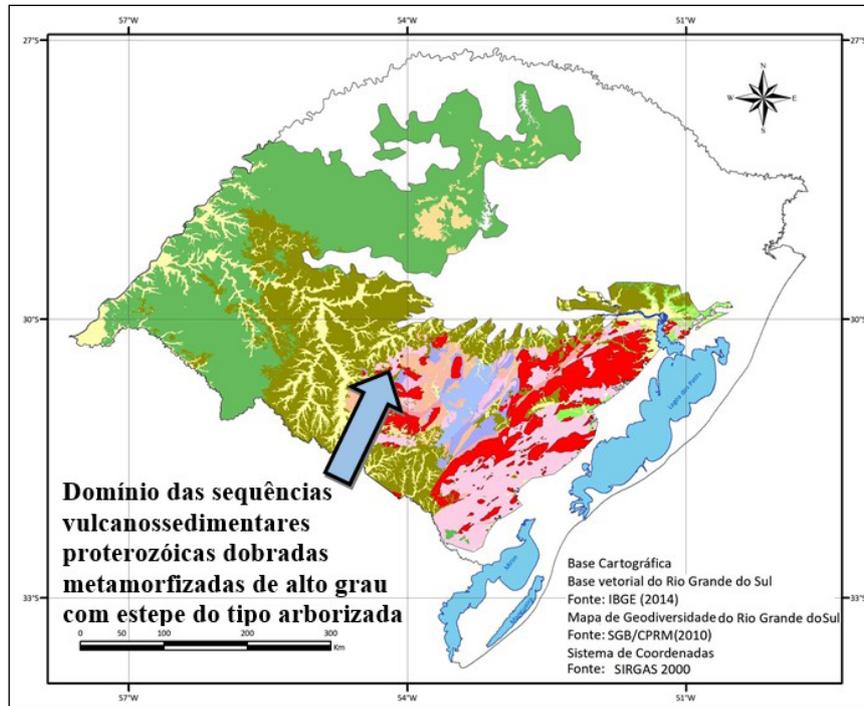
Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 23. Unidade Ambiental do Pampa 6: Domínio dos complexos alcalinos intrusivos e extrusivos diferenciados com estepe do tipo arborizada e formações pioneiras.



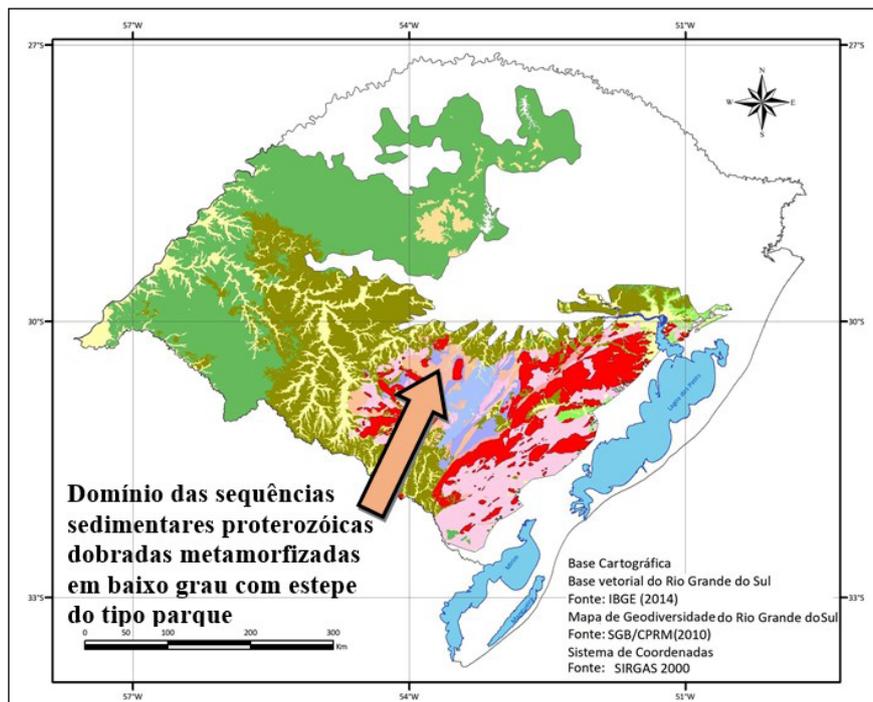
Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 24. Unidade Ambiental do Pampa 7: Domínio das seqüências vulcanossedimentares proterozóicas pouco dobradas e metamorfizadas com estepe do tipo parque e florestas galeria.



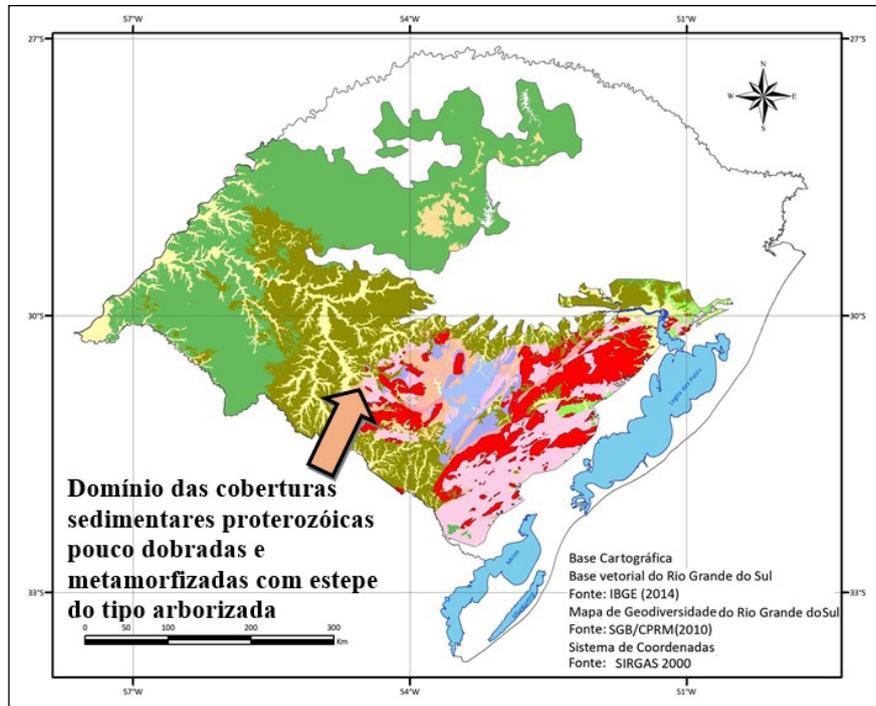
Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 25. Unidade Ambiental do Pampa 8: Domínio das seqüências vulcanossedimentares proterozóicas dobradas metamorfizadas de alto grau com estepe do tipo arborizada.



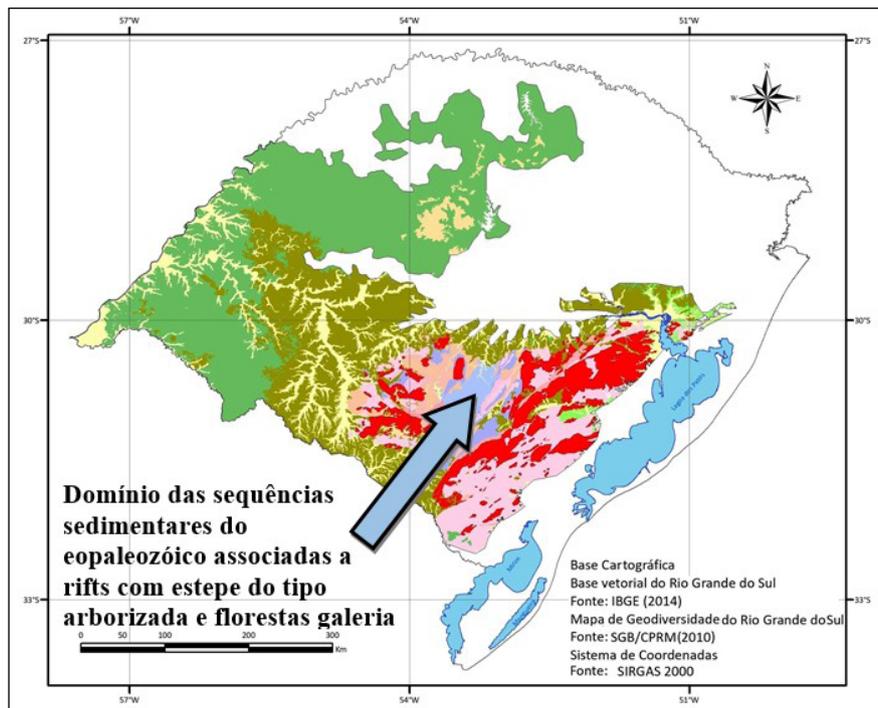
Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 26. Unidade Ambiental do Pampa 9: Domínio das seqüências sedimentares proterozóicas dobradas metamorfizadas em baixo grau com estepe do tipo parque.



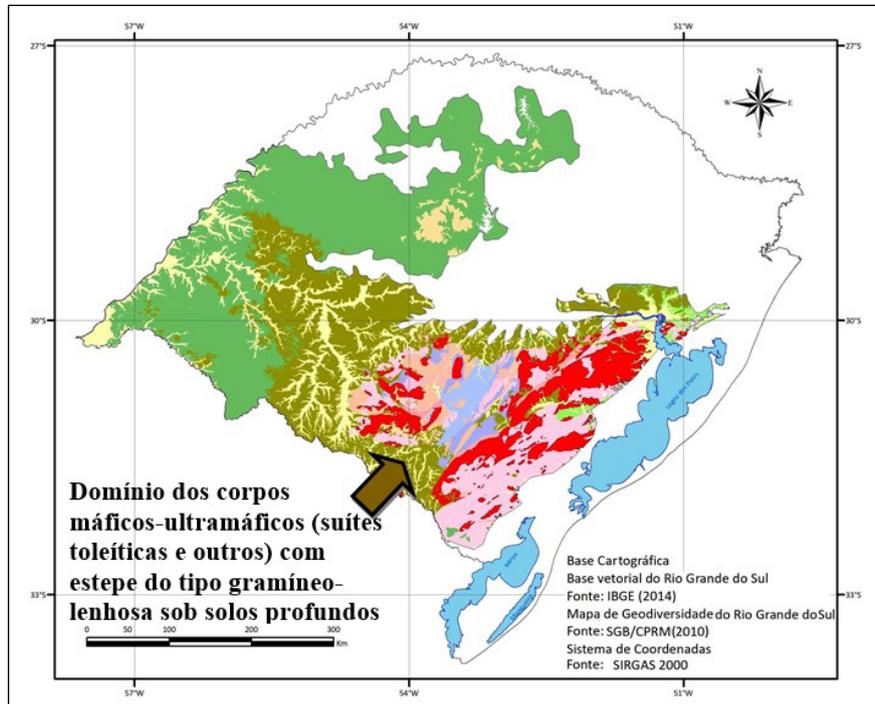
Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 27. Unidade Ambiental do Pampa 10: Domínio das coberturas sedimentares proterozóicas pouco dobradas e metamorizadas com estepe do tipo arborizada.



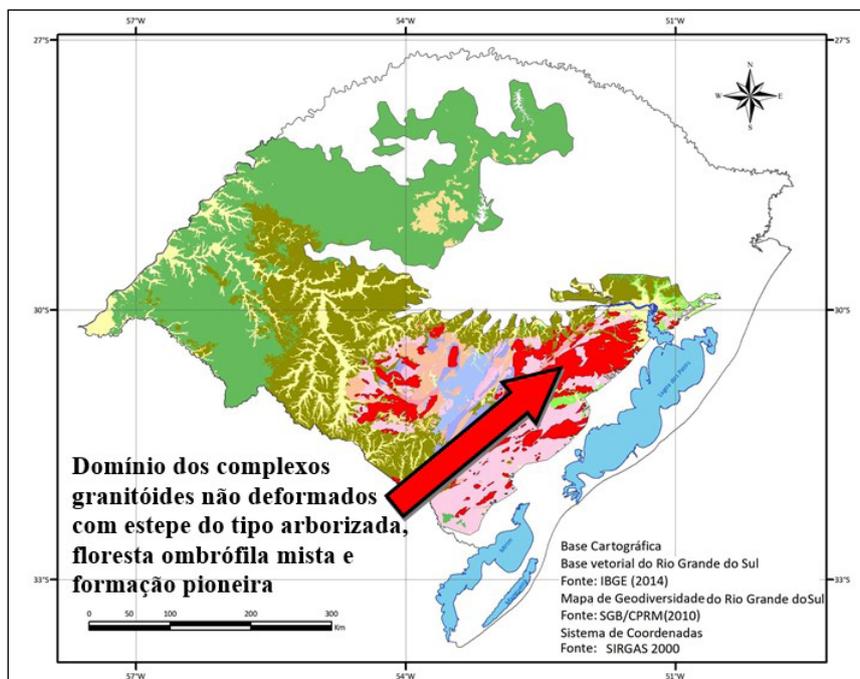
Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 28. Unidade Ambiental do Pampa 11: Domínio das seqüências sedimentares do eopaleozóico associadas a rifts com estepe do tipo arborizada e florestas galeria.



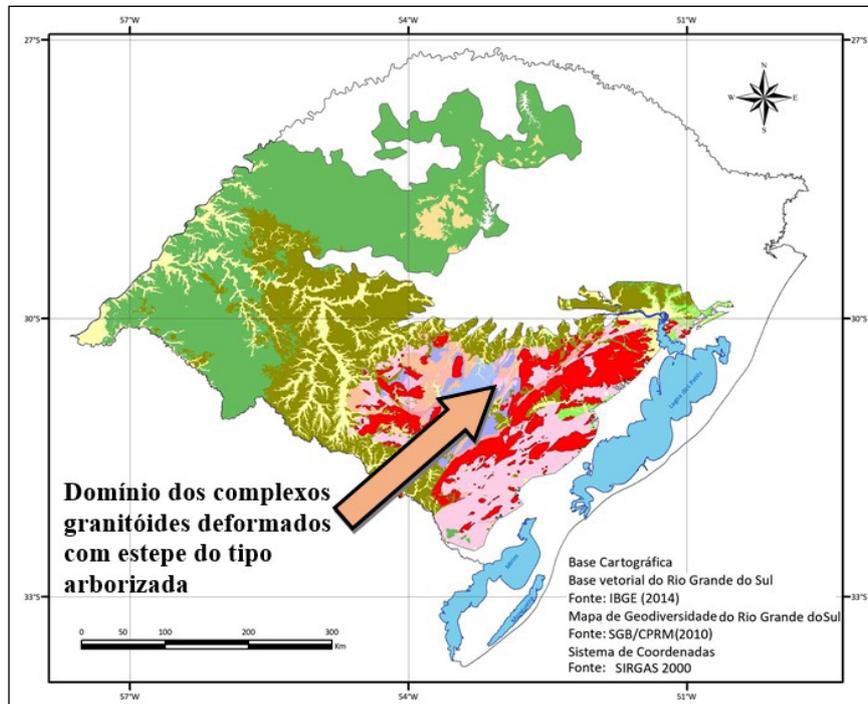
Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 29. Unidade Ambiental do Pampa 12: Domínio dos corpos máficos-ultramáficos (suítes toleíticas e outros) com estepe do tipo gramíneo-lenhosa sob solos profundos.



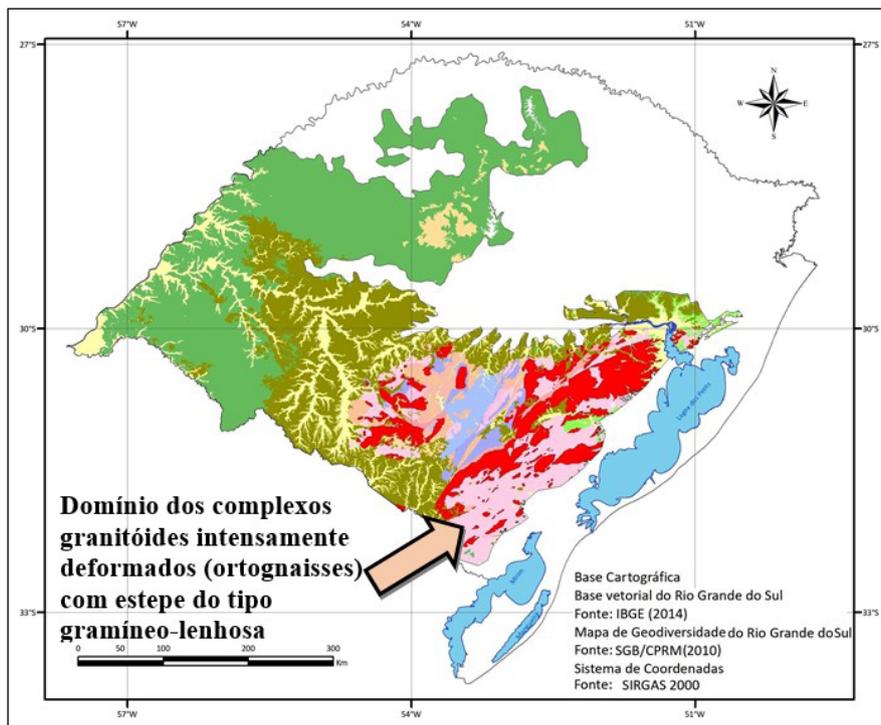
Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 30. Unidade Ambiental do Pampa 13: Domínio dos complexos granitóides deformados com estepe do tipo arborizada, floresta ombrófila mista e formação pioneira.



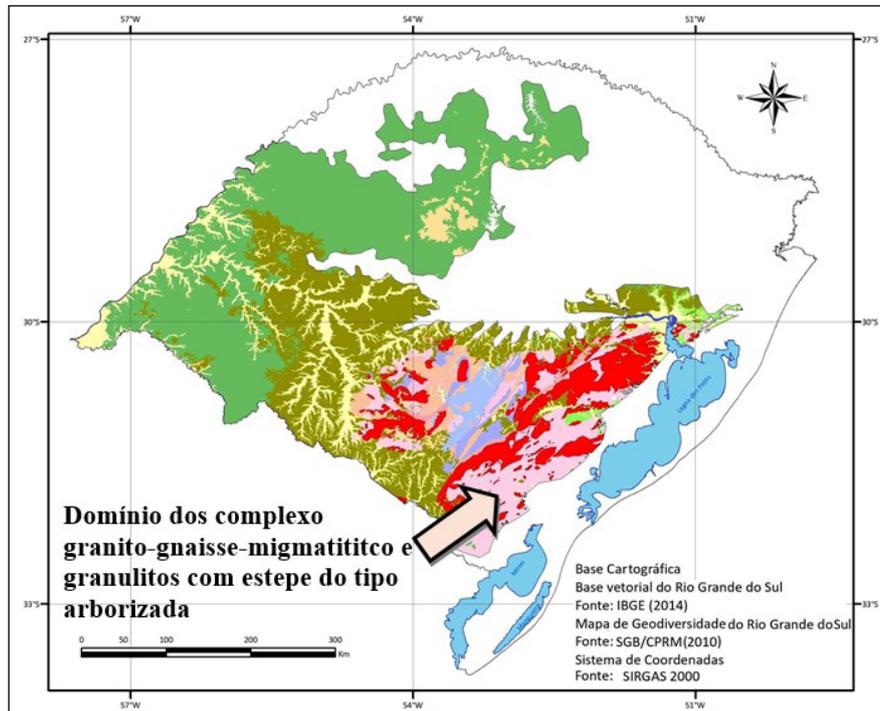
Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 31. Unidade Ambiental do Pampa 14: Domínio dos complexos granitóides deformados com estepe do tipo arborizada.



Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 32. Unidade Ambiental do Pampa 15: Domínio dos complexos granitóides intensamente deformados (ortognaisses) com estepe do tipo gramíneo-lenhosa.



Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 33. Unidade Ambiental do Pampa 16: Domínio dos complexos granito-gnaiss-migmatítico e granulítico com estepe do tipo arborizada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como ficou destacado através deste trabalho, o estudo e a identificação dos atributos da geodiversidade e o uso destas informações do meio abiótico combinado com os dados da biodiversidade (meio biótico), pode revelar as aptidões e as restrições do meio natural, e com isso auxiliar na implantação e desenvolvimento de projetos, planos e programas ambientais de manejo, que visam a conservação e a preservação (bem como o desenvolvimento econômico), da porção sul do estado do Rio Grande do Sul, área onde está distribuído o Bioma Pampa no Brasil (e onde foi aplicado o estudo operacional abordado neste trabalho).

Na área de influência do Pampa Gaúcho - a 'Estepe Brasileira' - observa-se a existência de um gradiente diversificado de paisagens naturais, resultado, sobretudo, dos diferentes tipos litológicos regionais, que, após passar por diversos processos morfodinâmicos (com resultado, nomeadamente, da dinâmica climática), produziu as formas do relevo atual, com suas variadas 'macro e micro' estruturas. Outros fatores que podem ajudar a explicar a estruturação do quadro paisagístico regional da área de influência do Bioma Pampa, são os processos erosivos e deposicionais do relevo regional, os diferentes tipos de solos ao nível regional e local, e todos os demais condicionantes abióticos. Todos estes atributos possuem um papel fundamental na estruturação da biodiversidade vegetal (destacada pelos campos mistos e arbustivos, e fragmentos florestais) e da fauna associada.

A significativa variabilidade dos componentes do meio físico destaca a alta complexidade da geodiversidade local, que ainda carece de um maior investimento no

estudo dos seus processos, com vistas sobretudo a que ações de planejamento possam ser efetivadas (preferencialmente em associação com projetos ambientais de proteção da biodiversidade). É possível fazer um paralelo da situação atual da geodiversidade e da biodiversidade do Pampa: ambos se encontram altamente ameaçados pelo crescimento das atividades agrosilviopastoris, que historicamente ocupam a porção dos campos com pecuária extensiva e substituem as pastagens naturais por grandes áreas de cultivo de arroz e soja. A substituição das pastagens naturais por pastagens artificiais, a difusão de projetos de mineração, parques eólicos e barragens na área do Pampa, parece ser os maiores entraves para uma política de ordenamento territorial ecologicamente sustentável para o Pampa.

REFERÊNCIAS

- AB' SÁBER, A. N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. São Paulo: **Orientação**. Instituto de Geografia (USP), nº 3, 1967.
- AB' SÁBER, A. N. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. São Paulo: **Geomorfologia**. Instituto de Geografia (USP), no. 41, 1973.
- AB' SÁBER, A. N. **Os Domínios de Natureza do Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. 3º ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- BIZZI, C.; SCHOBENHAUS, R. M.; VIDOTTI, E.; GONÇALVES, J. H. **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. L. A. CPRM, Brasília, 2003.
- CAVALCANTI, A. P. B. **Métodos e Técnicas da Análise Ambiental** (Guia para estudos do meio ambiente). Teresina: UFPI/CCHL/ DGH, 2006.
- CHEMALE JÚNIOR, F. Evolução Geológica do Escudo Sul-rio-grandense. In: HOLZ, M.; ROS, L. F. (Ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO-UFRGS, 2000, p. 13-52.
- CHOMENKO, L. **Pampa: Um Bioma em Risco de Extinção**. IHU On-Line - Instituto Humanitas UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos - São Leopoldo. Edição 247, 2007, p. 4 a 7.
- CHORLEY, R. J. & KENNEDY, B. A. **Physical geography**. A systems approach. Londres, Prentice Hall International Inc, 1971.
- CPRM. **Mapa Geodiversidade do Brasil: escala 1:2.500.000, legenda expandida**. Brasília: CPRM/Serviço Geológico do Brasil, 2006, 68 p.
- DANTAS, M. E et. al. Origem das Paisagens. In: VIERO, A. C.; SILVA, D. R. A. (Org.). **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2010, p. 35-50. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.
- DINERSTEIN, E., OLSON, D., JOSHI, A., VYNNE, C., BURGESS, N. D., WIKRAMANAYAKE, E., ... & SALEEM, M. (2017). An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. **BioScience**, 67(6), 534-545.
- FRANCO, J. L. A. O conceito de biodiversidade e a história da biologia da conservação: da preservação da wilderness à conservação da biodiversidade. **História** (São Paulo), v.32, n.2, 2013, p. 21-48, jul./dez.
- GRAY, M. **Geodiversity**. Valuing and conserving abiotic nature. John Wiley and Sons, Chichester, England, 2004, p. 434.

- GRAY, M. Geodiversity: developing the paradigm. **Proceedings of the Geologists' Association**, UK, v. 119, Issues 3-4, 2008, p. 287-298.
- GRAY, M. Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management. **Proceedings of the Geologists Association**. V. 124, Issue 4, 2013, p. 659-673.
- GRAY, M. Geodiversity: a significant, multi-faceted and evolving, geoscientific paradigm rather than a redundant term. **Proceedings of the Association of Geologists**. V. 132, Issue 5, 2021, p. 605-619.
- GREGORY, K. J. **A natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1987.
- HASENACK et. al. **Mapa de sistemas ecológicos da ecorregião das savanas uruguaias**. Porto Alegre: Centro de Ecologia UFRGS e TNC, 2010.
- HOLDRIDGE, L. R. **Ecología basada en zonas de clima**. Centro Científico Tropical. Edit. IICA. Segunda Edición. San José. Costa Rica, 1987, pp. 216.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, volume 1, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomias e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250000**. IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2019. p. 168.
- KOPPEN, W. **Das Geographische System de Klimate**. Handbuch der klimatologie, 1936.
- KUHLMANN, E. **Os grandes traços da Fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro: Boletim Geográfico/CNG, 117, 1953.
- LOMOLINO, M. V, RIDDLE, B. R; WHITTAKER, R. J, BROWN, J. H. **Biogeography**, 4th edition. Sinauer, Sunderland, MA, USA. pp. 764, 2010.
- LOYOLA, R. et al. **Áreas Prioritárias para Conservação e Uso Sustentável da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção**. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico, Rio de Janeiro, 2014, p. 80.
- MARTINS, C. **Biogeografia e Ecologia**. 5º ed. São Paulo: Nobel, 1985.
- MCDONALD, G. **Biogeography: introduction to space, time, and life**. John Wiley & Sons Inc, 2003.
- MENEGAT, R. **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999, p. 228.
- OLIVEIRA-COSTA, J. L. P. A divisão regional das paisagens brasileiras: uma revisão bibliográfica. **Espaço em revista**, v. 24, p. 648-687, 2022.
- OLIVEIRA-COSTA, J. L. P. **Caracterização Geral dos Sistemas de Classificação da Vegetação no Brasil**. Centro de Ciências Humanas e Letras/ Universidade Federal do Piauí (UFPI), 2012, pp. 105.
- OLIVEIRA-COSTA, J. L. P. Geografia, ecologia e paisagem: reflexões didáticas e científicas no âmbito do ensino. In: Anabela Fernandes; Cláudia Cravo; Fátima Velez de Castro. (Org.). **Desafios do Currículo Escolar no Século XXI**. 1ed.Coimbra (Portugal): Editora da Universidade de Coimbra (Portugal), v. 1, 2022, p. 1-51.
- OLIVEIRA-COSTA, J.L.P.. Paisagens Naturais e suas Transições. Proposta Metodológica de Classificação para o Ensino da Geografia. In: Fátima Velez de Castro; Adélia Nunes. (Org.). **Ensinar Geografia**. Formação Inicial de Professores e Propostas de Aplicações

Didático-Pedagógicas. 1ed. Málaga - Espanha: EUMED - Universidade de Málaga (Espanha), 2019, v. 1, p. 147-206.

OLIVEIRA-COSTA, J. L. P.; MASSOQUIM, N. G. Avaliação das características regionais das paisagens - um modelo alternativo. **Revista Entre-Lugar** (UFGD. Impresso), v. 13, 2022, p. 240-276.

OLIVEIRA-COSTA, J. L. P.; VELOSO FILHO, F. A., AQUINO, C. M. S., CASTRO, A. A. J. F. Visão Geral da Biogeografia e dos Sistemas Universais de Classificação Fitogeográfica. **Geografia** (UFPI), v. 10, 2012, p. 5-22.

OLIVEIRA-COSTA, J. L. P.; VELOSO FILHO, F. A., AQUINO, C. M. S., CASTRO, A. A. J. F., SILVA, A. L. A Divisão Natural das Paisagens Vegetais do Brasil no Escopo dos Sistemas Nacionais de classificação Fitogeográfica (1824-2006). **Publicações Avulsas em Conservação de Ecossistemas** (UFPI), v. 30, 2013, p. 1-43.

OLIVEIRA-COSTA, J. L. P.; ZACHARIAS, A. A.; PANCHER, A. M. **Métodos e técnicas no estudo da dinâmica da paisagem física nos países da CPLP - Comunidade dos Países de Expressão Portuguesa**. 1. ed. Málaga, Espanha: EUMED - Universidade de Málaga (Espanha), 2022. v. 1. 200p.

PEIXOTO, C. A. B. **Estratégias de geoconservação do patrimônio geológico do Bioma Pampa transfronteiriço**. Instituto de Geociências/Programa de Pós Graduação em Geografia/Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2023.

PEREIRA, F. G. **O Pampa como Bioma e Paisagem Cultural: Um estudo de Percepção Ambiental e Preferência Paisagística**. Dissertação (Mestrado em Geografia – Análise Ambiental), Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Universidade Federal de Rio Grande. Rio Grande, 2012, p. 166.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: Aspectos Sociológicos e Florísticos**. São Paulo, HUCITEC: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

RIVAS-MARTÍNEZ S. **Global bioclimatics**. Clasificación Bioclimática de la Tierra. 2004.

ROGERS, J. W. A History of Continents in the Past Three Billions Years. **The Journal of Geology**, 104, 1996, p. 91-107.

SILVA, C. R. **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008, p. 264.

STRAHLER, A. **Introduction to Physical Geography**. New York: John Wiley & Sons, Inc. 455 pp, 1965. 67.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro IBGE/SUPREN, 1977.

TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e meio ambiente**. Rio Claro, UNESP, 2006.

TIVY, J. **Biogeography: a study of plants in the ecosphere**. Oliver & Boyd Inc, 1971.

VELOSO, H. P.; GOES-FILHO, L. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, 1991.

VIERO, A. C.; SILVA, D. R. A. **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2010. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.

VON HUMBOLDT, A. **Kosmos: Entwurf einer physischen weltbeschreibung**. Cotta, 1869.

WATTS, D. **Principles of Biogeography: an introduction to the functional mechanisms of ecosystems**. McGraw-Hill Publishing Co. Ltd, 1971.

WALTER, H. **Vegetação e Zonas Climáticas**. São Paulo, E.P.U Ltda, pp. 328, 1986.