



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG

**DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DA EVOLUÇÃO DO MEIO FÍSICO E DA
PRESENÇA HUMANA NO DISTRITO FEDERAL, BRASIL:
CONTRIBUIÇÕES DO TEMPO PROFUNDO PARA A CONSCIÊNCIA
PLANETÁRIA**

Tese de Doutorado

Anete Maria de Oliveira

Orientadora: Dr. Adriana Chatack Carmelo (UnB)

Brasília

Setembro 2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG

**DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DA EVOLUÇÃO DO MEIO FÍSICO E DA
PRESENÇA HUMANA NO DISTRITO FEDERAL, BRASIL:
CONTRIBUIÇÕES DO TEMPO PROFUNDO PARA A CONSCIÊNCIA
PLANETÁRIA**

Anete Maria de Oliveira

Orientadora: Dr. Adriana Chatack Carmelo

Tese apresentada ao curso de doutorado
em Geologia da Universidade de Brasília,
para obtenção do título de doutora em
Geociências Aplicadas

Brasília

Setembro 2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG

**DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DA EVOLUÇÃO DO MEIO FÍSICO E DA
PRESENÇA HUMANA NO DISTRITO FEDERAL, BRASIL:
CONTRIBUIÇÕES DO TEMPO PROFUNDO PARA A CONSCIÊNCIA
PLANETÁRIA**

Anete Maria de Oliveira

Banca Examinadora:

Dr. Adriana Chatack Carmelo (Presidente, orientadora, UnB)

Dra. Louise Brandes Moura Ferreira (Membro Interno, UnB)

Dr. Massimo Matteini (Membro Interno, UnB)

Dr. Celso Dal Ré Carneiro (Membro Externo, Unicamp)

Dr. Maurício Parra Amézquita (Membro Externo, USP)

Tarefa difícil! Como fazer agradecimentos se acreditamos que tudo que existe no planeta é interligado? Passado e presente se misturam. A história retrocede e mostra a mesma origem para a matéria densa - mineral, vegetal ou animal. E tudo que é sutil, os envolve! Reverenciar a tudo isso é o primeiro agradecimento. Fazer parte do todo, nos faz existir. Somos personagens da história, faz sentido nossa existência. Obrigada às Forças maiores!!

No nível mais concreto...

Agradeço às instituições que me possibilitaram a execução desse projeto, o Instituto de Geociências da Universidade de Brasília por onde defendo esta tese; à Faculdade UnB-Planaltina pelo apoio administrativo; à CAPES, o apoio no Doutorado Sanduíche nos EUA; à Universidade do Arizona pela aceitação em permitir o desenvolvimento de parte da tese em seus laboratórios; à Universidade do Rio Grande do Sul pela parceria na preparação das amostras de rocha.

A todos profissionais que, com suas opiniões e sugestões, auxiliaram-me a traçar a linha de pesquisa. Faço agradecimentos especiais ao geólogo e Prof. Eloi Campos, pela parceria, disponibilidade, prestatividade, participação e co-orientação não oficial nessa tese. Quando me aproximar de seus conhecimentos sobre o Distrito Federal, com certeza poderei oferecer melhores informações ao público não-cientista ... num futuro próximo!

Várias pessoas me deram os mais diversos auxílios. Agradeço aos técnicos Gilbézio Santana e Adilson Santana a preparação das amostras de rocha. Nos trabalhos de campo, agradeço aos geólogos Igor Vasconcelos e Hudson Queiroz, aos futuros geólogos, Caroline Freitas e Dilmar Barreto, às cientistas naturais, Luana Oliveira e Andrezza Romênia. Pela análises de termocronologia nos EUA, agradeço aos técnicos Uttam Chowdhury e Erin Abel. Ao geólogo, Darby Lima, pela presteza e qualidade na elaboração das figuras.

Muito obrigada, geóloga Sissa Kumaira! Pela parceira no campo, nas pesquisas em conjunto e nos *papers* publicados.

Existiram pessoas que fizeram parte dessa tese que foram amigas, que me deram suporte emocional, que seguraram minha mão nos momentos mais difíceis. Sem elas, nem sei o que teria acontecido! São irmãos e irmãs de alma... Muito obrigada, Líbia

Batista! Muito obrigada, Rodrigo Xavier! Muito obrigada, Cristina Picolo-Peterson! Muito obrigada, minha irmã Maria Augusta Silvestre! Gente, obrigada por vocês existirem, de coração!

Muito obrigada em especial à minha querida irmã, Cleuza Barbieri! Cleuza, você acompanhou o *making-off* dessa tese, do primeiro ao último dia. Espero um dia lhe oferecer o mesmo braço direito, em qualquer encarnação, como você fez comigo.

Faço à parte um agradecimento profissional e de amizade à cientista natural, Samara dos Anjos da Costa. Menina, o seu entusiasmo, competência, determinação e força de vontade ascenderam em mim as forças para batalhar pela divulgação de geociências e para lutar pela educação no nosso país! Agradeço sempre nossa parceria de alma e profissional. Obrigada também por fazer a parte chata desse trabalho, a organização!

À minha orientadora geóloga Adriana Chatack Carmelo e aos co-orientadores, os geólogos Farid Chemale Júnior e Peter Reiners. Sem o suporte, sugestões e competência de vocês teria me perdido com tanta ciência!

Querida amiga Adriana, por acaso minha orientadora. Passamos na provação! Nossa amizade foi mais forte do que a burocracia, que as diferenças de opiniões, que os prazos e qualquer outro revés que passou por nós durante esse período. Somos ainda mais amigas e agora, com certeza, parceiras profissionais. Um obrigada geológico, do tamanho do planeta!

O período final desta tese – e imagino que seja assim para qualquer doutorando - foi o mais difícil. Mas, de repente, ficou fácil! Obrigada por ser o responsável por isso, Luca de Lima!

À minha grande família de sangue, e à escolhida ao longo da vida!

Ao meu filho **Felipe**,
ser que me faz lutar diariamente pelas melhores histórias humanas

Aos meus pais **Misael** (*in memoriam*) e **Zélia**,
por serem exemplos de como fazer melhores histórias

A todos os **meus antepassados**

e à **Força Universal Maior**

PRA SE CONTAR UMA HISTÓRIA

*“Pra se contar uma história
há-de se vestir de história.*

*Pra se vestir de história
há-de se despir da própria pele
se tatuar de gestos largos e comedidos
se impregnar de sons e cheiros
ter no olhar o brilho das estrelas
e o escuro do poço mais fundo
- sem perder as nuances, todas elas
que habitam entre o clarão
e o escuro!*

*Pra se contar uma história
há-de se mergulhar nela
há-de se despertar choro
há-de se acender risos
... sem se dar por isso.*

*Pra se contar uma história
há-de se cantar cada palavra
com gosto de palavra nova
e cada palavra nova
o som dos sinos trazer consigo
a ecoar desde o sempre
até o infinito
fundindo silêncio e grito
de toda Memória...”.*

Batista Filho

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

ABCMC - Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciências

BBC - *British Broadcasting Corporation*

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CODEPLAN – Companhia de Planejamento do Distrito Federal

CEI - Campanha de Erradicação das Invasões

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais

CTS – Ciência -Tecnologia - Sociedade

DF – Distrito Federal

EIA – Estudos de Impactos Ambientais

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUA – Estados Unidos da América

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

GDF – Governo do Distrito Federal

GO – Goiás

IBECC - Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC - Índice de Confiança

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

INCE - Instituto Nacional do Cinema Educativo

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

JK – (Presidente) Juscelino Kubitschek

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

NJRDC - Núcleo José Reis de Divulgação Científica

PADF - Programa de Assentamento Dirigido Do Distrito Federal

PDL – Plano Diretor Local

PDOT - Plano Diretor de Ordenamento Territorial

PE - Pernambuco

PR - Paraná

RA – Regiões Administrativas

RIDE/DF - Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

SBPC - Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

SEBRAE - Serviço Brasileiro de apoio às Micro e Pequenas Empresas

SECIS - Secretaria de Ciência e Tecnologia para Inclusão Social

SIA – Setor de Indústria e Abastecimento

SNDCT - Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

SLU - Serviço de Limpeza Urbana

TMGCA - Taxa Média Geométrica Anual

UC – Unidades de Conservação

UFMG- Universidades Federal de Minas Gerais

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFPA – Universidade Federal do Pará

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura

UNICAMP – Universidade de Campinas

UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos

USP - Universidade de São Paulo

ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	VIII
SUMÁRIO	X
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABELAS	XIV
1. INTRODUÇÃO	17
1.1 ÁREA DE ESTUDO	25
1.2 OBJETIVOS	30
1.3 MÉTODOS	31
2. DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA	35
2.1 CONCEITUAÇÃO	36
2.2 ASPECTOS HISTÓRICOS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NOS PAÍSES OCIDENTAIS	41
2.3 ASPECTOS HISTÓRICOS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO BRASIL	46
2.4 A CIÊNCIA E A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO CONTEXTO BRASILEIRO ATUAL	53
2.4.1 DIVULGAÇÃO GEOCIENTÍFICA NO BRASIL	55
2.5 A PROBLEMÁTICA DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA	58
2.6 DISCURSOS E ESFERAS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA	61
3. EVOLUÇÃO DO MEIO FÍSICO DO DISTRITO FEDERAL: GEOLOGIA HISTÓRICA	64
3.1 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA DO DISTRITO FEDERAL	65
3.1.1 ESTRATIGRAFIA & GEOCRONOLOGIA	70
3.1.1.1 GRUPO PARANOÁ	73
3.1.1.2 GRUPO CANASTRA	82
3.1.1.3 GRUPO ARAXÁ	84
3.1.1.4 GRUPO BAMBUÍ	85
3.1.2 GEOLOGIA ESTRUTURAL & GEOTECTÔNICA	87
3.1.3 GEOMORFOLOGIA & PEDOLOGIA	93
3.1.4 HIDROGEOLOGIA & HIDROGRAFIA	103
3.1.4.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ	111
3.1.4.2 BACIA HIDROGRÁFICA DO SÃO FRANCISCO	113
3.1.4.3 BACIA HIDROGRÁFICA DO TOCANTINS/ARAGUAIA	114
3.1.5 CLIMATOLOGIA	114
3.2 MEIO BIÓTICO	123
4. A EVOLUÇÃO DO MEIO FÍSICO DO DISTRITO FEDERAL: HISTÓRIA AMBIENTAL	129
4.1 CIVILIZAÇÕES HUMANAS E IMPACTOS AMBIENTAIS NO DISTRITO FEDERAL	132
4.1.1 PRÉ-HISTÓRIA	133
4.1.2 HISTÓRIA COLONIAL	135
4.1.3 HISTÓRIA REPUBLICANA	136
4.2 HISTÓRIA AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL	140
4.2.1 AÇÕES IMPACTANTES SOBRE O MEIO FÍSICO DO DISTRITO FEDERAL	141

4.2.2 REFLEXÕES DOS EFEITOS IMPACTANTES SOBRE O MEIO FÍSICO DO DISTRITO FEDERAL.....	148
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	163
5.1 COMPILAÇÃO DE DADOS.....	165
5.2 PESQUISAS GEOLÓGICAS	166
5.3 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA.....	169
6. ARTIGO CIENTÍFICO	172
THERMAL AND EXHUMATION HISTORIES MODELING OF THE BRASÍLIA DOME, FEDERAL DISTRICT, BRAZIL, CONSTRAINED FROM HIGH DAMAGE ZIRCON (U-TH)/HE AND U-PB DATING.....	172
7. ARTIGO CIENTÍFICO	203
A HISTÓRIA EVOLUTIVA DO MEIO FÍSICO DO DISTRITO FEDERAL, BRASIL, E A PRESENÇA HUMANA: CONTRIBUIÇÕES SOBRE O TEMPO PROFUNDO PARA A CONSCIÊNCIA SUSTENTÁVEL DO PÚBLICO LEIGO.....	203
8. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	261
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	266

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- FIGURA 1.1** – MAPA GEOPOLÍTICO DO DISTRITO FEDERAL COM DESTAQUE PARA AS 31 REGIÕES ADMINISTRATIVAS..... 26
- FIGURA 1.2** - MAPA DO DF E MUNICÍPIOS VIZINHOS DOS ESTADOS DE GOIÁS E DE MINAS GERAIS COM A DELIMITAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA E DA REGIÃO INTEGRADA DE DESENVOLVIMENTO DO DISTRITO FEDERAL E ENTORNO - RIDE/DF. FONTE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – MALHA MUNICIPAL (IBGE, 2010). ELABORAÇÃO: NÚCLEO DE GEOPROCESSAMENTO/COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL (CODEPLAN, 2013). 29

CAPÍTULO 3

- FIGURA 3.1** – COMPARTIMENTAÇÃO TECTÔNICA DA PROVÍNCIA TOCANTINS COM DESTAQUE PARA A FAIXA BRASÍLIA (CINZAS). AMBIENTAIS TECTÔNICOS DEFINIDOS POR DADOS GEOCRONOLÓGICOS DE PROVENIÊNCIA (SM-Nd; U-Pb) EM ZIRCÕES DETRÍTICOS. PT - PROVÍNCIA TOCANTINS; FA – FAIXA ARAGUAIA; FP - FAIXA PARAGUAI. SETAS INDICAM A VERGÊNCIA TECTÔNICA. MODIFICADO DE PIMENTEL *ET AL.*, (2011). 67
- FIGURA 3.2** – MAPA GEOTECTÔNICO DA PROVÍNCIA TOCANTINS COM DESTAQUE PARA A FAIXA DE DOBRAMENTOS BRASÍLIA E LOCALIZAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL. ADAPTADO DE DARDENNE (2000). 72
- FIGURA 3.3** - MAPA GEOLÓGICO DO DISTRITO FEDERAL. (MODIFICADO DE CAMPOS, 2010).....74
- FIGURA 3.4** - COLUNA ESTRATIGRÁFICA DO GRUPO PARANOÁ NA ÁREA-TIPO DE ALTO PARAÍSO DE GOIÁS/DISTRITO FEDERAL. ADAPTADO DE GUIMARÃES *ET AL.*, (2013)..... 76
- FIGURA 3.5** – COLUNA ESTRATIGRÁFICA DO GRUPO CANASTRA, DEFINIDA NA REGIÃO NOROESTE DE MG. ADAPTADA DE DARDENNE (2000) 83
- FIGURA 3.6** – COLUNA ESTRATIGRÁFICA DO GRUPO BAMBUÍ. ADAPTADA DE DARDENNE (1978). 86
- FIGURA 3.7**– REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA EVOLUÇÃO TECTÔNICA DOS PALEOCONTINENTES E BLOCOS ENVOLVIDOS NA CONFIGURAÇÃO DA FAIXA BRASÍLIA. MODIFICADA DE D’EL REY (2013). 91
- FIGURA 3.8** - MODELO DE EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO RELEVO DO DISTRITO FEDERAL. MODIFICADO DE EMBRAPA (2004). 98
- FIGURA 3.9** – COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO DISTRITO FEDERAL. (ADAPTADO DE GDF, 2012). 99
- FIGURA 3.10** – MAPA DE SOLOS DO DISTRITO FEDERAL. ADAPTADO DE GDF (2012). 101
- FIGURA 3.11** - DISTRIBUIÇÃO DOS AQUÍFEROS POROSOS DO DISTRITO FEDERAL (GDF, 2012)..... 106
- FIGURA 3.12** –BACIAS HIDROGRÁFICAS DO DISTRITO FEDERAL..... 110
- FIGURA 3.13** – CURVAS ANUAIS MÉDIAS ENTRE 1961 A 1990 DOS PARÂMETROS CLIMÁTICOS DE PRESSÃO, TEMPERATURA, PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA, UMIDADE, NEBULOSIDADE, EVAPORAÇÃO E INSOLAÇÃO ATMOSFÉRICAS DO DISTRITO FEDERAL DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE BRASÍLIA (INMET, 2008).....119
- FIGURA 3.14** –BALANÇO HÍDRICO DA ESTAÇÃO CLIMÁTICA BRASÍLIA, ENTRE 1961 A 1990 (IMET, 2008) 120

FIGURA 3.15 – MAPA DA DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MÉDIA DO DISTRITO FEDERAL PELO MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO KRIGAGEM DE 54 ESTAÇÕES CLIMÁTICAS DO DISTRITO FEDERAL E DO ENTORNO (GDF, 2012, FONTE: GONÇALVES, 2007)	121
FIGURA 3.16 – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA SEGUNDO OS CRITÉRIOS DE KÖPPEN PARA O DISTRITO FEDERAL (CODEPLAN, 1984).....	122
FIGURA 3.17 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA EVOLUÇÃO DAS FITOFISIONOMIAS DO CERRADO NA ÁREA NUCLEAR DOS CERRADOS DO PLANALTO CENTRAL BRASILEIRO NO DECORRER DO QUATERNÁRIO TARDIO (BARBERI, 2001).....	127

CAPÍTULO 4

FIGURA 4.1 – REGIÕES ADMINISTRATIVAS DO DISTRITO FEDERAL QUE EM ORDEM CRONOLÓGICA DE CRIAÇÃO SÃO: I – BRASÍLIA; II – GAMA; III – TAGUATINGA; IV - BRAZLÂNDIA; V – SOBRADINHO; VI – PLANALTINA; VII – PARANOÁ; VIII – NÚCLEO BANDEIRANTE; IX – CEILÂNDIA; X – GUARÁ; XI – CRUZEIRO; XII – SAMAMBAIA; XIII – SANTA MARIA; XIV – SÃO SEBASTIÃO; XV – RECANTO DAS EMAS; XVI – LAGO SUL; XVII – RIACHO FUNDO; XVIII – LAGO NORTE; XIX – CANDANGOLÂNDIA; XX- ÁGUAS CLARAS; XXI – RIACHO FUNDO II; XXII – SUDOESTE/OCTOGONAL; XXIII – VARJÃO; XXIV – PARK WAY; XXV - SCIA; XXVI – SOBRADINHO II; XXVII- JARDIM BOTÂNICO; XXVIII – ITAPOÃ; XXIX – SAI; XXX – VICENTE PIRES; XXXI – FERCAL.....	147
FIGURA 4.2 - CRESCIMENTO POPULACIONAL DO DF E DA RIDE/DF (IBGE, 2016).....	149
FIGURA 4.3 - IMAGEM DE SATÉLITE ALOS COM A LOCALIZAÇÃO DAS OCUPAÇÕES URBANAS EM BRANCO/AZUL PREDOMINANDO NA PORÇÃO CENTRO-SUOESTE. À LESTE, NA COR BEIGE, MONOCULTURAS DE SOJA. PORÇÕES MAIS ESCURAS DE ÁREAS DE CERRADO PRESERVADAS. (FONTE: WWW.ZEE-DF.COM.BR)	151
FIGURA 4.4 - MAPA DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PROFUNDAS DO DISTRITO FEDERAL. ADAPTADO DE CAMPOS E FREITAS-SILVA (1998).	157

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 3

TABELA 3.1 – CLASSIFICAÇÃO E SUBDIVISÕES DOS AQUÍFEROS DO DISTRITO FEDERAL COM SUAS VAZÕES MÉDIA E TRILOGIAS SOBRE AS QUAIS OCORREM. ADAPTADO DE CAMPOS; FREITAS (1999).	105
---	-----

CAPÍTULO 4

TABELA 4.1 – CLASSIFICAÇÃO DOS AQUÍFEROS POROSOS QUANTO À SENSIBILIDADE NATURAL A CONTAMINAÇÃO. FONTE: GDF(2012)	156
--	-----

RESUMO

A história evolutiva do meio físico do Distrito Federal, com aproximadamente 1,5 bilhão de anos, construída com base em conhecimento científico, em especial o conhecimento geológico, é apresentada numa linguagem para um público leigo com nível médio de escolaridade.

Os eventos que compõem essa história foram tomados da compilação de pesquisas científicas anteriores sobre o Distrito Federal, publicadas em periódicos científicos nacionais e internacionais e de dissertações e teses nacionais. Novos dados geológicos complementares, para cobrir lapsos dessa história, foram obtidos de pesquisas sobre termocronologia de baixa temperatura pelo método isotópico (U-Th)/He e, sobre procedência, pelo método U-Pb em zircões detríticos, de rochas dos grupos Paranoá e Araxá. Os novos dados isotópicos confirmam a história geológica previamente conhecida e trazem novas evidências de reativações tectônicas no Neocretáceo, há aproximadamente 100 Ma, contemporâneos e correlacionáveis a eventos magmáticos continentais, ocorridos no sul do Brasil.

Considerações do meio biótico e, em especial, da presença humana, são incluídas nessa história por ser o objetivo principal do trabalho semear uma consciência planetária e sustentável na população do Distrito Federal. Ênfase é dada (1) à importância do Tempo Profundo e sua contextualização na compreensão dos impactos ambientais atuais; (2) à transdisciplinaridade e, (3) às relações sistêmicas que regem os processos naturais que configuraram o meio físico do DF. Procurou-se aproximar o público leigo da Ciência em se apresentar o pensamento geocientífico para justificar os eventos naturais e a cronologia da história.

A linguagem facilitada da divulgação empregou o discurso narrativo indireto e raras vezes o discurso direto. Reduções, expansões e variações dos termos científicos, poesias e figuras de linguagem foram utilizados como recursos linguísticos.

ABSTRACT

This work presents the approximately 1.5 Ga evolutionary history of the physical environment of the Federal District, based mainly on geological knowledge, in a comprehensive level for high school lay public.

The facts of the history were gathered from previous scientific researches, published in national and international scientific journals or taken from dissertations and thesis as well. In order to fill gaps of the geological history, new isotopic data on (U-Th)/He thermochronology and U-Pb geochronology were carried out on detrital zircon of the Paranoá and Araxá. The results of these new data are in agreement with previous researches and brought to light new evidence of Neocretaceous tectonic exhumation at ~100Ma, which were tentatively correlated to contemporaneous continental magmatic events of southern Brazil.

The main purpose of this work is the development of planetary consciousness in the FD citizens and for that reason, comments on the biological environment focused on human activities were considered. Emphasis was placed on: (1) Deep Time significance on contextualization of environmental impacts (2) transdisciplinarity, and (3) systemic relationships, which control the natural process of the FD physical environment. To approach the lay public to science the geoscientific way of thinking was explained to justify the chronology and facts of the history.

The narrative discourse was chosen for the scientific diffusion. Reductions, expansions and variations of scientific terms, as well as figures of speech and poetry were used.

A ciência, palavra derivada do latim **scientia**, foi assim designada na Europa do século XVIII com o significado mais abrangente de conhecimento ou saber. Desde então, o acúmulo progressivo e mais aprofundado de conhecimentos em diversas áreas do saber exigiu classificações mais específicas para distinguir uma ciência da outra. Independente de qual ciência se trata, seja humana ou exata, que corresponde à classificação mais geral das ciências; todas guardam entre si a premissa básica inerente ao seu conceito, atualmente mais elaborado como sendo:

o corpo de conhecimentos sistematizados adquiridos via observação, identificação, pesquisa e explicação de determinadas categorias de fenômenos e fatos, formulados metódica e racionalmente, segundo regras e leis específicas, e dotados de valor universal (AURÉLIO; MICHAELIS; DICIONÁRIO INFORMAL, 2016).

Desde o seu nascimento o fazer ciência sempre esteve conjugado, por diversas razões, ao compartilhamento das novas informações científicas com os demais sujeitos da sociedade, entendidos como leigos - aqueles que não compreendem de pronto uma linguagem específica de alguma área da ciência, podendo ser desde não letrados a cientistas de outras áreas. No entanto, a linguagem hermética inerente a cada ciência sempre foi de difícil compreensão a qualquer público leigo, exigindo dos cientistas uma tradução ou transposição para uma linguagem mais simplificada, sem, contudo, perder sua essência científica.

A importância de propiciar o acesso às informações científicas possui vários aspectos que são interconectados entre si. A sociedade tem se tornado cada vez mais tecnológica e para tanto a ciência possui papel ímpar. Por sua vez, a tecnologia é movida pelos anseios e necessidades dos cidadãos que vão usufruir dos bens tecnológico-científicos, seja para sua educação, saúde, trabalho ou lazer. Sociedade, ciência e tecnologia são assim componentes de um circuito em constante retroalimentação.

Essa percepção já vem sendo discutida no Brasil há aproximadamente 40 anos por vários setores da sociedade no que se gerou o movimento pela Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), sendo um dos seus enfoques o aspecto educativo, que inclui nos objetivos: “Promover uma autêntica democratização do conhecimento científico e tecnológico, de modo que ela não só se difunda, mas que se integre na

atividade produtiva das comunidades de maneira crítica” (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p. 74).

Se a ciência que alimenta a tecnologia não for minimamente compreendida, a sociedade não estará apta a usufruí-la adequadamente, gerando defasagem no circuito, podendo levar até a uma ineficiência total e desmantelamento desse circuito.

Quanto ao compreender ciência, nos referimentos a compreensão maior da natureza da ciência como exposto por Matthews (1998). O autor defende uma educação científica que possa responder algumas questões filosóficas básicas sobre a epistemologia da ciência: “Quais temas ou processos do nosso mundo são compreensíveis? Como podemos compreendê-los? Qual a diversidade desses processos e suas relações?” (Matthews, 1998, p.169, *tradução nossa*).

Mais do que aceitar as informações divulgadas por cientistas e repeti-las mecanicamente sem questionar, Matthews (1998) coloca a importância de entender como cientistas desenvolvem a ciência e que a ciência é passível de influências por fatores culturais, econômicos, religiosos, filosófico, entre outros, e que todas essas informações deveriam estar ao alcance dos educandos. Em nosso trabalho, extendemos essa colocação aos cidadãos em geral, e não somente a educandos de escolas formais, para que estes possam também estar melhor paramentados em lidar com consequências advindas da própria ciência.

Um exemplo atual e pertinente a tal discussão, do nosso ponto de vista, e comumente enfrentado pela sociedade moderna devido a problemas de pouco conhecimento da ciência ou tecnologia é o da questão de impactos ambientais. Uma sociedade cientificamente educada teria conhecimento suficiente, ao menos teórico, para pelo menos argumentar, apresentar contraproposta, não aceitar, gerenciar e discutir soluções que dizem respeito a questões como o uso da água, energia e dos recursos naturais que são componentes básicos numa sociedade tecnológica.

Os cidadãos brasileiros estão à mercê do conhecimento de poucos cientistas e tecnólogos que ficarão responsáveis por dar soluções e mover ações de recuperação. Se essas ações serão convenientes para poucos, eles não serão capazes tão pouco para se opor, nem sequer discutir.

Assim, paramentar cientificamente os cidadãos de uma sociedade tecnológica é de suma importância para se tentar manter o sistema com o intuito de contribuir para um desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, a divulgação pública e em linguagem

acessível, principalmente, dos conhecimentos científicos básicos dos processos naturais que regem o planeta, podem cumprir um papel importante.

Dentre esses processos, comumente aqueles relacionados ao meio biótico, ou da vida como a entendemos, despertam maior interesse e por isso são mais familiares ao público em geral, até porque é o meio que se assemelha mais a nós, seres humanos. O meio abiótico, que diz respeito aos grandes âmbitos das rochas, águas e gases, conhecidos respectivamente como geosfera, hidrosfera e atmosfera são mais desconhecidos, apesar do uso direto pela humanidade dos recursos que proporcionam.

Outra questão ainda não tão bem compreendida é a nossa influência direta ou indireta sobre os processos naturais, uma vez que a divulgação na mídia sobre questões como aquecimento global, desflorestamento ou esgotamento de recursos naturais são mostradas ora como de inteira responsabilidade humana, ora como sendo influenciadas por fatores cíclicos naturais ou mesmo externos ao planeta, o que deixa dúvida o grau de nossa responsabilidade.

Frodeman (2013) numa análise mais crítica da atual discussão em apontar responsáveis das causas das mudanças climáticas, discorre sobre a importância dos cientistas e público leigo em concentrar mais esforços em frear as consequências negativas de nossas atitudes sobre o ambiente circundante. Com base numa comparação de dados científicos de anomalias climáticas que consideram diferentes lapsos de tempo de coleta de dados atmosféricos, o autor demonstra a atual dificuldade que a ciência tem em responder a tal questão. E que nesse momento é muito mais produtivo, até para nossa qualidade de vida humana, nos focarmos em atitudes de mitigações dos impactos ambientais que a ciência já pode resolver.

As ciências mais próximas das questões ambientais e que se preocupam com os processos naturais são várias, podendo todas serem integradas às Ciências Naturais de maneira mais abrangente. Enquanto às relacionadas à Biosfera podem ser subdivididas em Biologia, Ecologia, Botânica, Zoologia entre outras, as que se ocupam das demais esferas enquadram-se nas Geociências ou também denominadas de Ciência do Sistema Terra (WESTBROEK, 2002), que agrupam a Geologia, Geografia, Climatologia, Hidrogeologia e outras mais específicas.

Dentre essas últimas, a Geologia e a Geografia fornecem uma visão mais integrada dos processos abióticos e suas interações com os processos bióticos e

energéticos, possibilitando uma melhor compreensão da interdependência de todo e qualquer ser inanimado e animado desse planeta.

O pensamento geocientífico possui algumas particularidades que o torna imprescindível ao entendimento de um mundo globalizado e ávido de mitigações ambientais, pois (POTAPOVA, 1968; CARNEIRO; TOLEDO; ALMEIDA, 2004; BOLACHA, 2008; BACCI, 2009; KASTENS *et al.*, 2009; FRODEMAN, 2010; CERVATO; FRODEMAN, 2013): (1) todos os acontecimentos no planeta, desde sua gênese, são organizados numa sequência cronológica como numa história com começo, meio e futuro fim; (2) comprova a interdependência intrínseca entre todos esses acontecimentos planetários e suas relações de causa e efeito – pensamento transdisciplinar¹; (3) permite estabelecer relações de similaridades de processos naturais atuais com processos antigos o que facilita desvendar acontecimentos passados dos quais não fomos testemunhas, mas cujos efeitos ainda experienciamos nos dias atuais; isso possibilita também extrapolar previsões de acontecimentos futuros; (4) permite familiarizar-se com marcos cronológicos desde poucos segundos até bilhões de anos e comprovar esses lapsos.

Permite também incorporar nesses aspectos os conceitos de Tempo Geológico e Tempo Profundo²; (5) permite identificar eventos que são regularmente repetitivos, outros que possuem uma probabilidade muito baixa de acontecerem novamente e outros ainda que não se repetirão jamais no futuro da história do planeta; (6) permite situar o ser humano como partícipe dessa história e por conseguinte, quantificar e qualificar seus impactos no planeta; (7) permite fornecer subsídios científicos para tomada de decisões de curto a longo prazo do uso e ocupação dos solos, de utilização de recursos hídricos, de prevenção e remediação de desastres naturais e exploração de recursos naturais, de utilização racional de recursos naturais finitos ou de qualquer outra decisão política, social, econômica e, sobretudo, de fomentar a educação de caráter ambiental e sustentável dos cidadãos comuns para que os mesmos sejam corresponsáveis e saibam quantificar seus impactos sobre o planeta.

¹ **Transdisciplinaridade:** é uma abordagem científica que visa à unidade do conhecimento. Desta forma, procura estimular uma nova compreensão da realidade articulando elementos que passam entre, além e através das disciplinas, numa busca de compreensão da complexidade do mundo real. É uma abordagem de união entre a ciência e a sociedade (CONANT, 1964).

² **Tempo Profundo:** cunhado por Thomas Carlyle em 1832 e mais tarde popularizado por McPhee em 1981, se refere ao tempo anterior às culturas humanas. Enquanto **Tempo Geológico** é o calendário da história terrestre estabelecido, mas em constante atualização, pela Comissão Internacional de Estratigrafia, subdividido em Éons, Eras, Períodos, épocas e Idades, cujas subdivisões são baseadas em eventos geológicos e/ou biológicos.

A título de exemplo da importância do conhecimento dos processos geológicos pelo público, podemos citar no Brasil de hoje a situação dos moradores da cidade de São Paulo noticiada insistentemente na mídia televisiva a partir de 2014. Se esses já estivessem cientes dos fatores que regem o ciclo hidrológico e acompanhassem a disponibilidade da água no decurso de longos períodos de tempo, provavelmente teriam tido atitudes mais proativas quanto a essa questão. Poderiam estar mais cientes das obrigações e deveres do Estado, bem como das responsabilidades do consumidor comum em melhor conduzir maneiras sustentáveis de interferir no ciclo hidrológico para o bem comum. Teriam assim uma grande chance de não estarem sofrendo com a deficiência hídrica que tem assolado a capital do estado nos últimos anos.

Da mesma forma, se os moradores do vilarejo de São Bento em Mariana, Minas Gerais, em novembro de 2015, soubessem de antemão dos riscos de se morar a jusante de uma barragem de rejeito e quais riscos à vida o rejeito desse tipo de mineração oferece, talvez não tivessem aceito ou, pelo menos, estariam cientes do alto risco de serem atingidos por uma corrente de lama na eventualidade do estouro da barragem. Muitas mortes humanas e de animais domésticos poderiam ter sido evitadas. Isso, sem falar dos demais impactos ambientais catastróficos que o rompimento da barragem da Mineradora Samarco regionalmente causou. Ademais, e muito provavelmente, a população ribeirinha que sofreu com esse desastre ambiental e demais cidadãos que indiretamente dependiam da região afetada ao menos aprendem e sabem discutir ações que possam recuperar a região, para que suas vidas voltem a ter um ritmo cotidiano normal.

Uma outra questão economicamente importante e que deveria pautar as decisões políticas seria valorar em longo prazo os impactos ambientais humanos. Por exemplo, quantificar a perda de solo devido às culturas agrícolas intensivas em comparação com a produção natural de solos ao longo do tempo geológico, para então dividir as responsabilidades de custo dessas perdas, desde o produtor até o consumidor. Medidas para a recuperação do solo em tempo geológico hábil, para nosso proveito, também deveriam ser tomadas por todos os atores envolvidos nesse processo (CERVATO; FRODEMAN, 2013).

Conhecimentos geocientíficos também são de grande valia na defesa pela valoração econômica dos recursos naturais que vem sendo discutida juridicamente por profissionais do Direito Ambiental, da Economia Ecológica e Gestão Ambiental

(DERANI, 2008; MOTTA, 1997; MATTOS; MATTOS; MATTOS, 2009; SEILERT, 2012) que defendem que no sistema de mercado:

A questão da valoração econômica dos recursos naturais necessita ser considerada as externalidades ambientais³ na avaliação do meio ambiente. Assim, tanto as soluções privadas e ou as públicas, por meio desses mercados, sejam adotadas para que ocorra a internalização das externalidades negativas para conseguir o desenvolvimento sustentável, permitindo às gerações do presente e do futuro desfrutar os recursos naturais e os fatores de produção atendendo as necessidades humanas (CARVALHO; ADOLFO, 2012, p. 971).

Carvalho & Adolfo (2012) ressaltam ainda que para discutir tais questões é necessária uma visão mais abrangente, citando o termo transdisciplinar quando dizem que:

Na Economia ou no Direito Ambiental, a valoração dos recursos naturais assume um conceito de valoração econômica integrada, e a solução na esfera do meio ambiente ultrapassa a apreciação técnica, dogmática e disciplinar, havendo a necessidade de se adotar na gestão ambiental uma visão inter e transdisciplinar (p. 971).

Fica claro, mesmo para cientistas sociais, que valorar recursos naturais só é possível com o respaldo do conhecimento dos processos naturais dos meios abióticos e bióticos. A argumentação sobre políticas públicas ambientais, sejam econômicas ou sociais, só podem então ser confiáveis sob a perspectiva geológica-geográfica. Perspectiva essa que vem sendo discutida por vários geocientistas há algumas décadas e que vêm de encontro às outras áreas das Ciências Ambientais supracitadas.

As implicações econômicas do tempo geológico são generalizadas e inevitáveis. Uma ampla gama de fatores financeiros pode ser mais bem compreendida por meio da perspectiva de tempo geológico. A sociedade humana depende de muitos materiais naturais que foram formados ao longo do tempo geológico em condições difíceis ou impossíveis de ser reproduzidas. Os recursos vão desde fontes de energia (p.ex., petróleo, carvão), a materiais de construção (p.ex., agregados tais como areia e brita), até outras necessidades básicas da vida (p.ex., solos, aquíferos e o próprio ar que respiramos).

[...]

Chamamos domínio público a relação entre tempo profundo e a tomada de decisões públicas. A fim de serem adequadamente enquadradas, questões como mudança climática, esgotamento de recursos e a perda da biodiversidade exigem as perspectivas de tempo geológico.

³ **Externalidades** Ambientais são os benefícios (externalidades positivas) e custos ou impactos (externalidades negativas) ao meio ambiente quando da produção de algum bem, segundo a Teoria Econômica das Externalidade Ambientais (HARRIS; ROACH, 2013).

[...]

Uma percepção da ampla extensão de tempo necessária para a criação de combustíveis fósseis é crucial para a formulação de políticas, p.ex., para o estabelecimento de normas de eficiência de combustíveis automotivos. É fato que nos últimos 10.000 anos estamos vivendo um período interglacial de clima relativamente quente que eventualmente está terminando. Portanto, novamente temos um debate sobre o futuro da mudança climática em termos de tempo de resiliência de gases estufa na atmosfera (Archer 2005). Em suma, nossas decisões atuais devem ser postas dentro de estrutura que inclua o passado e o futuro em termos de tempo geológico (CERVATO; FRODEMAN, 2013, p.74-75).

No entanto, a pesquisa e a própria divulgação geocientífica no Brasil ainda se encontra num estágio embrionário. Essa situação tem sido questionada desde o final do século passado quando Eerola (1994) colocou em pauta alguns fatores limitantes do acesso do público ao conhecimento geológico: pouco investimento em cultura, ciência e tecnologia; baixo poder aquisitivo da população; pouca pesquisa na área e sua divulgação; desinteresse da própria comunidade científica; desinteresse por temas geológicos na divulgação de ciência que, quando divulgados, não são sobre exemplos nacionais; baixa produção de documentários televisivos que são, por sua vez, exibidos em horários de difícil alcance ou são sensacionalistas e questionáveis.

Na atual conjuntura, cabe, mais do que nunca aos geocientistas, além de por opção profissional desenvolverem as geociências, a obrigação de comunicar o conhecimento geocientífico de maneira a oferecer subsídios que possam, em tese, fundamentar as decisões ocupacionais humanas e as mitigações de eventuais impactos.

À medida que ocorre o crescimento populacional e do desenvolvimento científico, aumenta a ênfase na relevância pública e social das Geociências. Augustin *et al.*, (2014) demonstram que o crescimento populacional não gera crises ambientais, mas a agrava sensivelmente na ausência de uma racionalidade produtiva sustentável. Para tanto acreditamos que a instrução geocientífica e ambiental pode contribuir sobremaneira com o planejamento e reparação do meio físico. As pesquisas científicas buscam solucionar problemas da sociedade e devem ser explicitadas para essa mesma sociedade.

Muito se questiona os hábitos humanos pós Revolução Industrial do século XIX que imprimiu uma natureza de produção e aquisição de bens preocupada essencialmente em índices econômicos de curto prazo, imbuídos da propaganda de qualidade de vida sustentada pela posse material, e que ainda distingue as nações,

em desenvolvidas ou não. Decorridos apenas 170 anos aproximadamente, tempo ínfimo comparado ao tempo longo geológico de muitos processos naturais, sabemos que com a atual população mundial é impossível oferecer os mesmos padrões de vida propagados pelo sistema econômico para todos os cidadãos planetários. Por exemplo, se países como China e Índia que são extremamente populosos adotassem o modo de vida do país considerado mais desenvolvido no mundo, os Estados Unidos, seria necessário de quatro a cinco planetas do tamanho da Terra para suprir o mesmo nível de consumo.

Isso sugere que o *Homo economicus* pode estar atingindo seu fim de sua vida útil, causando uma reavaliação de nosso sentido de como devemos ordenar nossas vidas. É bem possível que sejamos forçados a repensar formas mais tradicionais de avaliar o que é uma vida rica e frutífera, como a afirmação de Aristóteles de que a nossa fonte mais básica de prazer é a simples experiência de admirar a natureza das coisas. Dentro de tal visão de mundo, as geociências, e particularmente o tempo geológico, terão muito a oferecer (CERVATO; FRODEMAN, 2013, p.73).

Com o intuito de fomentar a transferência de conhecimento técnico-científico produzido principalmente nas universidades brasileiras por geocientistas é que se apresenta neste trabalho uma proposta de explicar os conceitos e métodos empregados na pesquisa geocientífica para que o público leigo possa compreender melhor, do ponto de vista científico, os processos naturais que controlam o meio físico.

O meio físico aqui empregado segue a definição de Fornasari Filho *et al.*, (1992) como sendo, o conjunto do ambiente caracterizado pela interação dos componentes predominantemente abióticos, quais sejam, materiais terrestres (solos, rochas, água e ar) e tipos naturais de energia (gravitacional, solar, energia interna da Terra e outras), incluindo suas modificações decorrentes da ação biológica, incluindo a humana.

O conhecimento que se pretende compartilhar aqui é essencialmente o conhecimento geológico-geográfico por ser menos conhecido da população brasileira, mas cabe ressaltar que os métodos científicos empregados nas geociências são muito similares aos das demais ciências.

Para uma melhor compreensão da atuação humana sobre os demais elementos e processos naturais, escolheu-se compartilhar o conhecimento científico do meio físico da região do Distrito Federal, considerado a unidade da federação de maior concentração populacional do Brasil, onde as relações de causa e efeito entre grandes aglomerações humanas e demais componentes naturais são claramente perceptíveis.

O Distrito Federal (DF) é a menor unidade federativa do Brasil (IBGE, 2014) com área de 5.779,99 km², equivalente a 0,06% da superfície do país, localizado na região política do Centro-Oeste, geograficamente como um enclave a leste do estado de Goiás. Apresenta como limites naturais o rio Descoberto, a oeste e, o rio Preto, a leste, enquanto que a norte e a sul é limitado pelas longitudes 15°30'00" e 16°03'15", que definem um quadrilátero correspondente à sua área (Figura 1.1).

O DF é o território que abriga a sede administrativa do governo federal brasileiro e do próprio DF, este último gerido por um governador. Diferentemente das outras unidades federativas, o DF não tem caráter de estado e nem possui municípios. Mas é um território autônomo com 31 regiões administrativas (RA), sendo que apenas 19 delas são reconhecidas pelo IBGE (2014), enquanto as demais aguardam a aprovação de seus limites pela Câmara Legislativa do Distrito Federal. Cada RA está sob a jurisdição de uma cidade do DF, anteriormente denominadas de cidades satélites, com exceção de Brasília, Lago Sul e Lago Norte que nunca foram denominadas de cidades satélites, e são governadas por administradores regionais e secretários, segundo a Lei Orgânica do Distrito Federal de 8 de junho de 1993.

A localização do DF no Planalto Central brasileiro, concebido legalmente já na primeira constituição brasileira de 1891, foi idealizado com dois intuitos principais. O primeiro, de cunho estratégico, era de melhor proteger o governo federal de possíveis ataques estrangeiros, principalmente holandeses e franceses, por se localizar anteriormente em cidades litorâneas - inicialmente em Salvador, BA, durante 214 anos, entre 1549 e 1763, e depois outros 197 anos no Rio de Janeiro, RJ. E segundo, para levar o desenvolvimento às regiões interioranas do Brasil na intenção de promover uma coesão territorial. No entanto, a sua concretização ocorreu muitos anos depois com a construção de Brasília, a nova capital federal, em 1960, pelo então Presidente Juscelino Kubitschek.

Em seu projeto inicial previa-se uma população de 500 mil habitantes no ano de 2000 e, segundo dados do IBGE (2000), o distrito já possuía nesta data 2,05 milhões, sendo 1,96 milhões na área urbana e cerca de 90 mil na área rural. No último censo de 2010 (IBGE, 2010) a população total superava os 2,5 milhões de habitantes,

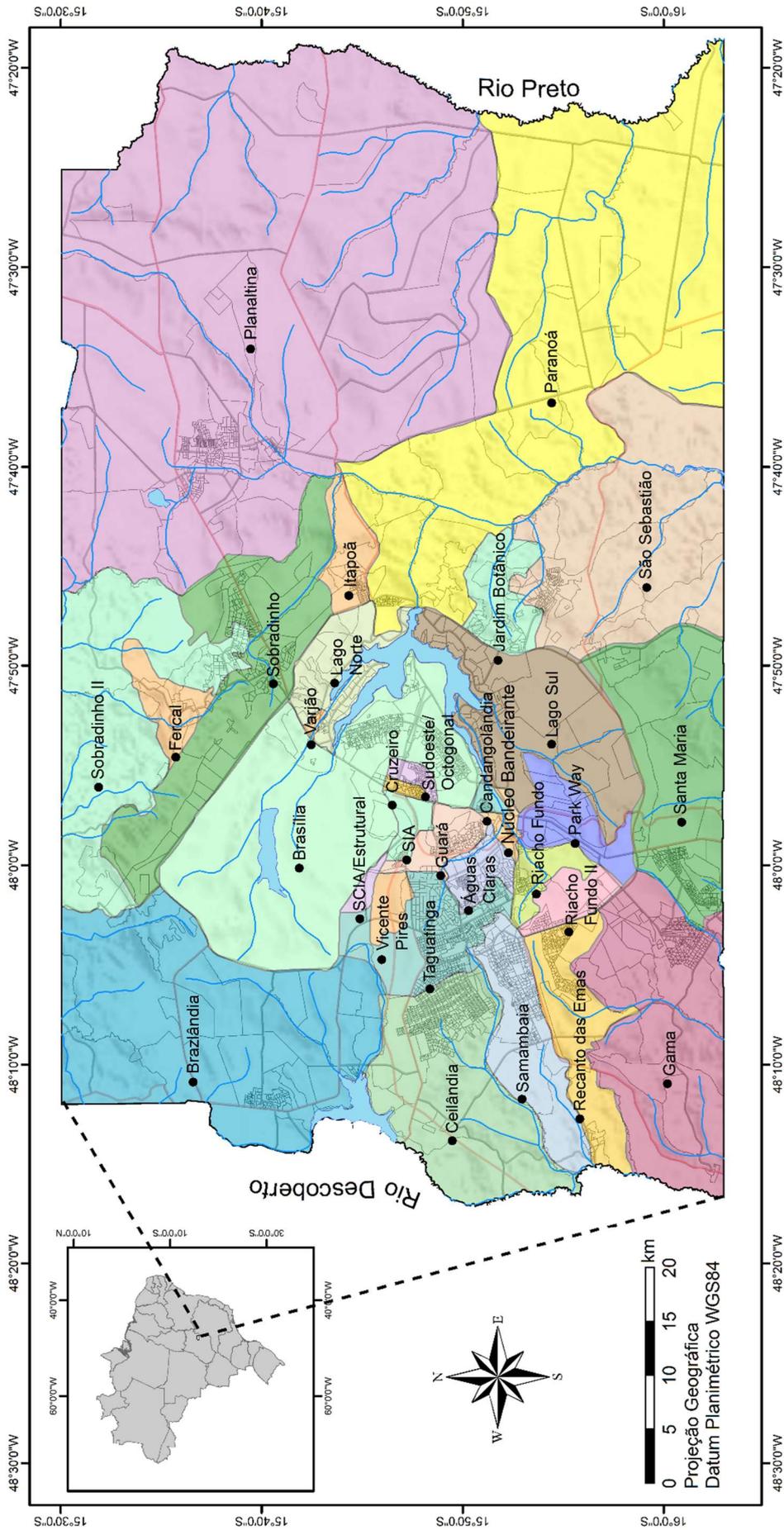


Figura 1.1 – Mapa geopolítico do Distrito Federal com destaque para as 31 Regiões Administrativas.

2,47 milhões nas cidades e 86 mil na zona rural, colocando o território como a unidade da federação de maior densidade demográfica.

O intenso processo de adensamento populacional ocorrido no DF possui algumas características singulares e recorrentes ao longo de sua história que o distingue da maioria dos processos ocorridos nos demais centros urbanos brasileiros. Como resultado, os impactos humanos sobre a região se intensificaram de maneira acelerada.

Primeiro, a maioria das cidades do DF foram construídas e ocupadas em um tempo médio e recorde de cinco anos. Isso é válido tanto para a construção da primeira cidade, Brasília, e os núcleos de povoamento aos seus arredores que abrigavam a mão de obra construtora do DF na década de 50. Bem como, para a construção de novas cidades satélites, atualmente as Regiões Administrativas, durante o final da década de 1980 e ao longo da década de 1990, quando os maiores índices de crescimento populacional foram registrados ao longo de sua história (IBGE, 2014).

Segundo, as decisões preponderantemente políticas que levaram às construções urbanas do DF em tempo exíguo foram responsáveis por um contingente populacional formado essencialmente por imigrantes de vários estados brasileiros. Durante as décadas de 1960 e 1970 os imigrantes foram atraídos por novas oportunidades de emprego no governo federal e, nos anos de 1980 e 1990, além dos empregos, também foram atraídos por moradias oferecidas nas novas cidades satélites em construção. O crescimento vegetativo até pouco tempo teve pouca influência uma vez que o DF é muito jovem.

Terceiro, o alto índice de imigrantes levou à criação de novas cidades aos arredores do DF, em Goiás e Minas Gerais, e ao aumento da população residente de cidades já existentes nesses estados. Essas cidades se desenvolveram dentro do processo de cornubação⁴ para sustentar atividades econômicas vinculadas ao funcionamento de Brasília ou das demais RAs, seja nas atividades da administração direta do Governo Federal ou Distrital, ou nas atividades dos outros setores da economia. Inicialmente a região denominada informalmente de Entorno do DF foi oficializada a partir de 2011 pela Lei Complementar n.º 94, de 19 de fevereiro de 1998,

⁴ **Cornubação:** extensa área urbana formada por cidades e vilarejos que foram surgindo e se desenvolvendo um ao lado do outro, formando um conjunto.

e regulamentada pelo Decreto n.º 7.469, de 04 de maio de 2011 como “Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno” (RIDE/DF).

A RIDE-DF (Figura 1.2) compreende 22 municípios e o Distrito Federal (cidade núcleo), sendo 19 municípios pertencentes ao estado de Goiás e 3 pertencentes ao estado de Minas Gerais. Os 22 municípios da RIDE-DF têm também como atividade econômica a agropecuária, sendo que em 2 municípios (Pirenópolis e Corumbá de Goiás) destaca-se também a participação do setor turístico (CODEPLAN, 2003). O maior ou menor grau de influência econômica dos municípios sobre o Distrito Federal é diretamente proporcional às suas distâncias deste.

Esse processo intenso de urbanização levou à metropolização⁵ da região, cuja metrópole um pouco menor que a RIDE, conta com 11 municípios todos do estado de Goiás (Figura 1.2).

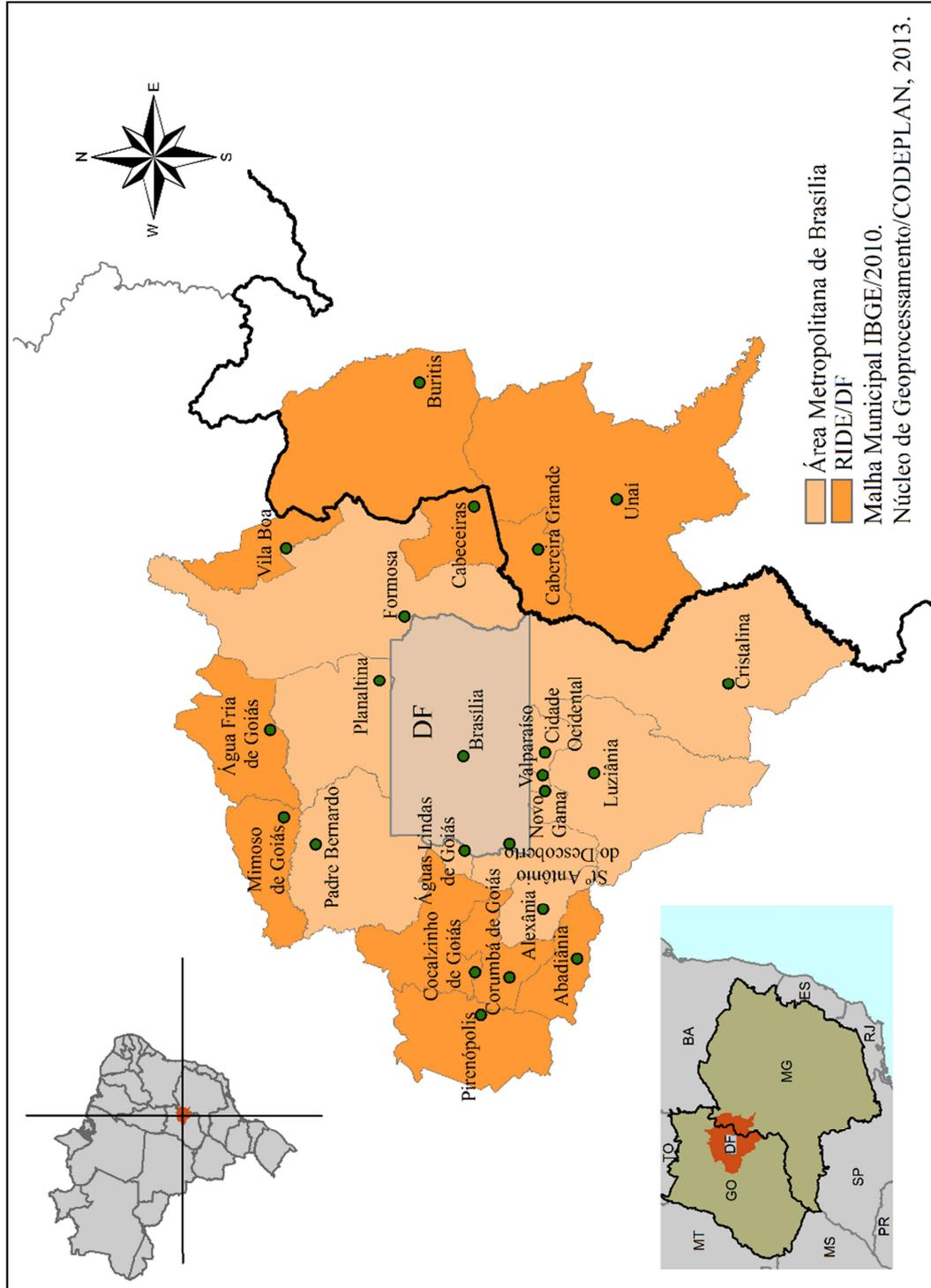
Quarto, a taxa de urbanização do DF e do Entorno já desde a década de 1970 foi superior a 96%, bem acima da taxa nacional, caracterizando o caráter urbano das ocupações da região. Se considerarmos a região metropolitana, a taxa de urbanização fica entre o patamar de 75 a 96% (IBGE, 2010).

O crescimento populacional do DF continua acelerado. Nos últimos três anos cresceu mais do que o dobro em relação à taxa nacional, ficando Brasília como a quarta cidade mais populosa do Brasil. A ocupação no Distrito continua desordenada, construções urbanas de novas regiões administrativas estão previstas e a população esperada para 2030 é próxima de 4 milhões de habitantes (IBGE, 2016).

A julgar pelo exposto, percebe-se que as intenções quando da criação do DF não atingiram seu propósito. Primeiro porque, se a sede do governo federal foi ameaçada algum dia por estrangeiros, foi na época da coroa portuguesa. Segundo, a ideia de desenvolver economicamente o interior do Brasil, especificamente na região do DF, resultou na realidade um adensamento populacional urbano dependente essencialmente do serviço público com suas ofertas de empregos bem remunerados. A industrialização, prevista nos planos iniciais de Juscelino Kubistcheck, nunca foi alcançada, no que resultou numa das regiões brasileiras de mais alto custo de vida, dependente de muitos produtos industrializados oriundos de outros estados.

⁵ **Metropolização:** Consiste em um processo de integração de território a partir de uma cidade-núcleo, configurando um território ampliado, em que se compartilha um conjunto de funções de interesse comum (IPEA, 2010).

Figura 1.2 - Mapa do Distrito Federal e municípios vizinhos dos estados de Goiás e de Minas Gerais com a delimitação da região metropolitana e da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno - RIDE/DF. (Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Malha municipal (IBGE, 2010). Elaboração: Núcleo de Geoprocessamento/Comp Distrito Federal (CODEPLAN, 2013)).



Mesmo com um alto Índice de Desenvolvimento Humano⁶ da cidade de Brasília, IDH de 0,824 (IBGE, 2010) comparativamente ao restante do país, as ocupações do DF trouxeram consigo problemas ambientais sérios que afetam hoje a qualidade de vida de todos os moradores da região.

A ostentação imbuída na concretização de um plano arquitetônico de uma cidade inteira em um curto prazo de tempo nos primórdios do DF, por si só, já implicou um alto e imediato consumo de insumos naturais na construção civil, vindos tanto da região como de outros estados e até mesmo de outros países. Da mesma forma, as ocupações aceleradas das demais RA e Entorno, deixaram muito a desejar no que se refere a ocupação sustentável no DF, uma vez que as características do meio físico, sejam bióticas e abióticas e suas inter-relações, não foram devidamente observadas.

A informação aqui compartilhada não se resume apenas na descrição dos elementos físicos do Distrito Federal, haja vista que essa descrição, como citado anteriormente, já se encontra disponível em diversas publicações direcionadas tanto ao público científico, como leigo.

1.2

OBJETIVOS

A proposta que se insere nesse trabalho é de apresentar a história evolutiva do meio físico do Distrito Federal ao longo de aproximadamente 1,5 bilhão de anos, construída com base em conhecimento científico, em especial o conhecimento geológico, numa linguagem para um público leigo com escolaridade mínima de nível médio.

Nosso intuito maior é mostrar a importância do conhecimento geocientífico no despertar de uma consciência sustentável na população do Distrito Federal. Ênfase é dada (1) à importância do Tempo Profundo e sua contextualização na compreensão dos impactos ambientais atuais; (2) à transdisciplinaridade e, (3) às relações sistêmicas que regem os processos naturais que configuraram o meio físico do DF. Considerações do meio biótico e, em especial da presença humana, são incluídas

⁶ O **Índice de Desenvolvimento Humano** (IDH), segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), é uma medida resumida do progresso a longo prazo em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde.

nessa história por ser o objetivo principal do trabalho semear uma consciência ambiental na população do Distrito Federal.

Pretende-se, a título de exemplo, que o público leigo entenda porque perfis de solos mais férteis existem na região leste do Distrito Federal e, por isso, essa área foi selecionada para monoculturas de soja, milho e algodão. Ao mesmo tempo, espera-se que possa compreender, com base, novamente, em pesquisas científicas, qual o grau de impacto dessas monoculturas nas terras e águas subterrâneas do Distrito Federal. Ou, se as expansões urbanas estão sendo planejadas para ocupar solos e subsolos propícios para tal.

Ao fazê-lo, outros objetivos importantes surgem que são desmistificar a visão que separa seres humanos e natureza e que a natureza é imutável, fixa e seus recursos infindáveis do ponto de vista humano. Pretende-se também que sempre que possível a natureza do fazer ciência e todos os seus fatores limitantes, citando dentre eles os filosóficos, religiosos, econômicos, fique um pouco mais clara para o público leigo, deixando também a noção de que a ciência faz aproximações reduzidas da natureza (Matthews, 1998; Pérez et al., 2001).

1.3

MÉTODOS

Para cumprir a proposta desta tese, os dados compartilhados foram tomados inicialmente de pesquisas geocientíficas publicadas em periódicos científicos nacionais e internacionais e de dissertações e teses disponibilizadas pelas universidades brasileiras. Informações complementares, julgadas pertinentes ao melhor entendimento da formação do meio físico do Distrito Federal, foram também obtidas de novas pesquisas geológicas desenvolvidas ao longo do projeto de doutorado.

Neste trabalho, considera-se que o princípio da evolução do meio físico do Distrito Federal coincide com a época de formação das primeiras rochas que se encontram hoje em sua região, com idade por volta de 1,5 bilhão de anos, da Era Meso-Neoproterozoica (DARDENNE, 1978; FARIA, 1995; SEER *et al.*, 2001; COSTA NETO, 2006; FREITAS-SILVA; CAMPOS, 1998; LIMA, 2011; SILVA *et al.*, 2012; CAMPOS *et al.*, 2013). Posteriormente essas rochas foram submetidas a processos

geotectônicos orogenéticos que resultaram na formação de cadeias de montanhas há aproximadamente 500 milhões de anos na passagem do Éon Proterozoico/Éon Fanerozoico (BRITO-NEVES *et al.*, 1999; 2002; PIMENTEL *et al.*, 2011; MATTEINI *et al.*, 2012). Desde então, nos 500 milhões de anos seguintes até os dias atuais, ou seja, durante todas as eras Paleozoica, Mesozoica e Cenozoica, essas rochas vêm sofrendo alterações intempéricas; erosões resultantes de variações climáticas e da ação da biosfera sobre os continentes e, soerguimentos. Essas alterações moldaram a geomorfologia, as bacias hidrográficas, os aquíferos e levaram também a formação dos solos (AB'SABER, 1962; 1969a; 1969b; ROSS, 1990; 1992; FREITAS-SILVA & CAMPOS, 1995; 1998; EMBRAPA, 2004; STEINKE *et al.*, 2007; BABERI & RIBEIRO, 2008). O que hoje existe no Distrito Federal como recursos naturais é então o resultado desses processos que atuam desde aproximadamente 1,5 bilhão de anos até os dias de hoje. Ainda, no final da Era Cenozóica, no Período Quaternário, ocorreram também ocupações humanas quando se iniciou a utilização dos recursos naturais da região. Essas ocupações serão consideradas como parte final da evolução, uma vez que seus impactos modificaram e continuarão a modificar as paisagens naturais. No entanto, a ênfase será dada à ocupação mais populosa e que mais impactou a região, ocorrida com a criação do território do Distrito Federal em 1960, cujos moldes persistem nos dias atuais e preocupam aqueles que visam uma ocupação mais ordenada e sustentável do Distrito Federal (BERTRAN, 2011).

Com o intuito de complementar alguns lapsos dessa história, optou-se por novas pesquisas da área de termocronologia que trazem informações mais precisas sobre limites de temperatura e pressão que justificam os processos tectônicos e superficiais que atuaram sobre as rochas do Distrito Federal (DF). Foram realizadas análises termocronológicas de baixa temperatura em zircões detríticos pelo método isotópico (U-Th)/He e geocronológico U-P em rochas do DF e arredores.

Na transposição da linguagem, optou-se, dentre os gêneros discursivos dialógicos da divulgação científica (BAKHTIN, 2003), pelo gênero narrativo, cujos eventos que compõem a história foram apresentados numa cronologia desde o passado até o presente. Com a intenção de facilitar a compreensão do leitor se fez uso de variadas figuras de linguagem (ROCHA & VARGAS, 2015). Buscou-se na transposição da linguagem de textos científicos para o texto literário, explicitar conceitos e métodos das ciências para leitores com um nível de letramento científico mínimo e equivalente ao Ensino Médio brasileiro.

A história evolutiva do meio físico do DF aqui apresentada compreende uma primeira fase de divulgação científica desses conhecimentos. O processo dialógico entre cientistas e não-cientistas em constante reflexão compreende uma segunda etapa com a divulgação da história em meio digital, quando recursos multimídia permitirão uma interatividade construtiva em prol de uma educação planetária (GADOTTI, 2005).

Assim, os produtos finais da presente tese de doutoramento se caracterizam de um lado por informações de cunho essencialmente científico, resultantes das pesquisas efetuadas ao longo do doutorado e apresentadas como artigo publicado em periódico científico internacional, bem como informações direcionadas ao público leigo tomadas de compilações dessas pesquisas e de pesquisas anteriores a serem publicadas em periódico nacional.

A estruturação do texto da tese do presente projeto segue nos próximos capítulos. Nos capítulos II, III, IV é apresentado o referencial teórico que embasa a pesquisa, subdivido em Divulgação Científica no Capítulo II, Geologia Histórica do Distrito Federal no Capítulo III e, História Ambiental do Distrito Federal no Capítulo IV. O capítulo V se refere a Procedimentos Metodológicos. Os dois próximos capítulos, resultantes da pesquisa, estão estruturados como artigos científicos. O capítulo VI apresenta os resultados de termocronologia e geocronologia das rochas do DF, enquanto o capítulo VII descreve a história evolutiva do DF transcrita para uma linguagem popular. O capítulo VIII finaliza com as Discussões e Conclusões da tese.

O Capítulo II dedicado à divulgação científica, traz a evolução histórica do processo de divulgação, sua relação intrínseca com a ciência, os motivos políticos, sociais e econômicos que a influenciaram na Europa e no Brasil desde o reconhecimento da ciência como tal. Discute, com base na compilação de trabalhos de diversos estudiosos, a complexidade e a problemática que se insere na tarefa de divulgar ciência.

Em termos conceituais a Geologia Histórica por si só compreenderia toda o lapso de tempo da história que se pretende apresentar, no entanto, os efeitos impactantes que as civilizações humanas exercem sobre o meio físico circundante é de tal magnitude que uma subdivisão entre Geologia Histórica (Capítulo III) e História Ambiental (Capítulo IV) foi proposta. A História Ambiental, sendo, pois, todo o período de tempo desde o aparecimento do ser humano e seus impactos que, comparativamente, é ínfimo se comparado ao Tempo Profundo.

Assim, no Capítulo III um levantamento do estado da arte da evolução geológica, que se inicia com os elementos físicos considerados mais antigo no território federal, as rochas, é relatado. Nesse capítulo foram compilados dados descritivos das rochas e suas classificações quanto as tipologias, ambiente de formação, processos tectônicos e intempéricos. Além da evolução geológica, os aspectos condicionantes da hidrosfera - como hidrologia, hidrogeologia e fatores climáticas - e biosfera, representada pelo bioma Cerrado, somam-se ao texto, haja vista a transdisciplinaridade de todos esses elementos.

No Capítulo IV buscou-se contar as modificações sofridas pelo meio físico do Distrito Federal e diferenciá-las em virtude de civilizações que ocuparam a região desde tempos pré-históricos até os dias atuais. A historicidade ambiental coloca em evidência que as modificações no meio físico são diretamente correlacionáveis aos diferentes modos de ocupação humana, resultantes, por sua vez, de concepções sócio-culturais distintas. Ênfase maior recai sobre a chegada dos europeus ao território e as influências que a sociedade capitalista imprimiu no território.

No Capítulo V descrevem-se os procedimentos metodológicos empregados no desenvolvimento da compilação de dados dos capítulos acima descritos; os procedimentos da pesquisa geocronológica e termocronológica que foram utilizados com o intuito de colaborar com a história do Distrito Federal e, as escolhas linguísticas para o texto de divulgação de toda a história.

No Capítulo VI encontram-se os resultados das pesquisas geológicas – geocronologia e termocronologia - na forma de um artigo científico intitulado “*Thermal and exhumation histories modeling of the Brasília Dome, Federal District, Brazil, constrained from high damage zircon (U-Th) He and U-Pb dating*”, submetido à publicação na revista internacional *Lithosphere* da Geological Society of America, EUA.

O Capítulo VII, traz então, a história evolutiva do Distrito Federal para não-cientistas na forma de um segundo artigo científico intitulado “*Divulgação científica sobre a evolução do meio físico do Distrito Federal, Brasil: contribuições sobre o Tempo Profundo para a consciência planetária*” a ser submetido para publicação na revista nacional *Terrae Didática*, do Instituto de Geociências da Universidade de Campinas – Unicamp, São Paulo.

As conclusões e discussões seguem no capítulo VIII.

A atividade de divulgação, aparentemente uma atividade simples, é bastante complexa. Por si só, já é uma tarefa transdisciplinar que envolve vários atores nas figuras dos divulgadores e do público alvo que pode ser de várias idades com vários graus de “letramento científico”⁷.

As intenções que se tem com a divulgação do conhecimento científico para um público não científico podem variar, até mesmo ser uma mescla de intenções, desde puramente científica ou política, passando pelas esferas social, mercadológica, educativa, entre outras e que podem ser divulgadas de maneira unilateral ou bilateral.

Exige linguagem facilitada em comparação com a linguagem técnica científica e, para tanto, pode utilizar diversos gêneros discursivos e recursos linguístico e meios de divulgação. Atualmente são utilizados como mídia de divulgação impressos escritos, produções audiovisuais, divulgações orais, produções multimídia em diversos veículos de comunicação desde livros e afins, radiodifusão, televisão ou internet (CARIBÉ, 2011).

Não bastasse a variedade de aspectos acima citados, soma-se a tudo isso a opinião de todos os atores, cientistas ou não, que julgam cada um desses aspectos de maneira subjetiva e objetivamente. Não é à toa que muitos profissionais, cientistas ou não, se debruçam sobre a questão num ambiente de muitos debates construtivos.

A divulgação científica é um espaço entre espaços, encontra-se na interface entre várias áreas do saber, entre vários locutores. Surge daí a pessoa ou pessoas que transitam nessa interface na figura do divulgador, que segundo Silva (2006):

(...) viria, imaginariamente, restabelecer a cisão, e minimizar a tensão instaurada ao longo da história no tecido social da modernidade. Essa cisão não é mantida sem tensão, sem a (re)produção tensa de um imaginário que a mantém. É nesse imaginário que trabalha a *divulgação científica* (p.58).

Como função social, concordamos com a definição de Grillo (2013), quando discute a diferença entre as funções da ciência, educação e divulgação de ciência:

⁷ **Letramento científico:** aprendizagem dos conteúdos e da linguagem científica e tecnológica num contexto sócio-histórico específico do cotidiano do indivíduo (ELER; VENTURA, 2007).

A divulgação científica, diferentemente, visa aumentar o estado de conhecimentos do seu público-alvo, sem, contudo, incorporá-lo enquanto agente do campo científico, submetendo seus saberes a uma resposta avaliativa crítica; seu objetivo é promover a formação de uma cultura científica no conjunto da sociedade (GRILLO, 2013, p.13).

A divulgação científica é indissociável do fazer ciência e sempre caminhou lado a lado com a sua epistemologia ao longo de toda a sua história. Recebeu diversas denominações com variações conceituais ao longo da história, cujas terminologias apresentamos a seguir.

2.1

CONCEITUAÇÃO

A divulgação científica à primeira vista aparenta ser o simples fato de dar a conhecer o que a ciência faz. Não deixa de o ser, mas na realidade, é uma atividade mais complexa em que os conhecimentos científicos e tecnológicos são colocados ao alcance de um determinado público para que este possa utilizá-los nas suas atividades cotidianas e tomadas de decisão que envolvem a família, a comunidade ou a sociedade como um todo.

A produção científica publicada em periódicos e revistas especializadas também é uma forma de tornar os conteúdos científicos públicos. No entanto, a qualidade de publicidade é direcionada a um público também científico, capaz de entender sua linguagem hermética, os procedimentos metodológicos e discuti-la e questioná-la em prol do desenvolvimento da ciência. É a ciência pura em discussão.

No que tange à atividade de tornar acessível as informações para outros cidadãos não conhecedores dos procedimentos científicos, o vocábulo divulgação e seus sinônimos ou termos próximos foram utilizados para esse fim. Dentre esses destaca-se a *vulgarização* do saber; a *popularização* da ciência; a *divulgação* da ciência; a *alfabetização* científica, a *difusão* científica, a *comunicação* científica e o *jornalismo* científico.

Germano e Kulesza (2007) apresentam uma revisão conceitual que nos permite reconhecer diferenças e semelhanças entre os quatro primeiros termos. A *vulgarização* traz em si uma conotação pejorativa já reconhecida desde sua primeira utilização na Europa nos anos 1860 do século XIX e que persiste até os dias de hoje. Seu duplo significado, em lexicologia, como fenômeno caracterizado pela alteração de

um termo científico para um vocábulo comum e, como substantivo feminino que designa ação ou efeito de vulgarizar ou de se vulgarizar; tornar-se vulgar, com conotação pejorativa como ação ou efeito de se tornar desprezível; rebaixamento (DICIO, 2016), fez com que já na Europa esse termo fosse substituído pelo termo *popularização*.

Popularização deriva do verbo *popularizar* (v.t.d. e pronominal), tornar-se conhecido por grande número de pessoas; propagar-se, difundir-se, divulgar-se (DICIO, 2016).

No Brasil, a *vulgarização científica* foi utilizada principalmente durante o século XIX e início do século XX e muito raramente na atualidade por ter sido preterida em favor da *popularização científica* quando dos anos 1960 e 1970, ainda no século XX. Mas, segundo os autores, após essa época a *divulgação científica* substituiu a *popularização científica* até os dias de hoje. No entanto, notamos que os termos *popularização*, *divulgação*, *difusão* e *comunicação* são bastante citados como sinônimos até mesmo nas publicações do Departamento de Difusão e Popularização da Ciência e Tecnologia, órgão vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia (CNPq, 2016), a despeito da preferência do termo *popularização* vinculado ao próprio nome do departamento. Já nos países hispânicos da América do Sul acredita-se que o termo *popularização* se tornou mais comum por se revestir da conotação política dos movimentos sociais populares, defensores das causas da maioria ou minoria oprimida. Para Germano e Kulesza (2007), nessa acepção político-social, o significado de *popularização* é então maior do que simplesmente *divulgar* ou *vulgarizar* a ciência, sendo preferido pelos autores.

Divulgar, na língua portuguesa, é um verbo transitivo, significa tornar público, fazer conhecido de todos ou do maior número; apregoar; propagar; difundir; vulgarizar; propalar; publicar (DICIO, 2016). Germano e Kulesza (2007) fazem ressalvas a *divulgação científica* por acreditarem que o termo também carrega uma visão social, mas oposta da *popularização*. Para eles, a *divulgação científica*, vista também como uma forma de *comunicação científica*, traz em seu âmago a difusão de um desenvolvimento sem limites, utópico, de que a ciência e a tecnologia “vendem” a solução de qualquer problema, colocada de maneira unilateral sem comunicação entre todos os atores da sociedade.

Martins, Nascimento e Abreu (2004) enfatizam também o caráter social, mas um caráter geral, de que a *divulgação científica* por concepção é uma atividade social

de divulgar conhecimentos científicos e tecnológicos a públicos de não especialistas leigos. Da mesma forma, José Reis (2002, p. 76 *apud* GERMANO; KULESZA, 2007, p. 14),

(...) mais do que contar ao público os encantos e aspectos interessantes e revolucionários da ciência, a divulgação científica é a veiculação em termos simples da ciência como processo, dos princípios nela estabelecidos, das metodologias que emprega; revelando, sobretudo, a intensidade dos problemas sociais implícitos nessa atividade.

Valério e Bazzo (2006) também vinculam uma função social a divulgação científica no que se refere à sua dimensão educativa, pouco explorada pelos veículos de divulgação. Para tanto, segundo os autores, é necessário fortalecer a relação entre a divulgação e o ensino formal de Ciência e Tecnologia (C&T). Ao considerarem que os avanços da ciência e tecnologia não podem ser mais encarados como verdade única e absoluta na sociedade contemporânea, haja vista as incertezas já constatadas entre seus riscos e benefícios, além de dúvidas quando às suas aplicabilidades, advogam o exercício de uma reflexão conjunta entre C&T e a sociedade. A atual “sociedade de risco” como definida pelos autores, prescinde de conhecimentos científicos e tecnológicos para problematizar, questionar e exercer influência sobre os avanços dessas áreas.

A *divulgação* defendida por eles, conceitualmente, se assemelha às definições de *vulgarização* ou *popularização*, mas enfatizam, assim como enfatizou José Reis (2002), a importância de se dar a conhecer o como fazer ciência e os meios de informação:

Entendida como um acervo de práticas no campo da comunicação, a divulgação científica deve propor a exposição pública (ou vulgarização) não só dos conhecimentos, mas dos pressupostos, valores, atitudes, linguagem e funcionamento da C&T, fazendo uso, para tanto, de uma ampla gama de meios disponíveis, dentre os quais a museologia (de observação e interativa), a dramaturgia (no teatro e televisão), a literatura e o jornalismo (de televisão, rádio e mídia impressa), além de outras iniciativas menos usuais (como os *café scientifique*, realizados primordialmente na Europa). A conjugação entre essas premissas práticas da divulgação científica e da diversidade de veículos pelos quais opera é que confere a qualidade de recurso imprescindível na educação pública em ciências.

A julgar pela revisão dos conceitos em apreciação, entendemos aqui que a interdependência entre o compromisso social de uma educação científico-tecnológica para o público por meio de práticas de divulgação científica, defendida por Valério e Bazzo (2006), estabelece uma situação de interface entre a *divulgação científica*

propriamente dita, em termos de transmissão da ciência numa linguagem acessível ao público não cientista em geral, e a *alfabetização científica* discutida mais à frente no texto.

Por outro lado, Bueno (1984; 2010) não associa qualquer caráter social ou político aos conceitos de *divulgação*, apenas o distingue dos termos *difusão* e *comunicação* em termos de alcance de suas abrangências. Para ele a *difusão científica* é um termo mais amplo entendido como "todo e qualquer processo usado para a comunicação da informação". No entanto, a *difusão* se diferencia de acordo com a linguagem empregada e o público alvo que se deseja atingir. Quando a *difusão* é para especialistas, passa a receber o nome de *disseminação científica*, enquanto que se é orientada para o público leigo, a conotação é então de *divulgação científica* - é um processo de transposição de uma linguagem especializada para uma linguagem não especializada, acessível, para um vasto grupo de receptores que seria o grande público. Essa conceituação de *divulgação científica* é similar ao que Mora (2003) coloca com a observação de que a transposição não é simplesmente uma tradução, no sentido de verter de uma língua para outra, e sim, de criar uma ponte entre o mundo da ciência e os outros mundos.

Silva (2006) vê essa ponte comentada por Mora (2003) como a interlocução ou a divulgação científica entre diferentes esferas, política, empresarial, industrial, pública em geral que produz assim diferentes textualizações. Mas, longe de designar textos específicos, a divulgação científica está "relacionada à forma como o conhecimento científico é produzido, como ele é formulado e como ele circula numa sociedade como a nossa" (SILVA, 2006, p.53).

Para tanto, a autora chama a atenção para o papel do divulgador, com função de mediador entre cientistas e público leigo que para ele são opositores, no que confere ao divulgador a missão social de minimizar a tensão entre as partes e estabelecer a cisão, instaurada ao longo da história no tecido social da modernidade.

A *alfabetização científica* talvez seja o conceito mais distinguível dos demais, pois insere o processo de alfabetizar que consiste na capacidade de ler, escrever, compreender e expressar sobre determinado assunto, no caso algum conteúdo científico no que pressupõe que um indivíduo cientificamente alfabetizado tenha interagido com a educação formal. Para a *alfabetização científica* exige-se um nível mínimo de compreensão em ciência e tecnologia dos cidadãos consumidores numa sociedade tecnológica (MILLER, 2000 *apud* SABBATINI, 2004).

Sasseron e Carvalho (2011) emprestam de Paulo Freire a concepção de *alfabetização*, "... a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. (...) Implica uma autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto" (FREIRE, 1980, p.111). E definem *alfabetização científica* como a ideia de ensino

que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 61).

Germano e Kulesza (2007) fazem a mesma distinção ao tentar estabelecer uma aproximação da *alfabetização científica* com o ensino formal, enquanto a *divulgação científica* se aproxima mais das intervenções informais e do campo da comunicação.

A *comunicação científica*, dentre todos os conceitos, é a que enseja uma complexidade maior por ser entendida como parte integrante do processo de produção e desenvolvimento da ciência. É o registro da ciência que permite a interação com outros cientistas para que, numa constante discussão dos resultados científicos publicados, a ciência se perpetue num *continuum*.

A *comunicação científica* implica processo de geração e transferência de informação científica e seus canais podem ser informais (por meio de conversas entre pares, comunicações, conferências e debates) e formais (por intermédio de artigos científicos, veículos de divulgação especializados, monografias, relatórios, periódicos, livros). No entanto, há uma dependência da comunicação escrita, justificada ao mesmo tempo que é essencial conservar o registro público dos resultados, observações, cálculos, teorias etc., de forma a possibilitar sua referência posterior por outros cientistas e, conforme faz-se necessário, fornecer oportunidades para a crítica, a refutação e o aperfeiçoamento da informação apresentada (SILVEIRA, 2000; ZIMAN, 1981 *apud* CARIBÉ, 2011, p.159).

Nesse contexto, a comunicação científica se assemelha à definição de *disseminação científica* de Bueno (1984; 2010).

Quanto ao jornalismo científico, Bueno (1984) o caracteriza como imbuído da responsabilidade social de fazer circular na mídia informações ou opiniões de cunho científico e tecnológico de interesse, específico de cada público,

"um processo social baseado em uma frequente e oportuna relação entre organizações formais (estabelecimentos/redes de editores) e comunidades (público/espectadores) que tem lugar através da mídia (jornais/revistas/rádio/TV/cinema) e que circula informação atualizada sobre

a natureza científica e tecnológica, de acordo com variados graus de interesse e expectativa (universos culturais e ideológicos)".

O jornalismo científico pode ter um caráter informativo (notas, notícias, reportagens, entrevistas) e um caráter opinativo (editoriais, comentários, artigos, colunas, crônicas, *cartoons* e cartas) (BUENO, 1984 *apud* ALBAGLI, 1996, p. 399).

A pluralidade semântica de alguns termos acima discutidos, muitas vezes estabelecida por subjetividade do autor em querer dar um significado sociocultural que reflita momentos históricos, ou pelo uso indiscriminado de supostos sinônimos sem o conhecimento real da terminologia apropriada a cada atividade, ou ainda pela evolução natural da lexicologia, faz com que seja sempre necessário definir antecipadamente com que significado se empregam esses termos.

Assim, no escopo deste trabalho optamos pela designação de *divulgação científica* ao processo social de transposição de uma linguagem especializada para uma linguagem não especializada e acessível para um vasto grupo de receptores que seria o grande público ou para um público específico.

Para uma melhor compreensão da relação fazer ciência-divulgação de ciência uma breve retrospectiva dessa historicidade no âmbito mundial ocidental e no Brasil é apresentada a seguir.

2.2

ASPECTOS HISTÓRICOS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NOS PAÍSES OCIDENTAIS

A transmissão de saberes científicos ao público em geral e seu registro remonta aos idos do século XV após a invenção da imprensa – símbolo da Idade Moderna - por Gutemberg na Europa (BURKE, 2003). Tomás (2005) acredita que a ciência se desenvolveu devido à tipografia, no que corrobora a ideia de que a divulgação científica é parte e um dos motores da ciência.

Nomes de cientistas naturais como Leonardo da Vinci (1452-1519), que vinculou a divulgação científica aos deveres do homem da ciência, e Gerolamo Cardano (1501-1576) figuram como divulgadores de ciências dessa época.

No entanto, a notoriedade da divulgação científica se deu efetivamente no século XVII com a Revolução Científica - baseada em evidências, profundamente crítica, apoiada na recuperação de saberes empíricos e aplicados (SEMIR, 2002;

MASSARANI; MOREIRA, 2004; TOMÁS, 2005). Nessa época as publicações, na forma de livros, foram traduzidas do latim para a língua vernácula dos países que as publicavam e,

tinham explicitamente o objetivo de colocar, ao alcance de um público mais amplo, saberes e práticas relativas ao mundo natural que, até aquele momento, estavam reservadas às reduzidas elites intelectuais, para isso o material era impresso e utilizavam uma linguagem vulgar (TOMÁS, 2005 *apud* CARIBÉ, 2011, p. 78).

A ciência moderna propriamente dita se inicia com a curiosidade dos iluministas do século XVII em reproduzir fenômenos naturais em experimentos laboratoriais na tentativa de comprovar matematicamente esses acontecimentos para a sociedade, com o intuito maior de livrá-la da superstição e tirania religiosas (CARIBÉ, 2011).

Dessa época, são os livros populares das ciências naturais e exatas como de Isaac Newton (1646-1727), *Princípios matemáticos da Filosofia natural* de 1687, e *Óptica* de 1704; *Secreti*, livro de segredos naturais de Alessio Piemontese (1471-1566); as escritas do naturalista francês Georges-Louis Leclerc, o Conde de Buffon (1707-1788); e *Diálogos sobre os dois sistemas máximos do mundo, ptolomaico e copernicano* de Galileu Galilei (1564-1642). Esse último se destacou por usar o estilo coloquial do diálogo, o discurso direto, como linguagem de transposição da ciência com a intenção de atrair a atenção do público.

No final desse século, aparecem as primeiras traduções científicas para o público infanto-juvenil com linguagem e *layout* apropriados para jovens, com a intenção de atrair também esse público para a ciência. Cabe destaque o livro *Tom Telescope*, da editora inglesa John Newberry, que trazia capítulos dedicados ao meio abiótico sob os temas de astronomia, geologia, atmosfera e fenômenos meteorológicos (MALET, 2002).

Na Inglaterra, os primeiros museus públicos são reconhecidos no século XVII na Inglaterra em decorrência do interesse pela cultura e ciência da época, segundo Valente, Cazelli e Alves (2005). Da mesma forma o jornalismo científico, ainda incipiente e temível pelas autoridades da época começa a ter espaço (CALVO HERNANDO, 2006).

Antes disso a publicidade não era a regra, pois a ciência era muito reprimida. Entretanto, no século XVI, surgiram várias academias de ciência pela Europa, contudo as autoridades eclesiásticas dificultavam ou impediam a ampla divulgação de informações de caráter científico, quando não encerravam as próprias academias, o

que aconteceu na maioria das vezes (BURKETT, 1990). A comunicação era usualmente oral, quando do encontro dos membros da academia em locais restritos ou por meio de cartas - precursoras dos primeiros periódicos científicos - que se confundiam com as correspondências pessoais (ZIMAN, 1981). A participação de cidadãos comuns nas sociedades acadêmicas não acontecia nessa época.

As profundas mudanças sociais que viriam no século XVIII com as ocupações urbanas e o surgimento da classe média, público alvo da época, que se mostrou bastante interessado nas novas teorias sobre desenvolvimento técnico e econômico, marcam a forte influência da sociedade na ciência. A ciência se torna um instrumento político para questionar as concepções conservadoras e absolutistas da teologia católica (MUELLER; CARIBÉ, 2010).

Ainda no Século XVIII, segundo Malet (2002) e Silva (2006), as instituições universitárias abrem suas portas para o público com o oferecimento de cursos e conferências para a população, que aconteciam não só nas universidades, mas em diversos locais públicos. Para melhor compreensão dos métodos científicos, os cientistas expunham em muitas de suas aulas e conferências populares equipamentos laboratoriais, como microscópios e telescópios, para demonstração de algumas experiências. Tais atividades adquiriam um caráter de entretenimento, tornando-se momentos de lazer, até então não associado aos estudos científicos.

Seguramente essas conferências e cursos tinham um componente lúdico e de entretenimento importantes, seria errôneo deduzir que tais cursos e conferências se assemelhassem a espetáculos de charlatanismo do que da classe acadêmica (MALET, 2002, *tradução nossa*).

Esses recursos foram utilizados para demonstrar as teorias, da mecânica e hidrostática p.ex., e possibilitar aos participantes visualização do que somente seria possível via experimentação. Segundo Malet (2002), uma das finalidades principais dessas conferências era conscientizar o público para não se deixar enganar por promotores de tecnologia falsa. Na Inglaterra, em especial, os cursos interativos ajudaram no desenvolvimento da mecânica e do desenho de máquinas que acabaram por preparar terreno para a Revolução Industrial que estava por vir.

A produção literária em divulgação científica, produzida por cientistas, é intensa no século XVIII. Continuam as produções para o público infantil (GERMANO; KELUSZA, 2007) e pela primeira vez na história o público feminino recebe livros e textos direcionados especificamente para eles (SILVA, 2006).

No século XVIII, a ciência e a tecnologia já caminhavam juntas, desvinculadas do poder eclesiástico, e apoiadas pelos interesses políticos, econômicos e sociais de construção de uma sociedade desenvolvimentista. A ciência é vendável e lucrativa. Segundo Silva (2006), durante esse século a ciência, como a conhecemos hoje, se encontrava num estágio embrionário, pois apesar da existência de públicos “especializados” a institucionalização da ciência ainda não era reconhecida e os primeiros periódicos científicos eram recentes. “As divisões entre pesquisa científica e popularização, entre pesquisa, formação de profissionais e entretenimento eram muitas vezes praticamente inexistentes” (SILVA, 2006, p.55).

O século XIX é marcado pelo desmembramento das ciências em áreas específicas; os naturalistas ou cientistas naturais são progressivamente substituídos pelos especialistas (PANZAS; PRESAS, 2002 *apud* MUELLER; CARIBÉ, 2010). Todos os aspectos da sociedade, sejam políticos, econômicos ou sociais são alavancados vertiginosamente. O analfabetismo praticamente erradicado na Europa e o aumento do interesse da população por ciência são grandes incentivos para a industrialização da própria divulgação científica que passa a utilizar de novas técnicas de impressão em grande escala. O anseio popular por ciência é tanto que muito museus são criados nessa época (BURKE, 2003 *apud* MUELLER; CARIBÉ, 2010).

No século XIX, ciência e indústria andam de mãos dadas, assim como a crença de que ciência e tecnologia são benefícios indiscutíveis para a melhoria de vida de uma sociedade (MASSARANI; MOREIRA, 2004). Nessa época termos científicos passam definitivamente a fazer parte do vocabulário popular, tendo o apogeu da divulgação científica ocorrido no final do século (PANZAS; PRESAS, 2002 *apud* MUELLER; CARIBÉ, 2010). Também no final desse mesmo século, a institucionalização da ciência oficializa a profissão de pesquisador científico distinta da do comunicador de ciência (MASSARANI; MOREIRA, 2004).

A criação de sociedades para o progresso da ciência no início do século manteve por um tempo o caráter misto de agregar cidadãos comuns e cientistas. Com o decorrer dos anos, essas sociedades foram também se especializando cada vez mais, excluindo o público leigo das comunicações. Como consequência os periódicos e revistas científicas se proliferam (MUELLER; CARIBÉ, 2010).

Na primeira metade do século XX, os museus interativos se espalham por toda Europa e inspiram a abertura de outros museus nos EUA até o final do século. O estilo lúdico nos museus europeus acontece na segunda metade do século (VALENTE;

CAZELLI; ALVES, 2005). O jornalismo científico se profissionaliza (MASSARANI; MOREIRA, 2004) e após as duas grandes guerras, as mídias do rádio e cinema são utilizadas na divulgação científica. Recentemente, como o avanço tecnológico e a chegada da Internet ocorre então a grande revolução na divulgação de qualquer informação, incluindo a científica.

Porém, nenhum invento teve o impacto da internet, onde todas as formas de comunicação se fundem, e a informação científica se torna acessível de maneira impensada até então. No espaço virtual, há museus, livros, revistas, enciclopédias, cursos, filmes, *sites* oficiais, comerciais e pessoais e inúmeras novas formas de comunicar, de acesso gratuito ou pago. É um novo mundo em permanente evolução que ocorre em velocidade crescente, de forma mais abrangente e mais complexa em termos de tecnologia, porém mais simples em termos de acesso para o cidadão. Neste cenário que se convencionou chamar globalizado, as barreiras mais difíceis de derrubar continuam sendo não as tecnológicas, mas as geradas pelas pessoas, pela ambição de ditadores e/ ou por preconceitos de crenças (MUELLER; CARIBÉ, 2010, p. 27).

Agora no princípio do século XXI com as mais variadas mídias de divulgação, desde textos ou livros impressos até recursos multimídias ofertados pela internet, ainda se discute a distância existente entre a ciência e o público não-cientista. Em tempos de grandes impactos ambientais torna-se ainda mais importante a aproximação desse público das informações científicas.

A indústria cinematográfica do entretenimento tem produzido, normalmente com uma licença poética exagerada, diversos filmes de aventura sobre temas científicos, ora como pano de fundo ou tema principal do roteiro. Documentários exibidos pelo *History Channel*, *Discovery*, *British Broadcasting Corporation (BBC)* abordam diversos aspectos científicos numa grande variedade de recursos visuais com linguagem científica facilitada.

Em países do hemisfério norte, museus temáticos de ciências naturais, guias de viagens com informações científicas, turismo científico, parques naturais, recursos didáticos já são bastante difundidos para a público não-cientista.

No Brasil o interesse pela ciência aconteceu tardiamente, se comparado à Europa e EUA. Houve sempre uma descontinuidade nas propostas de investimento em ciências e, por consequência, em divulgação científica. As mudanças nas políticas públicas devido à instabilidade de regimes políticos, ao longo de sua história, retardaram as decisões a favor da ciência e o papel social da mesma foi incompreendido.

Segundo Moreira e Massari (2002), a historicidade da divulgação científica brasileira ainda não está bem registrada. Contudo, os autores sequenciam os eventos de popularização da ciência desde a chegada dos portugueses ao Brasil, os quais são apresentados de maneira resumida a seguir.

Moreira e Massarani (2002) comentam que durante o Brasil Colônia, séculos XVI, XVII e XVIII, as informações científicas, no caso europeias, eram relegadas aos nobres. A publicação de livros e revistas era proibida na colônia, até porque a imprensa não era permitida no Brasil dessa época e, a maioria da população que aqui vivia não tinha sequer acesso à educação. Essas razões justificam a inexistência do acesso público à ciência.

Vários motivos dificultaram a divulgação científica no Brasil. Primeiro, a grande influência da Coroa Portuguesa e da Igreja Católica sobre as decisões políticas brasileiras tanto no período colonial como no Império, não oferecendo autonomia para o Brasil. Segundo, a resistência da Península Ibérica em concordar com as ideias iluministas do séc. XVII. Terceiro, a não necessidade de tecnologias mais sofisticadas para as explorações das riquezas naturais brasileiras nessa época. E por último, a pouca pesquisa científica do território brasileiro, restrita aos clérigos da Igreja Católica, fez com que a própria ciência brasileira surgisse somente em meados do século XVIII (SCHWARTZMAN, 1976; MOTOYAMA, 2000 *apud* CARIBÉ, 2011).

No final do século XVIII com a Revolução Francesa na Europa, as conturbações políticas obrigaram a Coroa Portuguesa a se deslocar para o Brasil. Somente após a mudança da família real para a colônia brasileira, no início do século XIX, o cenário científico começa a se modificar, pois se revoga a proibição da imprensa e são criados os primeiros museus e instituições de ensino. A imprensa apenas publicava traduções

da ciência francesa. A pouca ciência que se desenvolvia nas escolas de ensino superior dessa época - as ciências militares, naturais (astronomia, geografia, geologia/mineração, biologia) e médicas - era imediatista, com o intuito de gerar informações do meio físico necessárias para as explorações dos recursos naturais e para sustentar as forças de defesa nacionais, exigidas devido aos períodos de lutas cada vez mais complexos. Para Schwartzman (1976) e Motoyama (2000 *apud* CARIBÉ, 2011) o contexto político, econômico e cultural no qual o Brasil se inseria nessa época foram os fatores limitantes da ciência e sua divulgação.

No início do século XIX, os jornais de circulação da época publicavam artigos e notícias científicas, caracterizando o início do jornalismo científico. Segundo Moreira e Massarani (2002), menos de 5% de toda produção literária do século XIX era de cunho científico, considerando a menção *científico* no título das mesmas, mas que, segundo constatação dos próprios autores, muito dos seus conteúdos não justificavam serem periódicos da área de ciências. Esses periódicos ditos científicos se tornaram mais comuns na segunda metade do século XIX, bem como o primeiro livro de ficção científica, o *Doutor Benignus*, de Augusto Emílio Zaluar, escrito em 1875 que descreve uma jornada científica ao interior do Brasil.

As pesquisas publicadas nos periódicos foram realizadas nas áreas de astronomia, ciências naturais e doenças tropicais por estrangeiros temporários no Brasil e foram iniciativas pontuais. No entanto, eram inexpressivas devido ao baixo número de cientistas e ao ainda alto índice de analfabetismo e escravidão da população.

O Museu Nacional de história natural no Rio de Janeiro, com coleções de mineralogia, zoologia, antropologia e biologia, é inaugurado no início do século XIX e aberto ao público letrado e restrito de então. O museu é considerado a primeira instituição dedicada primordialmente à história natural e à divulgação de ciência ao público jovem (MOREIRA; MASSARANI, 2002). No final do século, o museu oferecia vários cursos e palestras ao público letrado nas áreas de botânica, agricultura, zoologia, mineralogia, geologia e antropologia. Essas atividades eram ainda publicadas em jornais da época (VALENTE; CAZELLI; ALVES, 2005). A exemplo do Museu Nacional, outros museus e institutos foram criados em outras capitais com o intuito de popularizar as ciências naturais (MOREIRA; MASSARANI, 2002).

A influência da Revolução Industrial na Europa replica no Brasil as conferências públicas de ciência sobre diversos assuntos, entre eles figuravam temas geológicos

como clima, origem da Terra, glaciação, entre outros. As palestras proferidas eram sempre divulgadas em jornais na sua íntegra ou apenas partes dessas, além de informações científicas para a população letrada. Também consideradas estratégias de divulgação científica foram as Exposições Nacionais, eventos de popularização dos feitos industriais e agrícolas do país que se repetiram várias vezes ao longo de mais de 20 anos (MOREIRA; MASSARANI, 2002).

No início do século XX professores, cientistas e profissionais de diversas áreas lutaram pela institucionalização da ciência, bem como para determinar os rumos da pesquisa e da divulgação pública da ciência (MOREIRA; MASSARANI, 2002; SCHWARTZMAN, 1976). Após a Semana de Arte Moderna, começa um esforço para se introduzir a ciência no circuito educacional, sendo a radiodifusão na época um forte meio de divulgação utilizado (CARIBÉ, 2011). Cabe destaque mencionar a influência de Roquette-Pinto, um dos maiores defensores da ciência e divulgação científica para as camadas populares brasileiras (WERNECK, 2002).

Segundo Moreira e Massarani (2002), novos periódicos científicos foram lançados. Jornais continuavam a publicar informações e eventos, tanto de conteúdo nacional como internacional. Conferências públicas foram retomadas também com cientistas nacionais e estrangeiros durante a década de 1920. Foram editados livros estrangeiros traduzidos e nacionais sobre ciência e sobre vulgarização do saber. No âmbito da cultura é criado o Instituto Nacional do Cinema Educativo (INCE). A sétima arte, o cinema, produziu inúmeros documentários e novamente Roquette-Pinto está à frente com mais de 100 filmes de curta duração com cunho científico, divulgação científica e instituições científicas brasileiras. Monteiro Lobato foi o expoente na literatura infantil com mais de 40 livros que abordavam temas científicos. A partir de 1940 o médico, economista e divulgador científico, José dos Reis contribuiu por décadas com o jornalismo científico.

O pós a II Guerra Mundial introduziu o valor da ciência na sociedade brasileira, quando foram criados órgãos públicos de fomento à pesquisa, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), o Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (SNDCT), o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBCEC) e, a comunidade científica cria a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) (MOREIRA; MASSARANI, 2002; MOTOYAMA *apud* CARIBÉ, 2011).

Na década de 1950, a contribuição do cientista brasileiro César Lattes à física aumenta muito o interesse público pela ciência, especialmente pela física, e os temas sobre energia nuclear se popularizam e chegam até a ser assunto de composições musicais e poéticas (MOREIRA; MASSARANI, 2002).

Na década de 1960 o ensino experimental de ciência é valorizado nas escolas e vários centros de ciências são criados, o que incentivou a divulgação científica. Mas com a Revolução Militar de 1964 e na década de 1970 o valor social da ciência cai em descrédito, agravado por problemas econômicos que a crise do petróleo trouxe à sociedade e pelos impactos ambientais causados pelo aumento indiscriminado do uso de recursos naturais. Por outro lado, essas questões implicam na inclusão da educação ambiental no currículo escolar brasileiro (MOREIRA; MASSARANI, 2002; VALENTE; CAZELLI; ALVES, 2005).

Da mesma forma, a postura política assumida pela SBPC contra a ditadura militar atrai mais adeptos às ciências e a divulgação científica ganha força novamente tanto como instrumento de conscientização política da população, como elemento para superar o subdesenvolvimento do país. O jornalismo científico assume um papel pela democratização do conhecimento científico, mas ainda com pouca expressão. Emissoras públicas e privadas de TV produzem programas científicos que são mostrados ou em horários de pouca audiência, ou em emissoras de baixa audiência. Nas décadas seguintes, aumenta o número desses programas, bem como a edição de livros e coleções científicas, na maioria traduções (MOREIRA; MASSARANI, 2002).

Na década de 1980 é lançada, por parte da comunidade científica, a revista *Ciência Hoje* com linguagem facilitada para a população e voltada exclusivamente para a democratização da ciência e discussão de assuntos pertinentes, na maioria nacionais (IVANISSEVICH, 2002). Apesar de muitas críticas à revista, sua edição foi um marco na história da divulgação científica que levou a publicação de mais revistas nos próximos anos, muitas delas continuam sendo publicadas e possuem versões eletrônicas na internet nos dias de hoje, como a *Superinteressante*, *Galileu* e *Globo Ciência* (MOREIRA; MASSARANI, 2002).

Da mesma forma que foi a *Ciência Hoje*, essas revistas são muitas vezes criticadas pela comunidade científica. No entanto, o número atual de milhares de exemplares, vinte vezes maior do que da primeira tiragem da *Ciência Hoje*, mostra a relação direta no aumento do interesse da população pelas ciências quando tais publicações estão disponíveis. Isso fez com que os jornais nacionais de grande

circulação criassem seções ou colunas dedicadas aos temas científicos. Mas, a meta de alta tiragem de jornais faz com que repercussões sensacionalistas, imediatista e descontextualizada das ciências sejam divulgadas, no que distancia a realidade científica da população.

Ainda nessa década, no meio acadêmico, houve certo interesse. No entanto, a falta de avaliação sobre a pesquisa de divulgação científica por parte dos órgãos de fomentos acarreta um grande desinteresse de pesquisadores nessa linha. Essa é considerada por muitos como de baixo valor científico e, por conseguinte de pouco *status*.

A partir da década de 1980 e 1990 retornam os museus nas universidades e fundações, ainda em baixo número, porém mais interativos e mais multidisciplinares e com a preocupação em tornar público o método científico de entender o mundo ao redor. A maioria das visitas a esses museus, da ordem de 60%, são de grupos escolares do ensino básico, acompanhados de seus professores que ficam a desejar em termos de preparação para guiar a visita (VALENTE; CAZELLI; ALVES, 2005).

Na década de 1990 projetos científicos e culturais passam a ser financiados por leis federais, por órgãos públicos e por empresas públicas e privadas, com o intuito de ampliar cada vez mais o público alvo que possa se interessar em ciência. É dessa época o projeto televisivo *Ver Ciência*, cujos vídeos são disponibilizados na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, apoiada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Expande-se o interesse por compartilhar ciência com outros países da América Latina e do Caribe (CARIBÉ, 2011). Parcerias entre rádios e universidades divulgam assuntos de interesse social e científico (WERNECK, 2002).

No início da década de 1990 é criado o Núcleo José Reis de Divulgação Científica (NJRDC) da Universidade de São Paulo (USP), interdisciplinar, especificamente para apoio e capacitação de comunicadores científicos. Essa iniciativa inédita demonstra uma diminuição da repulsa da comunidade científica de nível superior em relação à divulgação, visto que há uma preocupação com o que está se divulgando que muitas vezes descaracteriza a ciência. Assim, cientistas de várias áreas buscam incentivar as pesquisas na área; ditar diretrizes de como divulgar ciência em todos os seus aspectos e, apoiar a ampliação da divulgação científica, abrindo caminhos para a oficialização da função de divulgador.

O Núcleo tem como objetivo geral a realização de um trabalho que visa capacitar comunicadores a divulgar ciência de maneira coerente e eficiente,

fugindo da superficialidade que muitas vezes caracteriza tais atividades e, ao mesmo tempo, treinar pesquisadores a se relacionar com a mídia, permitindo que se transformem divulgadores de seus próprios trabalhos. O NJRDC tem como objetivos específicos: a) promover e realizar pesquisas, cursos, seminários, consultorias, edição de publicações e outras atividades de natureza acadêmica que contribuam para o aperfeiçoamento das teorias, técnicas e formas de divulgação da ciência e tecnologia e do conhecimento humano, tendo em vista a popularização do conhecimento gerado pelas universidades e pelos institutos de pesquisa; b) cooperar com as universidades estaduais e institutos de pesquisa, no sentido de ampliar sua capacidade de divulgação da ciência e tecnologia; c) relacionar-se e promover intercâmbio com instituições nacionais e internacionais afins; d) apoiar pesquisadores ou profissionais de outras instituições interessados em desenvolver projetos no campo da divulgação científica (CARIBÉ, 2011, p. 116).

Nessa mesma década a SBPC expande seu alcance com a produção de material específico para o público jovem de escolas e para a terceira idade, iniciativa copiada pelas universidades. É criada também a Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciências (ABCMC) que busca contribuir com todos os aspectos legais e logísticos de divulgação de ciência (CARIBÉ, 2011).

Na virada do século, todas as atividades iniciadas na década de 1990 são intensificadas por todas as instituições citadas e iniciam-se os encontros científicos para discussão da divulgação de ciência. O primeiro periódico eletrônico e específico de pesquisa em divulgação científica, a Revista Eletrônica Vox Scientiae, é publicada pelo NJRDC da USP (CARIBÉ, 2011).

Na última edição de 2015 da SBPC, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) divulgou a atual situação da divulgação científica no país ao informar que o brasileiro tem participado mais de eventos de divulgação científica como feiras, olimpíadas, visitas a museus e outras atividades públicas de popularização da ciência. Segundo o diretor do Departamento de Popularização e Difusão da Ciência e Tecnologia do MCTI, Douglas Falcão:

De 2006 a 2015, cresceram as participações em feiras e olimpíadas (de 13% para 21%), em atividades da Semana Nacional de C&T (de 3% para 8%) e a visita a museus e centros de C&T (de 4% para 12%).

(...)

Dos recursos investidos pela pasta na área de popularização da ciência, 30% foram destinados a feiras e mostras científicas, 23% foram revertidos em apoio à expansão de centros e museus de ciência, 16% apoiaram a realização de olimpíadas científicas e 4% ações relacionadas aos Anos Internacionais. O restante foi aplicado em divulgação de C&T em geral, ciência móvel e eventos acadêmicos (MCTI, 2015).

Hoje, apesar de muito atrasado em relação aos países europeus e EUA, o Brasil tem de fato uma política pública de divulgação científica, sendo creditado o ano de 2003 como o ano de partida de política, segundo o diretor.

O MCTI ainda enfrenta o desafio de ampliar o alcance das atividades, principalmente para comunidades quilombolas, ribeirinhas, deficientes visuais, pessoas como mobilidade reduzida, entre outros públicos. Para tanto, a própria Secretaria de Ciência e Tecnologia para Inclusão Social (SECIS) opera sete mecanismos de apoio a eventos e atividades científicas e tecnológicas.

Cientista universitários e demais profissionais que se dedicam à divulgação científica reforçaram que a popularização é parte do processo de desenvolvimento da ciência e que aquele que a produzem devem esforços nessa área.

Do exposto, conclui-se que no Brasil em todas as épocas houve a influência do Estado, da economia industrial e da cultura sobre o como, quando e o que fazer em ciência, ora provocando um avanço, ora recuo, seja nas pesquisas e/ou na divulgação. Essas influências também aconteceram na Europa e nos Estados Unidos a partir do século XVIII junto com o Iluminismo. O auge dessas influências se deu com a Revolução da Ciência, alavancada pela Revolução Industrial que aconteceu no século XIX, quando um elo permanente se fez entre ciência, tecnologia e sociedades. Outro grande impulso nessa tríade no pós-guerra enfatizou a crença, iniciada com a Revolução Industrial, do valor inestimável da ciência e tecnologia em prol da humanidade. Tudo que se divulgava sobre a ciência era verdade absoluta. As consequências do uso desenfreado de recursos naturais e os impactos ambientais vêm desmistificando essa crença e mostrando a verdadeira face da ciência de que tanto benefícios e malefícios são gerados e de que, principalmente, a verdade é mutável de acordo com nosso conhecimento. O terceiro grande impulso na ciência e na sua divulgação aconteceu com o advento da internet que possibilitou a troca e divulgação de informação em tempo real.

No Brasil esse processo foi muito mais lento pelos fatores já explicitados anteriormente e a ciência passou a receber maior importância a partir do século XX, principalmente nas primeiras décadas do século XXI.

E quase sempre e como consequência, a divulgação científica acompanhou a pesquisa, pois cientistas e leigos sempre difundiram que a ciência é feita pelo povo e para o povo.

Assim, também na atualidade estar ciente dos anseios do público receptor é de suma importância para a continuidade do processo de divulgação da ciência. Para tanto apresentamos a seguir os dados de pesquisas quantitativas dos interesses em ciência dos brasileiros.

2.4 A CIÊNCIA E A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO CONTEXTO BRASILEIRO ATUAL

Nossa proposta vem de encontro a vários interesses expressados por muitos brasileiros no levantamento feito pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, publicado em 2015, sobre a percepção pública da ciência e tecnologia pelos brasileiros (CGEE, 2015).

A pesquisa quantitativa coletou opiniões da população brasileira com 16 anos de idade ou mais de todas as regiões brasileiras de uma amostra probabilística de 1962 entrevistados. A amostragem foi estratificada por gênero, faixa etária, escolaridade, renda declarada, com cotas proporcionais ao tamanho da população, (CGEE, 2015). A enquete empregou questionário com 105 perguntas (fechadas e abertas) e as entrevistas foram realizadas entre 22 de dezembro de 2014 e 16 de março de 2015.

Dentre os dados levantados que se coadunam com a pesquisa está o interesse da maioria da população brasileira por temas correlacionados a C&T como o Meio Ambiente (78%). Os brasileiros se mostram bastante interessados tanto em temas ambientais globais como locais, sendo os principais em ordem de preocupação, mensurados numa escala de 1 a 10: “o *Desmatamento da Amazônia*, com índice 9,2; seguido por *Efeitos das mudanças climáticas e do aquecimento global* (9); *Uso de pesticidas na agricultura* (8,4); *Uso da energia nuclear* (8,1) e, *Plantas transgênicas ou comida com ingredientes transgênicos como possíveis causadoras de doenças* (7,9)” (CGEE, 2015, p.14).

Os brasileiros têm como fonte de informação principal a TV, seguida pela internet que vem sendo cada vez mais utilizada. Muitas pessoas declararam utilizar, como fonte para acessar informação de C&T na internet, *sites* de instituições de pesquisa, seguidos de *sites* de jornais e revistas, *Facebook*, *Wikipedia* e *blogs*. Questionados sobre o Índice de Confiança (IC) dos profissionais que divulgam as informações das diferentes fontes, os declarantes apontaram os cientistas ligados a instituições públicas como a fonte de nível mais alto de confiança entre os atores sociais pesquisados, acima de jornalistas e médicos. Cabe mencionar que o nível de confiança em políticos permaneceu extremamente baixo em todas as enquetes, incluindo enquetes antigas.

Quanto à confiabilidade nos meios que divulgam a informação, aproximadamente metade dos brasileiros julga que é satisfatória a maneira como a mídia noticia as descobertas científicas e tecnológicas. O restante se subdivide entre aqueles que acham que a divulgação é parcialmente satisfatória, o que corresponde a 20% dos entrevistados, contra 20% que consideram que a informação é insatisfatória, tanto no que se refere ao número de matérias quanto à qualidade do conteúdo divulgado e 10% dos entrevistados não opinaram.

Sobre a influência da C&T sobre a sociedade, a grande maioria dos brasileiros concorda que:

a pesquisa científica é essencial para indústria; a C&T está tornando nossas vidas mais confortáveis; os governantes devem seguir, pelo menos em parte, as orientações dos cientistas; a experimentação animal deve ser permitida dependendo do caso; e a C&T poderá contribuir para a redução das desigualdades sociais no País (CGEE, 2015, p.12).

A grande maioria dos brasileiros, 73%, também declara acreditar que a C&T traz só “benefícios” ou “mais benefícios do que malefícios”. O Brasil, se destaca por ser um dos países do mundo de população mais otimista quanto aos benefícios da C&T, equivalente ao otimismo dos chineses e superior ao dos EUA. Só uma minoria muito reduzida, 4%, acredita que a C&T traz mais malefícios.

O otimismo se contrapõe quando consequências nefastas, como por exemplo, contaminações do meio ambiente por vazamentos radioativos, são divulgados e as opiniões divergem. A pesquisa atesta que “metade dos brasileiros vê a C&T como responsável pela maior parte dos problemas ambientais e acha que os cientistas têm conhecimentos que os tornam perigosos” (CGEE, 2015, p. 12). Mas também metade dos brasileiros concorda que a C&T está relacionada com a eliminação da pobreza e da fome no mundo e concorda que o uso dos computadores e a automação resultam em desemprego dos cidadãos. Questionados sobre novas tecnologias, metade dos brasileiros consultados não aprova os seus usos caso suas consequências não sejam bem conhecidas e a liberdade de pesquisa por parte dos cientistas deveria ser restringida e os mesmos serem responsabilizados em relação ao mau uso que outros fazem de suas descobertas.

No entanto, a maioria dos brasileiros concorda em alguns tópicos de grande relevância do processo de fazer ciência e de divulgação, quais sejam, a necessidade de se estabelecer padrões éticos sobre o trabalho dos cientistas; a obrigatoriedade da publicidade dos riscos decorrentes da C&T por parte dos cientistas; a publicidade do

conhecimento científico em linguagem compreensível para o público e, a inclusão da participação da população nas tomadas de decisão sobre os rumos da C&T. Nos resultados de pesquisa semelhante realizada em 2003 quase a totalidade dos brasileiros consultados, 97%, já declaravam ser importante a participação pública em temas ligados a C&T. Mas somente 7,4% manifestou possuir engajamento efetivo, sinalizando que a falta de conhecimentos suficientes não lhes permitiam a participação nas discussões (VOGT; POLINO, 2003).

Os dados levantados nos levam a crer que o grande interesse pelo meio ambiente, a confiança depositada nos cientistas de instituições públicas, o anseio pelo conhecimento científico e a predisposição para interagir nas decisões sobre C&T compreendem motivos justificáveis para se divulgar aqui conhecimentos científicos. Acreditamos também que a divulgação científica é uma ferramenta eficiente para dirimir opiniões imprecisas e contraditórias sobre os benefícios e malefícios da C&T. Nesse contexto, trazemos nessa tese a transposição do conhecimento geocientífico do meio físico do Distrito Federal, especificamente, como mais uma contribuição de divulgação científica de caráter ambiental.

Uma vez esclarecidas as questões semânticas e históricas, é digno de menção e discussão os fatores que limitam ou inviabilizam a divulgação científica. Aqueles que se dedicam à divulgação científica se deparam com obstáculos de várias naturezas ao longo desse processo. Aparentemente, uma tarefa fácil, mas na realidade é complexa por envolver aspectos informativos, políticos, éticos e morais que podem gerar impactos sociais e culturais. A divulgação científica é estratégica, segundo Monteiro e Brandão (2002).

2.4.1 DIVULGAÇÃO GEOCIENÉTICA NO BRASIL

Na década de 1990, Eerola (1994) já colocava em pauta alguns fatores limitantes do acesso do público brasileiro ao conhecimento geológico: pouco investimento em cultura, ciência e tecnologia; baixo poder aquisitivo da população; pouca pesquisa na área e sua divulgação; desinteresse da própria comunidade científica; desinteresse por temas geológicos na divulgação de ciência que, quando divulgados, não são sobre exemplos nacionais; baixa produção de documentários

televisivos que são, por sua vez, exibidos em horários de difícil alcance ou são sensacionalistas e questionáveis.

Atualmente, esse cenário mudou quando se fala de divulgação científica de modo geral, como já relatado nos tópicos anteriores. No entanto, a pesquisa e a divulgação geocientífica no Brasil ainda se encontra num estágio embrionário.

Alguns centros universitários vêm desenvolvendo pesquisas nessa área como por exemplo os trabalhos de pesquisadores da pós-graduação do Departamento de Geociências Aplicadas ao Ensino do Instituto de Geociências da UNICAMP e do Centro de Informações Geológicas Avançado do Instituto de Geociências da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS); de pesquisadores responsáveis por museus de ciências das universidades federais de Minas Gerais (UFMG), Rio de Janeiro (UFRJ), Rio Grande do Sul (UFRGS), Pará (UFPA), além da UNICAMP.

Azevedo (2007) em sua tese de doutoramento discorre sobre a potencialidade para criação de um Geoparque da UNESCO no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, importante e antiga região da história da mineração brasileira. Moreira (2008) em sua pesquisa faz a mesma proposta para as Unidades de Conservação do Parque Estadual de Vila Velha (PR), Parque Nacional do Iguaçu (PR) e Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (PE) com vistas a projetos de atividades interpretativas, educativas e geoturísticas.

Destacamos também alguns projetos em pesquisa aplicada de popularização geocientífica que já foram realizados nas duas primeiras décadas do século XXI como, por exemplo, as diretrizes para projetos educacionais apresentadas por Mansur (2009). A autora discorre sobre múltiplas ferramentas de divulgação geocientífica em espaços educacionais, em museus e centros de ciências, em conferências públicas, em projetos específicos de divulgação pública e, em especial, em geoparques⁸. Souza (2005) mostra os resultados de pesquisa aplicada em jornalismo geocientífico de cunho ambientalista no interior de São Paulo.

Há aproximadamente uma década cresce o número de movimentos pela preservação e divulgação do patrimônio geológico nacional. Geocientistas têm se dedicado a discutir temas como Geodiversidade, Geoconservação, Geoparque, Espeleologia – estudo de cavernas –, entre outros, tanto para profissionais de áreas afins como para o público leigo. Essas discussões vêm sendo apresentadas em

⁸ **Geoparque:** é uma área protegida, podendo ser ou não uma Unidade de Conservação, que tem como elemento principal seu patrimônio geológico.

congressos nacionais de Geologia e simpósios específicos. Dentre as iniciativas desses movimentos está também a formalização de uma entidade que se ocupará de temas afins.

A popularização do patrimônio geológico também é o foco da pesquisa no Parque Estadual de Ilha Bela, São Paulo (GOMES *et al.*, 2007), no Parque Nacional da Tijuca no Rio de Janeiro (BELIANE; SCHEINER, 2012) e no Geopark Araripe, Ceará (BRITO; PERINOTTO, 2012); no futuro Geopark Bodoquena Pantanal (ONARY-ALVES *et al.*, 2015). Mantesso-Neto *et al.* (2012) identificam que muitos atrativos turísticos brasileiros possuem patrimônio geológico merecedor de divulgação sistematizada e justificam as vantagens econômica, sociais e científicas para sustentar a inclusão do geoturismo como classe turística pelo Ministério do Turismo.

Em 2008, o Serviço Geológico do Brasil (Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais - CPRM), com o objetivo de popularizar a geodiversidade⁹ brasileira e contribuir com decisões sobre planejamento de ordenamento territorial sustentável, lança o volume *GEODIVERSIDADE DO BRASIL: Conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro* com informações importantes para vários setores sociais, ambientais e econômicos numa linguagem acessível (SILVA, 2008).

Desde 2009, pesquisas e eventos sobre Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo são divulgados para geocientistas e para interessados em geral no *blog Patrimônio Geológico e Geoconservação* (<http://www.geoconservacao.com.br/>)

Desde 2007, o interesse pela ampliação do alcance público das geociências e a inclusão de temas geocientíficos no currículo do Ensino Básico brasileiro tem se traduzido na realização de encontros bienais de pesquisadores em simpósios específicos ou sessões temáticas em congressos nacionais de geologia para apresentação de pesquisas em Ensino e História de Ciências da Terra; Divulgação de Geociências, Patrimônio Geológico e temas afins, demonstrando um interesse crescente com a popularização das geociências.

⁹ **Geodiversidade** é a natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, solos, fósseis e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico (<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade-162>).

No caso de profissionais cientistas como divulgadores originais da informação, uma das primeiras dificuldades é a discriminação por parte de seus pares em seus próprios locais de trabalho. Divulgadores de ciências são vistos com desinteresse e até com repulsa por boa parte dos cientistas altamente empíricos que consideram essa tarefa como não-fazer ciência.

Apesar desta atividade educacional ser considerada muito necessária, é também vista como uma atividade de baixo *status* para um cientista, um desvio do esforço do pesquisador, cujo interlocutor ideal é outro cientista, capaz de dar-lhe o crédito e o reconhecimento, e não o leigo, incapaz de entendê-lo (MUELLER, 2002, p.3).

A questão ainda se reflete no baixo incentivo às divulgações em editais de pesquisa oferecido às instituições de ensino federal, lembrando que no Brasil as pesquisas científicas são em sua maioria desenvolvidas em universidades federais (MOTTA-ROTH; MARCUZZO, 2010). Os ânimos são mais acirrados em especial se a divulgação for de informações das ciências ditas exatas, áreas do saber que não vêm positivamente, desnecessário até, investir em divulgação, no que resulta ainda uma competição por apoio econômico com as pesquisas científicas de ponta.

É comum entre os cientistas a crença de que não existem procedimentos científicos na divulgação. Ora, a própria transposição exige vários esforços nesse sentido uma vez que, do divulgador, em se tratando de um pesquisador, se exige o domínio de conhecimento e linguagem especializada e a habilidade de simplificar e selecionar sinônimos que transmitam a mesma essência contida nas ciências numa linguagem acessível ao público alvo para se atingir uma comunicabilidade¹⁰ eficiente. Na transposição, inclui-se então conhecimentos da língua vernáculo que se utiliza, em especial estilos de escrita e recursos linguísticos, independente se essa transposição é oral ou escrita (GERHARDT, 2009; MOTTA-ROTH; MARCUZZO, 2010; BRUNHAM, 2011; LOVATO, 2011; MOTTA-ROTH; LOVATO, 2011; NASCIMENTO, 2011). Conhecimentos sobre a psicologia da educação, psicologia cognitiva, neolinguística e neurociências, dependendo da interatividade da comunicação, são demandados na construção do meio de divulgação.

¹⁰ **Comunicabilidade:** é entendida na produção oral ou textual como o grau de facilidade ou dificuldade que toda pessoa tem para se comunicar

A própria epistemologia da divulgação científica é tema de pesquisas científicas na área da Ciência da Informação, Ensino de Ciências entre outras como nos atesta os trabalhos de Albagli (1996), Epstein (1998), Targino (2007), Mueller (2000), Massarani *et al.*, (2002), Mueller (2005), Silva (2006), Valério e Bazzo (2006), Germano e Kulesza (2007), Valério e Pinheiro (2008), Motta-Roth (2009), Costa *et al.*, (2010), Mueller e Caribé (2010), Burnham (2011), Caribé (2011), Lovato (2011), Moreira e Alves (2013), Grillo (2013), MCTI (2015).

Outra questão, que se contrapõe à primeira, se refere a formação deficitária de alguns divulgadores; geralmente questiona-se os profissionais do jornalismo; e dos receptores da informação em lidar com temas de C&T, como é o caso de brasileiros com formação educacional básica insuficiente (VALÉRIO; BAZZO, 2006; CARIBÉ, 2011). Se a própria educação básica brasileira, em especial a pública, possui deficiências no que tange ao letramento científico¹¹, é de se concluir que um grande obstáculo à divulgação científica é a desvalorização do potencial educativo da mesma.

O problema técnico mais visível enfrentado pelos divulgadores de ciência advém das simplificações ou reduções necessárias na transposição das linguagens. Segundo Mueller (2002), a divulgação (entendida pela autora como *popularização*) encerra em si um mal necessário. Necessário, pela importância que o conhecimento adquirido pode modificar o modo de pensar e por consequência de influenciar positivamente (idealmente falando) o modo de vida dos cidadãos. Mal, porque inerente ao processo de transposição ou tradução, o conceito original ao ser simplificado, para ser amplamente compreendido, traz consigo reduções, entendidas como distorções involuntárias ao processo.

As simplificações ou reduções, mesmo involuntárias, por vezes levam o leigo a se apegar a uma informação científica que convém a poucas situações, mas que são por ele extrapoladas para outras situações devido ao seu pouco conhecimento sobre o assunto. Quando distorções são intencionais, podem mascarar interesses escusos, podendo ser positivos ou negativos, e confundir ainda mais o receptor. Casos intencionais negativos existem, por exemplo, quando a indústria divulga somente informações benéficas, mascarando seus riscos e consequências negativas, com intenção exclusiva de favorecer seus interesses econômicos ou de terceiros.

¹¹ **Letramento científico** adotado aqui como sinônimo de alfabetização científica.

A alta credibilidade racional da ciência, intensificada pós-revolução industrial, na imagem de que seus resultados são diretamente responsáveis pelo desenvolvimento da humanidade – é uma assertiva falsa mesmo entre os cientistas, pois a ciência é mutável em função de novos estudos e do avanço da tecnologia, além de vir revestida de muitos malefícios. Isso traz uma cegueira intelectual ao leigo. Mais recentemente, interpretações opostas de uma mesma pesquisa científica têm aumentado o grau de ceticismo em relação à ciência. Por exemplo, os alimentos ovo e chocolate já foram “vilões” e se transformaram em “mocinhos”; aquecimento global influenciado apenas pelo ser humano e/ou por radiações cósmicas. Credibilidade ou ceticismo totais são problemas quando a divulgação científica não expõe os procedimentos técnicos da pesquisa e os porquês dos resultados díspares.

Quando informações científicas publicamente divulgadas envolvem fatores de risco para um grande número de pessoas, problemas mais sérios podem acontecer e alcançar setores políticos e sociais. Tal divulgação pode influenciar seriamente o comportamento individual dos cidadãos ou provocar mudanças nas políticas públicas a curto ou longo prazo (MUELLER, 2002; NELKIN, 1995). Atualmente, os casos mais conhecidos estão relacionados às questões ambientais sobre aquecimento global, racionamento de água ou desastres ambientais periódicos, como deslizamentos de terra, erupções vulcânicas, terremotos, inundações, entre outros. Os casos especiais de divulgação amplificam sobremaneira a responsabilidade dos divulgadores e suas fontes, bem como a de órgãos públicos encarregados de adotar medidas de precaução ou de emergência.

Daí, por consequência, é levantada outra questão limitante que é a confiabilidade da fonte divulgadora. Para Hilgartner (1990), o grau de autenticidade de uma divulgação está diretamente proporcional à cientificidade da informação. Artigos científicos teriam então alto grau de confiabilidade, mas baixo grau de comunicabilidade para o público leigo, enquanto divulgações populares se distanciariam em diferentes graus da confiabilidade, mas seriam mais compreensíveis pelo não-cientista.

Acreditamos que quanto mais incentivos houver dos órgãos fomentadores da divulgação científica e mais pesquisas ocorrerem de diversas áreas que participam no processo de informação ao público leigo, além da valorização por parte da comunidade científica dessa área de pesquisa, mais a ciência poderá assumir seu papel social de formação de cidadãos mais críticos e atuantes na sociedade moderna.

A finalidade maior de criar uma cultura científica no receptor, entendido de modo geral como público leigo, não-científico, e sendo esse receptor oriundo de diferentes contextos sociais, faz com que se abra a possibilidade de utilização de vários gêneros discursivos na divulgação científica.

O discurso é entendido como a prática social de produção de textos que envolve a comunicação dentro de um determinado contexto e diz respeito a quem fala, para quem se fala e sobre o que se fala. Por ser uma construção social, não individual, só pode ser analisado considerando seu contexto histórico-social, suas condições de produção, vinculada a uma visão de mundo determinada por seu(s) autor(es) e à sociedade em que vivem.

Do exposto, duas questões necessitam estar bem esclarecidas na discussão da linguagem de divulgação científica. A primeira no campo linguístico, quanto ao gênero do discurso que se emprega; a segunda, de caráter filosófico, diz respeito ao público alvo e sua ação reflexiva sobre a divulgação.

Do ponto de vista de Bakhtin (2003), o gênero discursivo da divulgação científica destaca a natureza dialógica da comunicação, incorporada de gêneros dialogados na oralidade do cotidiano, considerados gêneros primários. Os gêneros escritos mais elaborados, surgidos como reflexos de sociedades ideológicas também mais complexas são por sua vez considerados gêneros secundários.

Grillo (2008) ao comentar os gêneros discursivos de Bakhtin, coloca que a divulgação científica é uma modalidade particular de relação dialógica,

onde os enunciados¹² de divulgação dialogam, por um lado, com o discurso científico, assumindo a posição de mediadora competente e, por outro, com a presunção do universo de referências de seu destinatário, constituído por aquilo que o divulgador pressupõe que ele domina e, acima de tudo, não domina (GRILLO, 2013, p. 68-69).

Grillo (2013) aprofunda mais essa questão ao entender a divulgação científica como um processo de exteriorização da ciência nas instâncias de circulação e recepção, onde se coadunam diversos discursos, cada qual com as particularidades

¹² **Enunciado**, em linguística, significa um segmento da cadeia falada produzida por um falante numa determinada língua que é delimitado por certas marcas formais: de entonação, de silêncios (expressão oral), de pontuação (expressão escrita). O conjunto dos enunciados constitui o corpus utilizado para a descrição e a análise de uma língua (<https://pt.wiktionary.org/wiki/enunciado>).

das esferas¹³ onde foram gerados, no que permitem uma inter-relação de troca de conhecimentos e avaliações do papel social da ciência.

Nesse processo de exteriorização, os conhecimentos científicos e tecnológicos entram em diálogo com os de outras esferas, sobretudo com a ideologia do cotidiano, mas também com as esferas artística, política, religiosa etc. Esse diálogo não se restringe ao aspecto terminológico, tradução dos termos científicos por termos cotidianos e a co-presença de ambos no texto, como sugere o trabalho de Authier-Revuz (1998[1982]), mas coloca em contato diferentes esferas de produção de saberes, compostas por centros valorativos próprios, por seus gêneros, por suas imagens. Esse contato permite não só o aumento do estado de conhecimentos do destinatário presumido, como promove a submissão dos saberes científicos e tecnológicos a uma avaliação crítica viva (GRILLO, 2013, p. 69).

Assim, além do discurso dialógico, os vieses da linguagem podem variar entre dissertativo, descritivo, jornalístico, narrativo com discursos direto ou indireto, entre tantos outros. Em nosso trabalho, optamos pelo discurso narrativo, mas ressaltamos que no momento apresentamos uma primeira etapa da relação dialógico com nosso público alvo, haja vista que uma comunicação mais interativa com o respaldo da reflexão do receptor consiste numa etapa futura que foge ao escopo deste trabalho. Assim, não discutiremos o caráter filosófico, anteriormente mencionado.

A narração é uma modalidade discursiva que apresenta uma sequência de ações interligadas que progridem para um fim. Não deixa de ser uma descrição dos fatos, um relato dos acontecimentos, fictícios ou não, mas no caso, contados por um narrador, por meio da ação de seus personagens. A ordem dos fatos é em geral cronológica, invertida ou não, dentro de um intervalo de tempo específico. A narração delimita o espaço onde acontecem as ações e possui um enredo com determinado propósito.

Sequenciar os acontecimentos e justificar suas inter-relações por meio de causa e efeito compreende o processo da historicidade de algum lugar ou de alguém; a narração, como estilo literário, cumpre esse fim. Culturalmente a narração compreende uma das formas discursivas mais antigas da história da humanidade, por isso, mais praticada e capaz de entreter e chamar a atenção de quem ouve ou lê o que está sendo contado. O receptor se torna mais interessado à medida que

¹³ **Esferas:** conceito explicativo formulado para explicar o modo de organização e a diversidade das manifestações culturais, sociais e ideológicas de nossas sociedades contemporâneas. De caráter tanto sociocultural quanto ideológico-discursivo na medida em que as esferas se caracterizam por visões de mundos particulares e por normas condicionadoras do uso da linguagem. Nas ciências humanas é sinônimo de ideologia ou sistemas ideológicos constituídos, as esferas sofrem influências umas das outras, são refratadas ou transformadas, em razão da organização de cada uma delas (GRILLO, 2013, p. 81).

estabelece afinidades com algum personagem que podem ocorrer com diversos graus de proximidade.

Os seres humanos são seres narrativos (MCINTYRE, 1981), buscam o *sentido da finalidade* (Kermode 1967), pois desejam colocar a si mesmos dentro de uma narrativa que dê significado e propósito claros para suas vidas (CERVATO; FRODEMAN, 2014, p. 70).

Ao colocar essa inter-relação, Cervatto e Frodeman discutem as dificuldades de compreensão do Tempo Profundo da história do planeta ao dizer que muitas vezes os processos naturais ao longo do tempo geológico não estabelecem qualquer propósito pré-definido que estabeleça a relação recíproca entre seres humanos e o planeta. A narração da história geológica precisaria estar imbuída dessa inter-relação. Uma argumentação dos autores é que nosso cérebro se desenvolveu para compensações de curto prazo e muitos dos eventos geológicos de longo prazo e acontecidos há tempos atrás são considerados de difícil percepção.

No entanto, concordamos com os autores quando apontam que um dos recursos para dirimir essas dificuldades é a utilização de linguagem metafórica ao se contar eventos pretéritos. Avançamos um pouco mais nessa discussão argumentando que inúmeras figuras de linguagem, além da metáfora, são recursos importantes na narração do passado geológico. Não tão comuns na linguagem hermenêutica da comunicação científica, as figuras de linguagens podem ser de grande valia e amplamente utilizadas na narração literária de divulgação científica.

3. EVOLUÇÃO DO MEIO FÍSICO DO DISTRITO FEDERAL: GEOLOGIA HISTÓRICA

O meio físico, por definição, é o conjunto do ambiente caracterizado pela interação dos componentes predominantemente abióticos, quais sejam, materiais terrestres (solos, rochas, água e ar) e tipos naturais de energia (gravitacional, solar, energia interna da Terra e outras), incluindo suas modificações decorrentes da ação biológica e humana (FORNASARI FILHO *et al.*, 1992).

A caracterização atual do meio físico do Distrito Federal tem sido apresentada por vários estudiosos desde tempos pretéritos, anteriores mesmo à sua criação como território federal.

Ao se ater aos processos de relacionamento do homem com o restante da natureza à sua volta, seus modos de desenvolvimento culturais e tecnológicos em acordo com o momento histórico em que determinadas práticas econômicas, políticas e sociais foram empregadas, é possível traçar um histórico da relação humana dos ocupantes do Distrito Federal em diferentes épocas com o meio físico circundante e as diferentes valoração desse meio.

No entanto, e em se tratando de dar conhecimento da historicidade do modelamento do meio físico da região do Distrito Federal desde milhões de anos atrás, fica evidente que muitos eventos históricos ocorreram em lapsos de tempos anteriores ao aparecimento humano, mas que só foram compreendidos mediante o desenvolvimento do pensamento científico, que nos colocou como grandes observadores da natureza e criadores de ferramentas tecnológicas para aprofundar esse conhecimento.

Por este ponto de vista, dentre as *Ciências do Sistema Terra*¹⁴ (WESTBROECK, 2002), a Geologia (do grego, **geos**: Terra; **logos**: palavra; estudo) é a ciência que se preocupa em entender as interações e evolução dos processos abióticos e seus efeitos sobre o planeta e a vida, desde a formação do planeta até os dias atuais,

¹⁴ **Ciência do Sistema Terra** compreende um sistema coerente formado por quatro componentes maiores, a litosfera (matéria rochosa), atmosfera, biosfera e hidrosfera que guardam interações múltiplas entre si e que, portanto, não são independentes. Esse sistema está sujeito à ação cósmica e interna, ou endógena, com uma troca de material entre os domínios interno e externo, desprezível, segundo se acredita, numa escala de tempo baseada em muitos milhões de anos. Já numa escala baseada em bilhões de anos, essas trocas de material não podem ser menosprezadas (WESTBROECK, 2002, p. 2).

tratando-se assim de eventos da ordem de milhões a bilhões de anos. A Geografia (do grego **geos**, Terra e **grafia**, escrita) integra essas informações tanto com os aspectos abióticos superficiais do planeta, como relevo e solos, estudados pela Geografia Física, bem como com os aspectos humanos vistos na Geografia Humana e, por conseguinte, fornece fatos acontecidos em tempos bem mais recentes de poucos milhões de anos até os dias de hoje. Ambas as ciências explicam a configuração do planeta como consequência da interação de forças endógenas, movidas pela dinâmica interna do planeta, com as forças exógenas que moldam a superfície terrestre. Possuem também em comum a aplicação do princípio do Atualismo, teoria baseada na observação dos eventos do presente e seus registros para, por comparação com os registros antigos, desvendar os fatos do passado (FARIA, 2014).

Assim, por questões de exposição didática dessa historicidade, far-se-á uma subdivisão da história do Distrito Federal em pré e pós-civilização humana. A primeira classificada no âmbito das áreas de Geologia e Geografia, respectivamente como Geologia Histórica e Evolução Geomorfológica (Geomorfologia, do grego **geos**: Terra; **morphe**: forma e, **logos**: estudo) tratadas nesse capítulo. A segunda, por sua vez, definida pelas ciências sociais, como História Ambiental, no próximo capítulo.

Essa é uma classificação informal, adotada apenas nesse trabalho, pois para a geologia o tempo geológico se refere a todo tempo transcorrido desde a formação do planeta até a atualidade.

3.1 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA DO DISTRITO FEDERAL

A sequência de eventos históricos que explicam a geologia atual do Distrito Federal tem sido elucidada por diversas pesquisas publicadas em periódicos científicos ou editadas em dissertações, teses e livros ao longo das últimas décadas. Novos dados e detalhes complementares advindos de novas tecnologias de pesquisa têm contribuído constantemente para uma melhor compreensão dos acontecimentos passados.

Montar o quebra-cabeças de um passado geológico só é possível quando as informações registradas nas rochas são decifradas. Essas informações são de cunho variado desde identificação dos tipos de rocha, condições e ambiência de formação de cada uma, relações temporais entre as mesmas, identificação de modificações

geológicas pós-gênese que estas sofreram, idades de formação das rochas bem como de posteriores processos a que foram submetidas.

Todos esses dados, geralmente estudados individualmente com a utilização de procedimentos metodológicos de pesquisa específicos, são então integrados numa cronologia que, comparativamente aos processos geológicos atuais, justificam uma evolução geológica coerente.

Para se entender a geologia de uma área é mister chamar a atenção ainda do leitor para a questão espacial de ocorrência das rochas. Quase nunca as extensões superficiais que as rochas ocupam são coincidentes com limites políticos-geográficos. É comum um mesmo tipo de rocha se estender por grandes extensões podendo ultrapassar os limites de vários estados ou mesmo países diferentes. Isso porque foram os processos naturais, que acontecem frequentemente em escalas de milhares de quilômetros, e não a conveniência humana, quem gerou as rochas em determinada localidade.

Isto posto, ao se falar da geologia do Distrito Federal o leitor perceberá que nem sempre os eventos geológicos que explicam seu meio físico ficaram restritos aos limites do quadrilátero; pelo menos, na maioria das vezes não. Por conseguinte, a geologia regional, além dos limites do Distrito Federal também será comentada sempre que for necessário para entender a geologia local do território.

Dessa forma e de maneira bastante simplificada, as rochas do Distrito Federal compreendem uma pequena porção de um cinturão de rochas de orientação geral N-S que se distribui com aproximadamente 1000 km de extensão por 350 km de largura média que acontece desde a latitude de 11°S até a latitude 21°S na região central do Brasil, denominado de Faixa Brasília (ALMEIDA, 1967). Pimentel *et al.* (2011) com base em compilações de diversos estudos anteriores e novas pesquisas para determinação das idades e ambientes de ocorrência das rochas da Faixa, subdividiram-na regionalmente pelas semelhanças de seus aspectos tectônicos e cronológicos (Figura 3.1).

Regionalmente esse cinturão representa uma antiga região de encontro de placas continentais que convergiram, movidos por esforços que agem no interior do planeta, segundo uma rota de colisão de direção geral WNW-ESSE. Os esforços compressivos alteraram as rochas que se posicionavam no front do encontro, deformando-as ao ponto de gerar uma cadeia de montanhas a oeste do atual Distrito Federal por toda a região hoje delimitada pelo cinturão. Em Geologia o processo de

formação de montanhas recebe o nome de Orogênese (do grego **oros**, montanha e **genesis**, formação) e por consequência o cinturão é classificado como um cinturão orogênético, denominado formalmente de Faixa de Dobramentos Brasília (BRITO NEVES; CORDANI, 1991; VALERIANO *et al.*, 2004). O termo dobramentos é usado porque uma das principais deformações que as rochas sofrem em cinturões orogênicos é de vergar na forma de dobras.

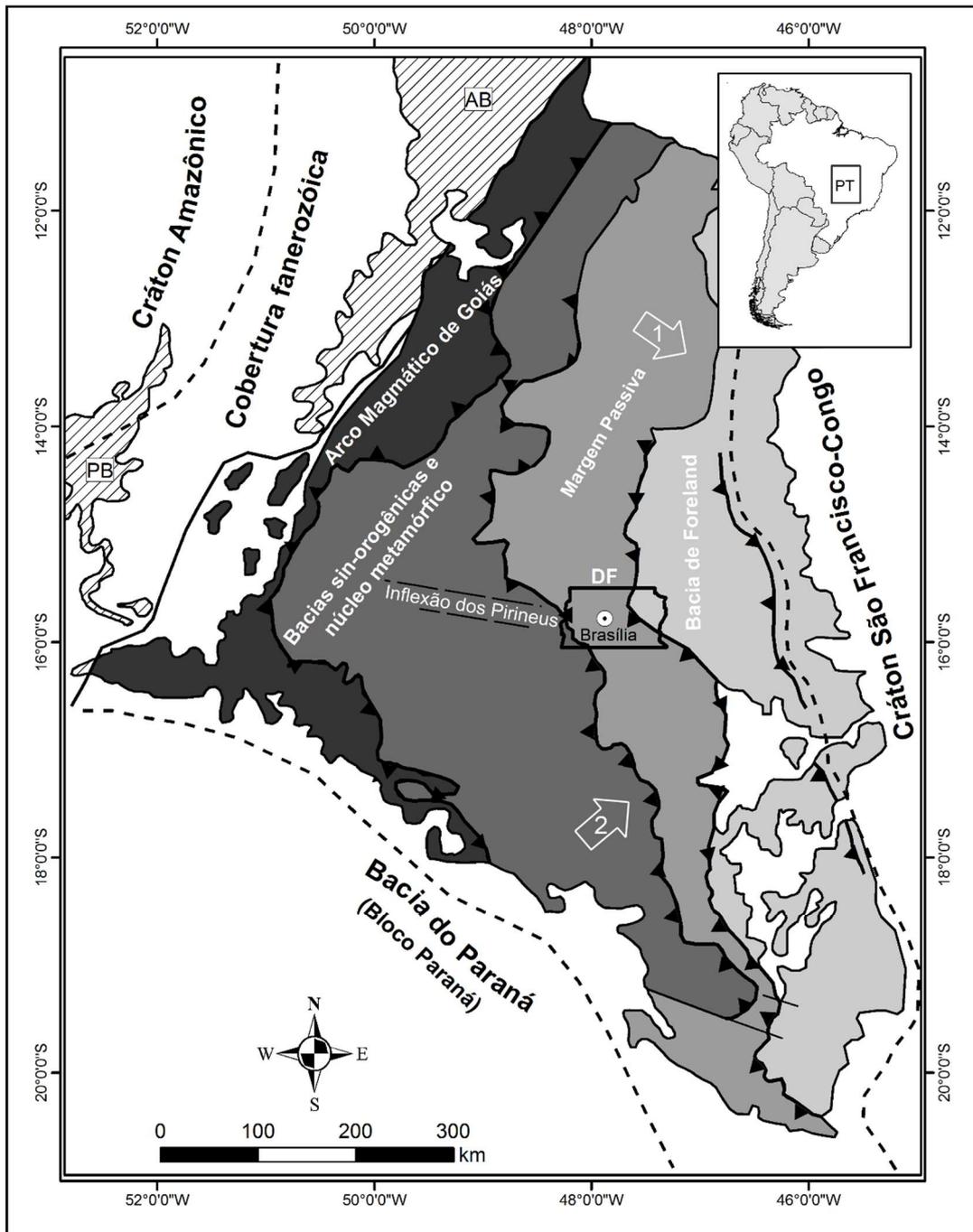


Figura 3.1 – Compartimentação tectônica da Província Tocantins com destaque para a Faixa Brasília (cinzas). Ambientes tectônicos definidos por dados geocronológicos de proveniência (Sm-Nd; U-Pb) em zircões detriticos. PT – Província Tocantins; FA – Faixa Araguaia; FP - Faixa Paraguai. Setas indicam a vergência tectônica. Modificado de Pimentel *et al.* (2011).

Dentro desse contexto, as rochas que hoje se encontram no Distrito Federal são representantes de rochas acumuladas numa faixa litorânea de um dos continentes e que por estarem relativamente afastadas do *front* de colisão não foram intensamente modificadas pelos movimentos compressivos, guardando muito de suas feições de ambiente marinho costeiro.

Após cessar a dinâmica deste encontro, toda a região, incluindo o atual território do Distrito Federal, não sofreu mais nenhum evento orogênico de grande porte e entrou num estágio de estabilidade cinemática, mas os efeitos do clima, ação de organismos vegetais e animais e a gravidade continuaram a atuar na modificação do relevo, desgastando e aplainando os relevos de altitude. Solos foram então formados e a rede de drenagem estabelecida.

O reconhecimento desta história com todos os eventos anteriores e posteriores à Orogênese advém de décadas de pesquisas de campo e de laboratório sobre as rochas da região.

Numa sequência lógica pesquisas, se faz necessário primeiramente identificar os tipos de rochas e estabelecer suas relações, buscar feições que ficaram registradas em suas estruturas e texturas que identifiquem o ambiente em que elas foram formadas e estabelecer uma ordem cronológica para elas. Os estudos são desenvolvidos por uma das áreas específicas da Geologia, denominada de Estratigrafia (do latim, **stratum** e do grego, **grafia**), que significa descrever as camadas de rochas e estabelecer uma sucessão entre elas.

Por vezes estabelecer a sucessão entre as camadas de maneira relativa, ou seja, determinar por comparação com base em suas relações de contato quais seriam mais antigas e quais mais jovens não elucidada totalmente a ordem cronológica de suas formações. Existe também a necessidade de se determinar a idade precisa das rochas a milhões de anos, o que pode eliminar dúvidas quanto à sequência dos eventos históricos. Estes estudos são desenvolvidos pela área da Geocronologia (do grego **geos**: Terra; **chronos**: tempo e, **logos**: estudo).

Quanto a dizer se estas rochas foram ou não submetidas a esforços que as modificaram é necessário a classificação e quantificação das deformações que os estudos da Geologia Estrutural possibilitam. Interpretados à luz da Geotectônica, que os colocam em âmbito regional ou global, é possível relacioná-los aos diferentes tipos

de movimentos das placas tectônicas¹⁵ e suas ambiências. Corpos rígidos como as rochas quando sob compressão ou tensão respondem de maneiras distintas aos esforços no que deixam registros diagnóstico do tipo de estresse a que foram submetidas. Os registros permitem ainda (a) delimitar as condições de pressão, temperatura e profundidade em que as rochas se encontravam quando foram deformadas e (b) determinar o ambiente tectônico vigente na época.

Todos os processos intempéricos¹⁶ e erosivos que modificaram o relevo após o fim da Orogênese só são entendidos com o estudo dos sedimentos e formas de relevo resultantes da erosão das montanhas, do clima e do ciclo da água que são exaustivamente estudados por pesquisadores das áreas de Sedimentologia (do latim **sedimentum**: matéria, partículas ou grãos e **logos**: estudo) e Geomorfologia. Por outro lado, a classificação e gênese, dos solos, resultantes dos mesmos processos intempéricos, são preocupações da área da Pedologia (do grego **pedon-**, solo, terra e **logos**, estudo).

A Geomorfologia e a Pedologia, tratadas como campos da Geografia, Física são ao mesmo tempo o estudo dos aspectos geológicos do terreno visível ou, em outras palavras, são ciências que figuram na interface Geologia-Geografia.

Por fim, as pesquisas da área da Hidrogeologia (do grego **hydor-**: água, **geos**: Terra e **logos**: estudo) e a Hidrografia (do grego **hydor-**: água e **grafia**: escrita), a primeira como área da Geologia e a segunda da Geografia, nos possibilitam compreender as circulações subterrâneas da água na crosta terrestre, formação dos canais de drenagens e aquíferos, seus processos de manutenção, bem como classificá-los e determinar os recursos hídricos de uma região.

E por fim, o entendimento da evolução do clima, pesquisado pela Climatologia (do grego **clima**: "inclinação", referindo ao ângulo formado pelo eixo de rotação da Terra e seu plano de translação e **logos**: estudo) sobre a região permite esclarecer como as variações climatológicas influenciaram desde a deposição das rochas a ocupação humana atual do Distrito Federal.

¹⁵ **Placas Tectônicas**: são fragmentos irregulares da superfície rochosa terrestre de dimensões quilométricas, se vistos em planta, e com espessura de até 200 km vistos de perfil, que se movem constantemente devido a movimentos convectivos que ocorrem no Manto, camada intermediária do interior da Terra.

¹⁶ **Intemperismo**: Em geologia se diz ao conjunto de todos os processos físicos, químicos ou biológicos que atuam separada ou concomitantemente sobre as rochas da superfície terrestre e que levam à desagregação física e/ou alteração química das mesmas.

A despeito dos estudos específicos de cada uma das áreas acima citadas e de outras não citadas, mas que auxiliam no estudo do meio físico pode-se afirmar que todas são interdependentes entre si, ora como consequentes uma das outras ora concomitantes. Em conjunto, elas possibilitam desvendar o passado geológico de uma região e identificar além dos recursos hídricos os recursos minerais disponíveis.

Por essa razão, serão apresentados a seguir os diferentes dados acima listados a respeito do meio físico do Distrito Federal e, quando for necessário, também da Faixa de Dobramentos Brasília. Os dados geológicos de estratigrafia, geocronologia e de geologia estrutural são descritos em conjunto num primeiro momento, por serem dados que historicamente foram gerados primeiramente na história. Na sequência descrevemos os relevos, solos, bacias hidrográficas, aquíferos e clima estabelecidos em tempos mais recentes. Por fim, rápidas considerações serão tecidas a respeito do meio biótico, o Cerrado, e suas relações com a evolução da paisagem e do clima.

Por se tratar de dados que embasam a presente pesquisa de doutorado serão apresentados tal como originalmente divulgados pela ciência, respeitando-se a linguagem específica de cada ramo das geociências. Neste momento não serão expostas ao leitor as explicações dos métodos utilizados na pesquisa nem qualquer transcrição da linguagem científica. Esses aspectos serão tratados a posteriori no capítulo IV, quando da comunicação científica para o público.

3.1.1

ESTRATIGRAFIA & GEOCRONOLOGIA

A geologia que se insere no Distrito Federal compreende uma fração restrita da região centro-leste da Faixa de Dobramentos Brasília (ALMEIDA, 1967), cinturão orogênico de orientação geral N-S com aproximadamente 1000 km de extensão por 350 km de largura média na região central do Brasil (Figura 3.1).

Esse cinturão é formado por rochas supracrustais de idade arqueana a proterozóica que sofreram deformação resultante de fechamento oceânico e encontro de continentes ocorrido no Neoproterozoico entre 800 a 550 Ma correspondente ao Ciclo Pan-Africano-Brasiliense (BRITO NEVES *et al.*, 1999; 2014; ALMEIDA *et al.*, 2000; CAMPOS NETO, 2000; DARDENNE, 1981; 2000; CORDANI *et al.*, 2000; VALERIANO *et al.*, 2004, 2006; UHLEIN *et al.*, 2012; ALKIMIM, 2015). A amalgamação

desses continentes resultou no supercontinente de Gondwana Oeste (ALMEIDA *et al.*, 1973).

Segundo a compartimentação de Fuck (1994), que subdividiu a Faixa Brasília em zonas Externa, Interna e Zona Cratônica, as rochas do Distrito Federal são representantes da Zona Externa formada por metassedimentos marinhos de antepaís oriundos do Cráton São Francisco-Congo.

Mais recentemente, Pimentel *et al.*, (2011), subdividem a Faixa Brasília por ambiência tectônica, de acordo com dados de proveniência de zircões detríticos pelos métodos Sm-Nd e U-Pb (SHRIMP e LA-ICPMS), em quatro faixas longitudinais, de oeste para leste em: (a) Arco Magmático de Goiás, de idade neoproterozoica; (b) Bacias Sin-orogênicas e Núcleo Metamórfico, paleo- a neoproterozoico; (c) Margem Passiva meso/proterozoica e, (d) Bacia de *Foreland* neoproterozóica (Figura 3.1).

Nesta nova subdivisão as rochas do Distrito Federal possuem representantes de três diferentes ambientes tectônicos marinhos. Rochas de margem passiva compreendem a maioria das rochas do quadrilátero, seguidas por rochas de bacias de *foreland* e, de maneira menos expressiva, ocorrem rochas de bacia sin-orogênica.

A vergência geral para leste da Faixa Brasília coloca unidades em contato tectônico por grandes falhas de empurrão, por vezes sobrepondo rochas mais antigas sobre rochas mais jovens.

Na altura da latitude 16°S o alto topográfico da Megainflexão dos Pirineus, de direção aproximada E-W (Figura 3.1), subdivide a Faixa Brasília numa porção setentrional de direção NNE e outra meridional de direção SSW. Nessa mesma latitude a deformação e o metamorfismo gradam desde o fácies anfíbolito na extremidade oeste da inflexão até a zona anquimetamórfica no extremo leste, onde se encontra o quadrilátero do Distrito Federal. A posição geográfica do Distrito Federal na extremidade leste da inflexão faz com que em seu domínio ocorram rochas das duas porções da faixa.

Em se tratando de estratigrafia, as rochas de margem passiva estão representadas pelos grupos Paranoá e Canastra; as rochas de bacia sin-orogênica pelo Grupo Araxá e as rochas de bacia *foreland* pelo Grupo Bambuí na região do Distrito Federal.

Em termos regionais (Figuras 3.2), o Grupo Paranoá ocorre na porção setentrional da Faixa Brasília como uma faixa irregular com aproximadamente 120 Km

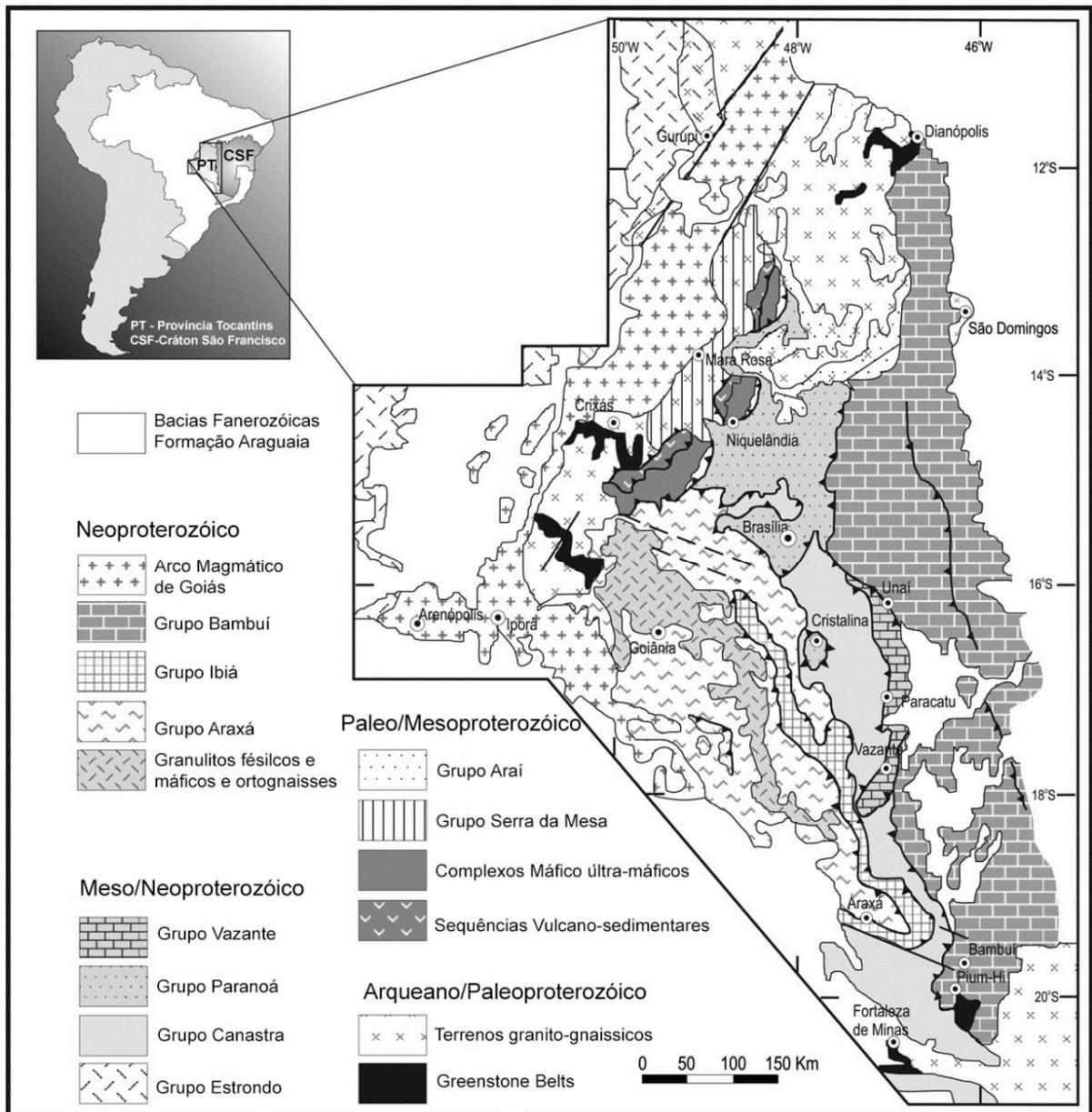


Figura 3.2 – Mapa geotectônico da Província Tocantins com destaque para a Faixa de Dobramentos Brasília e localização do Distrito Federal. Adaptado de Dardenne (2000).

de direção NS que se estende desde o sul do Distrito Federal até norte de Alto Paraíso, ocorrendo ainda em faixas estreitas a leste e sudeste o Distrito Federal e em áreas localizadas a sul do Distrito Federal no Estado de Goiás. As rochas do Canastra são comuns na porção meridional da Faixa Brasília, numa faixa sinuosa de direção geral NE-SW, desde o município de Passos, MG, até o Distrito Federal. O Grupo Araxá também predomina na porção meridional da Faixa Brasília a oeste do Grupo Canastra. E o Grupo Bambuí ocorre em ambas porções da Faixa Brasília, numa contínua faixa NS com aproximadamente 1000km de extensão por 150 km de largura, desde o

município de Dianópolis na porção norte da Faixa Brasília até o município de Pium-Hi no extremo sul da porção meridional da faixa.

Localmente no Distrito Federal (Figura 3.3) o Grupo Paranoá corresponde à extremidade sul da extensa área de ocorrência do grupo e são as rochas dominantes no distrito, ocupando 60% de sua área. As rochas do Grupo Canastra são representantes do extremo norte dessa faixa e ocorrem essencialmente num sinclinal na porção centro-leste e localmente no norte do distrito com aproximadamente 15% da área do distrito. O Grupo Araxá ocupa a menor área dentre todos os grupos, cobrindo 5% da área no extremo sudoeste do Distrito Federal e, o Grupo Bambuí ocupa os 20 restantes numa faixa NS no extremo leste da área.

Nos limites do Distrito Federal a pouca influência tectônica mostra paragêneses e grau metamórfico desde anqui-metamorfismo à fácies xisto verde, zona da clorita.

A descrição da estratigrafia e geocronologia em conjunto, seguida pela descrição estrutural já levantada a respeito de cada grupo é apresentada a seguir.

3.1.1.1

GRUPO PARANOÁ

A estratigrafia do Grupo Paranoá, denominado por Dardenne (1978), foi melhor compreendida após estudos desenvolvidos por Faria (1995) à norte do Distrito Federal em sua área tipo, nos municípios de São João D'Aliança e Alto Paraíso de Goiás. No Distrito Federal a sucessão estratigráfica do grupo está parcialmente representada, tendo sido detalhada por Freitas-Silva e Campos (1995; 1998). Recentemente Campos *et al.*, (2013) apresentaram um estudo pormenorizado dos sistemas deposicionais e evolução sedimentar do grupo com proposta de formalização de suas unidades que são tomadas como referência nesse estudo. Interpretações quanto ao ambiente de deposição da unidade de topo do grupo na região de Bezerra, GO, próxima ao Distrito Federal e realizadas por Costa Neto (2006) são também incluídas no presente trabalho.

A sequência de rochas do Grupo Paranoá apresenta uma evolução deposicional inicial em ambiente continental que passa progressivamente para ambiente marinho plataformal, onde sucessivas transgressões e regressões se intercalam (CAMPOS *et al.*, 2013). A unidade de topo evidencia a inversão de ambien-

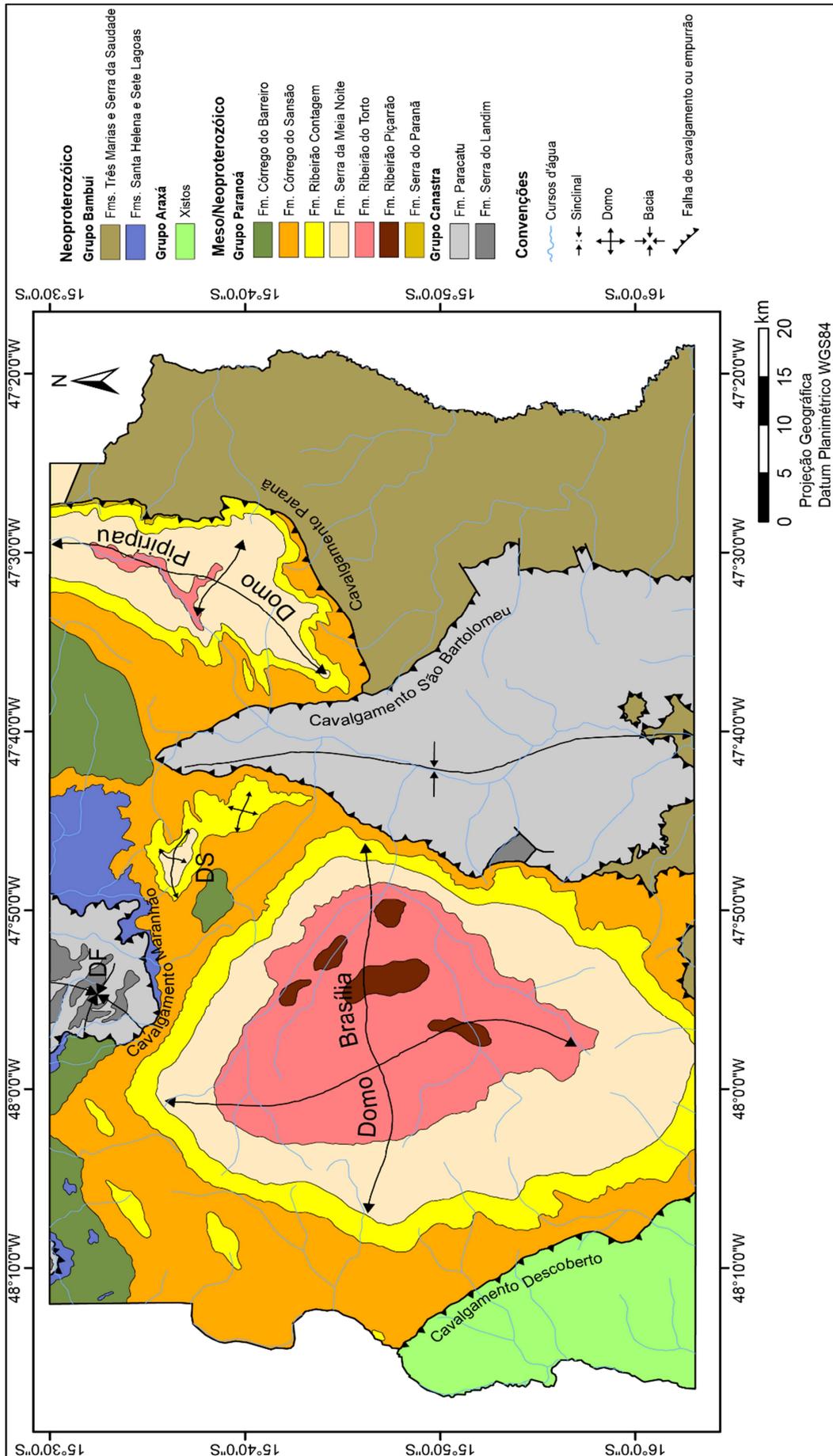


Figura 3.3 – Mapa geológico do Distrito Federal. (Modificado de Campos, 2010)

te deposicional de margem passiva para bacia de *forearc* arco quando se dá a deposição final do grupo (COSTA NETO, 2006). O empilhamento estratigráfico das rochas do Grupo Paranoá definido por Faria (1995) e formalizado por Campos *et al.*, (2013) é apresentado na Figura 3.4, no entanto no Distrito Federal as quatro unidades basais não estão expostas. A sequência total perfaz aproximadamente 1450m de espessura, subdivididos em 11 unidades formais que da base para o topo são:

Formação Ribeirão São Miguel, discordantemente assentada sobre as rochas mais antigas do Grupo Araí, é formada por conglomerados suportados por matriz arenosa e cimento de carbonatos. Os clastos, de seixos a calhaus predominantemente, variam de subarredondados a muito angulosos e são de quartzitos, metassiltitos e mármore derivados do Grupo Araí. As variações faciológicas e suas interrelações e estruturas sedimentares indicam deposição por leques aluvionares em condições ambientais de *rifte*.

Matteini *et al.*, (2012) sobre estudos isotópicos de proveniência em zircões dessa unidade obtiveram uma idade U-Pb paleoproterozóica para a maioria dos zircões analisados de $\sim 2178 \pm 15$ Ma. Dados de Lu-Hf indicaram idade modelo (TDM) variando entre 2,47-3,25 Ga com $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ entre 4,3 to -8,6, indicando tanto origem mantélica quanto residência crustal. Outras contribuições menores de zircões neoarqueanos com idade U-Pb de 2,7 Ga e uma segunda população paleoproterozóica de 1,8 Ga foram também identificadas.

De um ambiente continental a sequência evolui rapidamente para ambiente de mar aberto raso caracterizado pelos metarritmitos da **Formação Córrego Cordovil**, concordantemente sobreposta à anterior. Os metarritmitos mostram intercalações regulares de camadas de quartzitos imaturos ricos em feldspatos e micas, com camadas e lâminas plano paralelas de metassiltitos e metassiltitos argilosos. A ritmicidade indica variação na capacidade das correntes de carreamento de sedimentos e a presença de pseudomorfos de cubos de sal e gretas de contração indicam águas rasas com exposição ocasional do ambiente de deposição, comum de planícies de marés.

Em seguida a **Formação Serra da Boa Vista** caracteriza um primeiro ciclo regressivo pela deposição de material psamítico dado por quartzitos finos a médios maduros, localmente grossos, intercalados subordinadamente a metarritmitos pelito-argilosos. O retrabalhamento por ondas nessas rochas é marcado pela presença de grãos de quartzo arredondados e bem selecionados em acamamento e laminação horizontal e

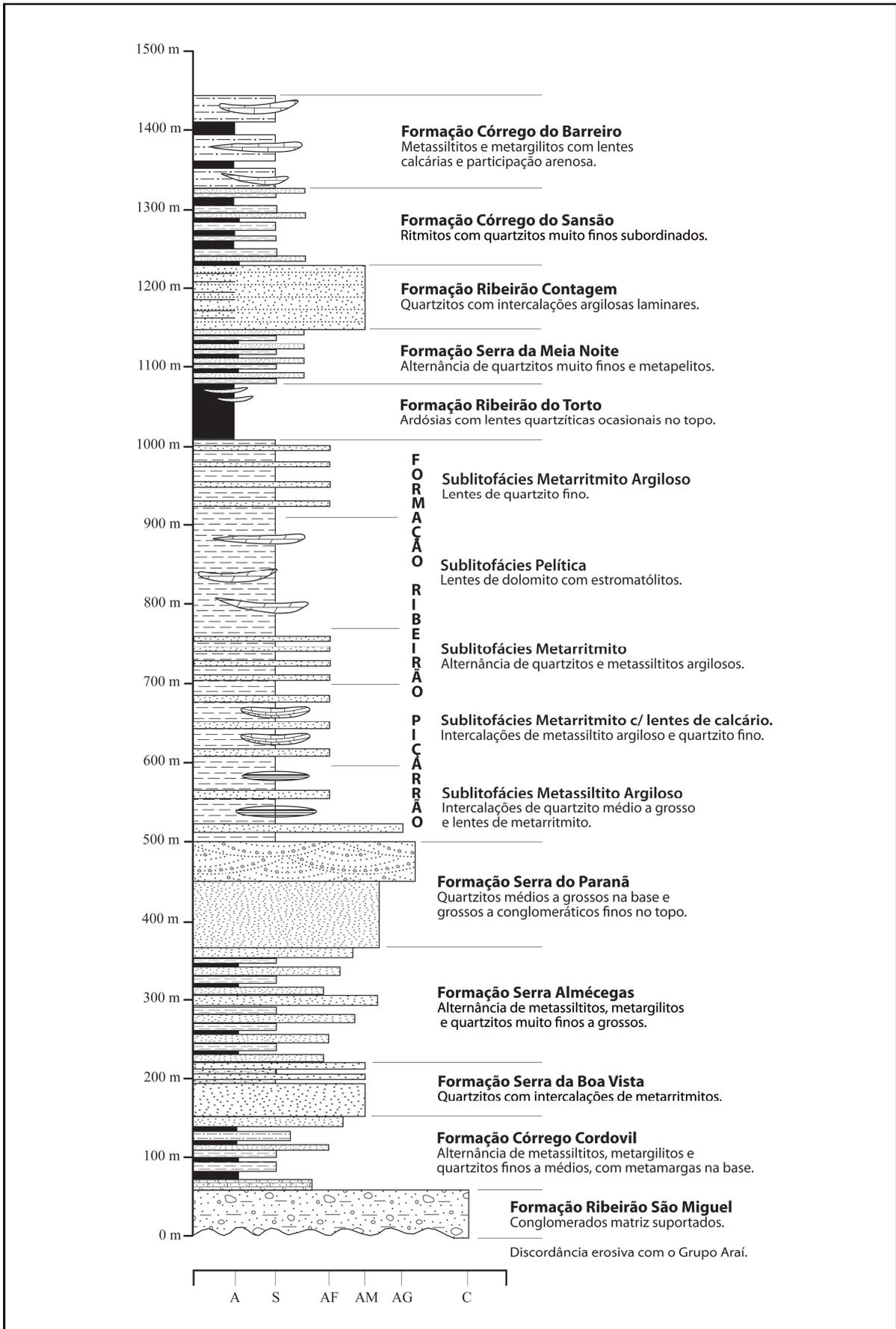


Figura 3.4 - Coluna estratigráfica do Grupo Paranoá na área-tipo de Alto Paraíso de Goiás/Distrito Federal. Adaptado de Guimarães *et al.*, (2013)

ondulada, marcas de ondas, estratificações cruzadas tangenciais, tabulares e acanaladas.

Os metarritmitos indicam acumulações mais raras de argila e silte em camadas, filmes e estrutura *flaser* que mostram truncamento por diques de areia. Um ambiente plataformal de supramaré com aporte fluvial esporádico é sugerido como ambiente de deposição da formação.

Idades de proveniência em zircão forneceram uma idade U-Pb paeloproterozóica de 2158 ± 8 Ma para a maioria dos zircões analisados dessa unidade e pouquíssima contribuição neoarqueana de 2.7 Ga. Idade em xenotima intercrescida em zircões indicam idade de 1042 ± 22 Ma como idade de deposição da unidade. A população mais significativa mostra TDM variando entre 2.31 a 2.69 Ga e $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ variando de 0.8 a 7.6, indicando manto depletado como origem do magma que gerou esses minerais (MATTEINI *et al.*, 2012).

Um segundo ciclo transgressivo caracteriza a **Formação Serra Almécegas** que muito se assemelha aos metarritmitos da Formação Córrego do Clodovil com intercalações de quartzitos finos, metassiltitos argilosos e metagrauvas argilosas em lâminas, lentes e camadas com estratificações cruzadas, marcas onduladas, diques de areia, pseudomorfos de cubos de sal, gretas de contração e *flasers*, típicos de planícies de marés.

As quatro unidades acima descritas não ocorrem no Distrito Federal, enquanto que as demais unidades estratigráficas foram mapeadas no território distrital

Formação Serra do Paranã marca o segundo ciclo regressivo do nível do mar, quando há deposição na plataforma de areias médias e grossas aportadas por águas fluviais hoje caracterizadas por quartzitos médios a grossos silicificados e fraturados. Por vezes materiais conglomeráticos ocorrem intercalados às areias. O retrabalhamento dessas areias por ondas e marés em áreas de supramarés é evidenciado por grãos arredondados e esféricos e pelas estruturas sedimentares como acamamento plano paralelo, estratificação cruzada tabular, tangencial, acanalada e raras marcas onduladas. A ocorrência de canais de marés na plataforma é corroborada pelo registro de estratificação cruzada revirada, canais de corte e preenchimento.

No Distrito Federal a Formação Serra do Paranã é restrita a uma estreita faixa a leste do Domo do Pipiripau como grandes blocos soltos.

Zircões dessa unidade forneceram idade U-Pb predominante também paleoproterozóica de 2.138 ± 7 Ma. Idade TDM entre 2.19 e 2.65 e valores $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ values variando entre -0.3 a 9.4. Unidade similar a anterior em termos de idade e composição isotópica de Hf (MATTEINI *et al.*, 2012).

A **Formação Ribeirão Piçarrão** compreende uma espessa sequência de metassiltitos argilosos que correspondem à maior transgressão marinha em espessura registrada de toda a sequência do grupo, cujo aspecto predominantemente maciço indica deposição por decantação em água, mais profundas da plataforma, equivalente a condições de inframaré.

Intercalados aos metassiltitos ocorrem níveis ou camadas de quartzitos finos, médios e grossos, metarritimitos e lentes de rochas carbonáticas micríticas ou com estromatólitos colunares e *conophyton*. As intercalações foram interpretadas como deposições durante períodos de rápida regressão, nos quais o retrabalhamento do material caracteriza-se por estruturas sedimentares primárias do tipo acamamento e laminação plano paralelos, laminações cruzadas e truncadas, marcas onduladas simétricas e raras *climbing ripples*. Quartzitos com grãos esféricos corroboram o retrabalhamento e recuo do nível do mar.

A predominância de determinada intercalação ao longo do empilhamento estratigráfico da formação permitiu sua subdivisão em cinco sublitofácies distintas, da base para o topo, em: Sublitofácies Metassiltito Argiloso; Sublitofácies Metarritmito com lentes de calcário; Sublitofácies Metarritimo; Sublitofácies Pelítica e Sublitofácies Metarritmito Argiloso.

A Formação Piçarrão ocorre em áreas restritas no interior da depressão central do Domo de Brasília.

Em contato transicional com a Formação Piçarrão ocorrem as ardósias da **Formação Ribeirão do Torto** com proeminente clivagem ardosiana em duas superfícies, obliterando estruturas sedimentares primárias, que não uma laminação plano paralela próximo ao topo da unidade. As condições de sedimentação são similares às da unidade anterior, ambas depositadas em águas mais profundas de região de inframaré na plataforma externa, porém essa última unidade indica permanência abaixo da influência das ondas.

Próximo ao topo da unidade a inversão para a próxima regressão marinha é marcada pela ocorrência cada vez mais frequente de níveis siltico-argilosos marcando

um contato transicional. No interior da unidade ainda ocorrem raras lentes maciças de quartzitos, interpretados como oriundos de regiões mais internas da plataforma e depositados por discretas correntes de turbidez.

As ardósias da Formação Ribeirão do Torto ocorrem na depressão central do Domo de Brasília e em uma estreita faixa interna ao Domo do Pípiripau.

Zircões dessa unidade mostraram fontes com idades bastante variadas. A maioria dos zircões são de idade mesoproterozóica com idade U-Pb de 1553 ± 8 Ma, TDM (Sm) variando entre 2,04 a 2,27 Ga e valores $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ entre -1,3 a 3,6. Outra população paleoproterozóica não tão bem definida mostrou idades entre 2,0 Ga e 2,2 Ga. Suas idades TDM tiveram um espectro de variação desde 2,04 a 3,57 Ga. Uma terceira importante população mesoproterozóica ocorre com 1788 ± 34 Ma. Poucos grãos mostram idades neoarqueanas e paleoarqueanas (MATTEINI *et al.*, 2012).

As duas próximas unidades, Formação Serra da Meia Noite e Ribeirão Contagem, evidenciam a terceira e última regressão marinha da sequência.

Na **Formação Serra da Meia Noite** predominam metarritimitos arenosos marcados pela predominância de camadas de quartzitos finos a médios interestratificadas a níveis de metassiltitos argilosos, metalamitos siltosos e metalamitos micáceos. Lentes e acunhamento lateral são feições frequentes nos metarritimitos e raramente gradação granodecrescente dos grãos. Duas camadas métricas de quartzito fino a médio, uma na base e outra no topo da unidade, caracterizam a formação.

Várias estruturas sedimentares do tipo estratificação plano paralela, marcas onduladas, estratificação lenticular, diques de areia, laminações cruzadas e truncadas por ondas indicam ambiente deposicional sob influência de ondas maiores em condições de inframaré. As areias comuns a essa unidade e as raras estratificações sigmoidais, *hummockys* e estratificações *Swaley* sugerem aporte de material de porções mais rasas da plataforma transportadas por tempestades. Enquanto que os quartzitos formam interpretados como sido depositados em intervalos de maiores recuos do nível do mar.

A formação ocorre no Distrito Federal na borda interna do Domo de Brasília e toda a região interior dos domos do Pípiripau e de Sobradinho.

A unidade apresentou uma população predominante de zircões paleoproterozóicos com idade U-Pb de 2147 ± 13 Ma e várias outras populações

menores variando de 1,5 a 3,1 Ga. A população predominante mostrou TDM entre 2,29 e 2,61 e valores de $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ variando entre 1,1 e 7,1 (MATTEINI *et al.*, 2012).

Na **Formação Ribeirão Contagem**, em contato brusco com a unidade anterior, os quartzitos finos a médios, maduros, bem selecionados e bastante silicificados são os litotipos mais frequentes. O aspecto maciço devido à silicificação e os frequentes fraturamentos mascaram as estruturas primárias, mas ocasionalmente o acamamento plano paralelo, estratificações cruzadas tabulares, tangenciais, acanaladas e espinha de peixe de pequeno a médio porte, canais de corte e preenchimento são identificáveis em porções mais intemperizadas das rochas. Ocorrem mais raramente marcas onduladas assimétricas de cristas sinuosas ou paralelas.

Metarritmitos identificados em subsuperfície por perfuração de poços ocorrem próximos à base e ao topo da unidade.

As características e estruturas sedimentares dos quartzitos indicam deposição em condições litorâneas rasas de intermaré com retrabalhamento por marés, enquanto os metarritmitos marcam fases transgressivas rápidas.

No Distrito Federal os quartzitos dessa formação sustentam as áreas de chapadas elevadas que ocorrem em faixas predominantemente anelares nas porções de topo dos domos.

Novamente idade U-Pb em zircões mostram uma população predominante do paleoproterozóico com 2206 ± 13 Ma e outras populações menores entre 1520 Ma e 2976 Ma. Idades TDM para a principal população estão entre 2,38 e 2,97 Ga e os valores de $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ variando de +5,3 a -5,4 (MATTEINI *et al.*, 2012).

A **Formação Córrego do Sansão** marca o início da quarta e última transgressão de toda a sequência e mostra predominância de metarritmitos homogêneos definidos por intercalações regulares de níveis de metassiltitos, metalamitos e quartzitos feldspáticos finos ou grauvacas. Por vezes ocorrem camadas mais espessas de metassiltitos e quartzitos feldspáticos finos.

As estruturas sedimentares mais frequentes são estratificações plano paralelas, estratificações lenticulares, *climbing ripples* e *hummockys* de pequeno porte. As menos frequentes são marcas onduladas de oscilação e pequenos sigmoides. Nos bancos quartzíticos foram observados base plana e topo ondulado.

O ambiente de deposição dessa unidade é interpretado como de planície de maré sob condições de intermaré. Tempestades ocasionais são evidenciadas pelos

hummockys, enquanto o truncamento por ondas ocorre nos registros de *climbing ripples* e marcas onduladas. Em alguns momentos a deposição em águas mais profundas são indicadas pelas lentes arenosas em intervalos pelíticos.

Os metarritmitos dessa unidade ocorrem em áreas dissecadas que bordejam externamente os domos do Distrito Federal.

A **Formação Córrego do Barreiro** marca o fim da deposição do Grupo Paranoá, ainda em condições de transgressão marinha, e mostra contato transicional com a unidade anterior.

Vários litotipos ocorrem nessa unidade, sendo metalamitos silicosos e laminados os mais predominantes. Calcários micríticos ou intraclásticos e dolomitos subordinados ocorrem frequentemente como lentes métricas a quilométricas, interdigitadas aos metalamitos e associados a margas. As rochas carbonáticas mostram lâminas de argila que possibilitam o reconhecimento do acamamento primário. Brechas calcárias são comuns, mas seu posicionamento é de difícil identificação uma vez que não mostram controle estratigráfico.

Estromatólitos cônicos, colunares e como esteiras horizontais são abundantes nas rochas calcárias

Quartzitos também subordinados ocorrem ou em finas camadas contínuas lateralmente, ou como lentes métricas a decamétricas. São rochas de granulometria média, grossa a conglomerática e imaturas dado pelo percentual de feldspatos e clastos e grãos subangulosos a arredondados.

Costa Neto (2006) subdividem a unidade, então denominada de Ritmito Superior, em cinco fácies distintas: Fácies de Ritmito Síltico; Fácies Glauconita; Fácies Arenito; Fácies de Folhelho e, Fácies Carbonática. A presença de glauconita confirma o evento transgressivo.

Campos *et al.*, (2013) interpretam a variedade de litotipos e de fácies, descontinuidades laterais, brechas e estromatólitos como evidências de um ambiente deposicional de margem passiva, em condição de inframaré sob forte influência da paleogeografia irregular de fundo de bacia, enquanto, Costa Neto (2006) inclui ainda estruturas de deformação sin-sedimentar, imaturidade das rochas pelíticas e crescimento de estromatólitos em diferentes direções para sugerir um substrato instável compatível com uma inversão da bacia de margem passiva para bacia de *forearc*.

Essa unidade aflora de maneira descontínua na parte norte do Distrito Federal em regiões mais altas.

Os estudos isotópicos de Matteini *et al.*, (2012) mostram pela datação de xenotima intercrescida aos zircões uma idade deposicional mínima de 1042 Ma e uma máxima de 1540 Ma obtida do zircão mais jovem analisado. As fontes potenciais dos zircões advogadas pelos autores são o embasamento da Faixa Brasília, a porção oeste do Cráton do São Francisco-Congo e provavelmente também a porção leste do mesmo craton. Os dados Sm-Nd confirmam a deposição em uma margem continental passiva.

Pimentel *et al.*, (2001) em estudos de proveniência por datações Sm-Nd anteriores, com TDM entre 2,0 e 2,5 Ga, já indicavam o Craton São Francisco-Congo como a fonte paleoproterozóica dos sedimentos do Grupo Paranoá e Canastra e o mesmo ambiente de sedimentação.

3.1.1.2

GRUPO CANASTRA

O Grupo Canastra compreende uma sucessão plataformal de metassedimentos psamíticos e pelíticos com intercalações de rochas carbonáticas metamorfisados na fácies xisto verde, zona da clorita até granada (VALERIANO *et al.*, 2004). Quartzitos e filitos predominam na sequência e mostram constante gradação lateral e vertical entre si. A espessura do grupo varia conforme a localidade, entre 2000 a 7000 m, cujo empilhamento estratigráfico é mostrado na Figura 3.5. O grupo, da base para o topo, segundo Dardenne (2000) compreende as formações Serra do Landim, Paracatu, Serra da Urucânia e Serra da Batalha. No Distrito Federal, possivelmente apenas as duas formações inferiores ocorrem (GDF, 2012).

A **Formação Serra do Landim** é constituída por filitos calcíferos ricos em clorita. A **Formação Paracatu** é subdividida nos membros Morro do Ouro e Serra de Santana. O primeiro compreende uma sequência de quartzo-sericita-clorita filitos carbonosos bandados com níveis centimétricos a métricos de ortoquartzito de grão fino a médio. Enquanto no segundo dominam sericita-quartzo-clorita filitos cinza prateados, com intercalações centimétricas a decimétricas de quartzitos finos e filitos carbonosos. A unidade sobreposta, **Formação Serra da Urucânia** é constituída por

metarritmitos interdigitados de quartzo-sericita-clorita filitos e quartzitos finos a médios maciços com algumas estruturas sedimentares preservadas como estratificações cruzadas e *hummockys*. Os quartzitos geralmente sustentam as escarpas das serras e os chapadões. A unidade de topo, **Formação Serra da Batalha**, é constituída principalmente por ortoquartzitos estratificados com subordinadas intercalações de filitos, onde estratificações cruzadas estão preservadas.

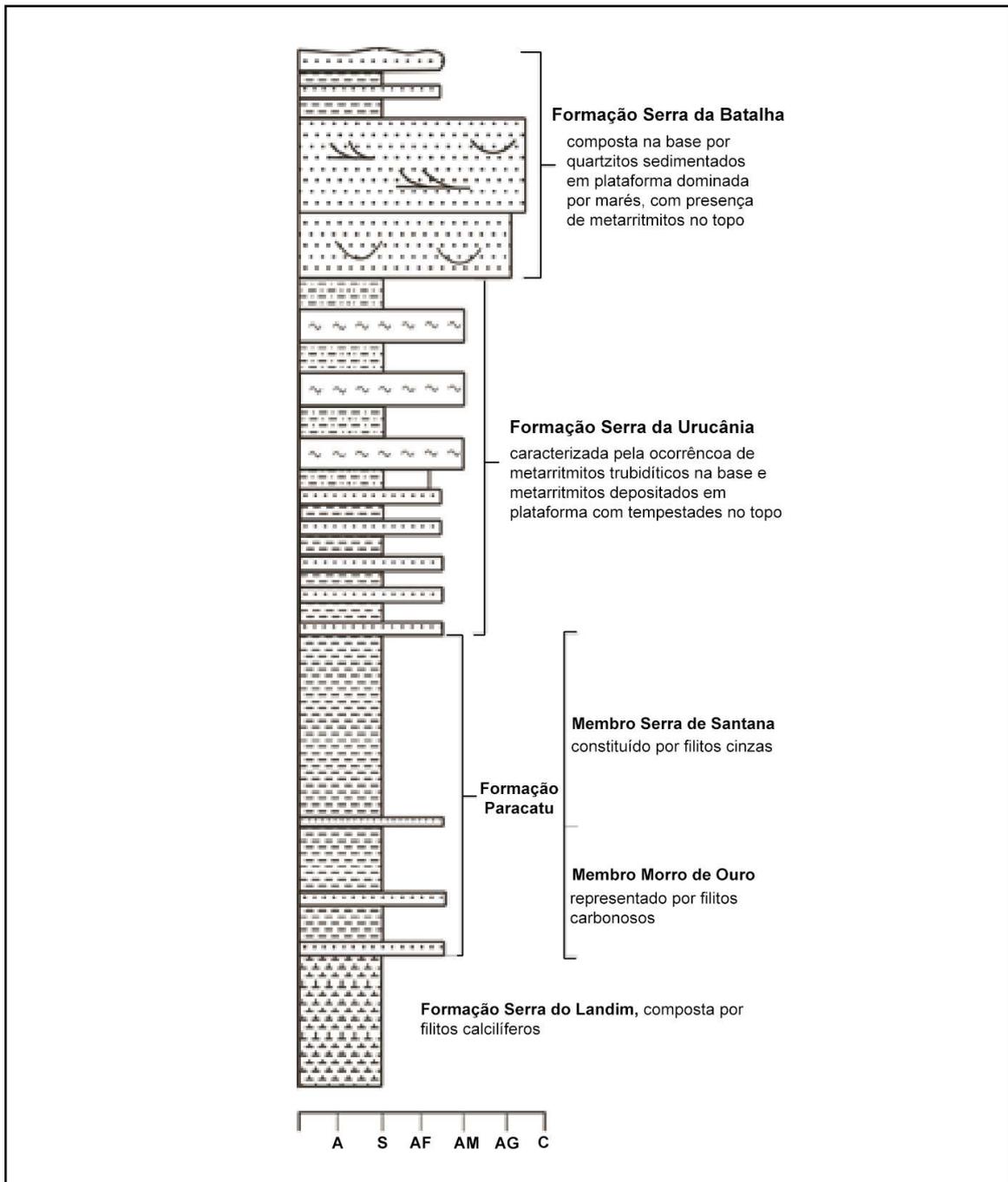


Figura 3.5 – Coluna estratigráfica do Grupo Canastra, definida na região noroeste de MG. Adaptada de Dardenne (2000).

A sequência foi interpretada como um megaciclo regressivo depositado em margem passiva que grada de um ambiente de águas profundas com deposição de pelitos e carbonáticas para condições de talude continental com deposição de turbiditos por correntes gravitacionais e, por fim, em condições de plataforma, sob influência de marés, a deposição de psamitos.

O Grupo Canastra é entendido como correlato lateral do Grupo Paranoá (DARDENNE, 2000).

No Distrito Federal os filitos que ocorrem principalmente no sinclinal do Ribeirão São Bartolomeu, a maior depressão na área, são bastante intemperizados com raros afloramentos de quartzitos, enquanto lentes de rochas carbonáticas afloram na região de São Sebastião e na região centro-norte do território.

Datações isotópicas realizadas por vários pesquisadores em diferentes localidades de ocorrência do Grupo Canastra apontam uma significativa contribuição paleoproterozóica de zircões com idades U-Pb entre 1,8 a 2,1 Ga, com deposição máxima por volta de 1,03 Ga, obtida dos zircões mais jovens. Idade $T_{DM(Sm)}$ varia de 1,5 a 2,3 Ga e ϵ_{NdT} muito negativo (SEER, 1999; PIMENTEL *et al.*, 2001; VALERIANO *et al.*, 2004; RODRIGUES *et al.*, 2010).

2.1.1.3

GRUPO ARAXÁ

O Grupo Araxá é uma sequência de rochas sedimentares provavelmente depositadas em ambiente de *fore-arc* (PIMENTEL *et al.*, 2001) que foi intensivamente deformada e metamorfoseada no fácies xisto verde a anfíbolito. A complicação tectônica impede a subdivisão estratigráfica, no entanto o grupo é dominado por quartzitos micáceos, micaxistos que incluem calcixistos, clorita-muscovita xistos, biotita-granada xistos, estaurolita xistos e feldspato xisto com poucas intercalações de paragneisses e mármores (SEER *et al.*, 2001).

No Distrito Federal dominam os xistos, dentre eles em ordem decrescente, os muscovita xistos, muscovita-quartzo xistos, quartzo xistos, clorita-muscovita xistos e quartzo-clorita xistos. Localmente ocorrem granada-mica xistos. Quartzitos e quartzitos micáceos são restritos a bancos decimétricos intercalados aos xistos ou

como lentes de dezenas de metros interdigitadas a estes. Dobras isoclinais e em bainha são perceptíveis nessas rochas psamíticas (GDF, 2011).

As rochas do grupo ocupam o extremo sudoeste do quadrilátero do Distrito Federal.

A complexidade tectônica do Grupo Araxá, ainda não bem entendida, se traduz nas várias interpretações já dadas às várias imbricações de rochas ígneas existentes na sequência, ora entendidas como vulcânicas intercaladas aos sedimentos, ora como intrusões e ora como representantes de assoalho oceânico. Datações U-Pb indicam idade por volta de 0,8 Ga para essas rochas vulcânicas que poderiam representar a idade mínima de deposição do grupo (PIMENTEL *et al.*, 1992; STRIEDER; NILSON, 1992; PIUZANA *et al.*, 2003).

3.1.1.4

GRUPO BAMBUÍ

O Grupo Bambuí é a sequência de sedimentos predominantemente marinhos menos deformada da Faixa Brasília, ocupando a posição mais a leste da faixa e mais distante do orógeno.

Sua estratigrafia geral é apresentada na Figura 3.6 e compreende sete formações: Formação Jequitáí; Sete Lagoas, Santa Helena, Lagoa do Jacaré; Serra da Saudade e Três Marias (SIAL *et al.*, 2009).

A **Formação Jequitáí** é um diamictito clasto-suportado, cujos clastos compreende quartzitos, granitos, gnaisses, calcários, dolomitos e siltitos imersos numa matriz argilosa. Lentes de siltitos e arenitos intercalam ao diamictito. Essas rochas são testemunho de um evento glacial que ocupou grandes áreas continentais. A partir de então a sedimentação se deu em ambiente marinho epicontinental restrito, marcado por três megaciclos regressivos que se iniciam por uma transgressão associada a subsidência da bacia, passando então para ambiente raso de plataforma (SANTOS *et al.*, 2000).

A **Formação Sete Lagoas** corresponde à primeira sequência marinha regressiva, iniciando-se por calcilutitos na base que gradam para calcários e dolomitos no topo.

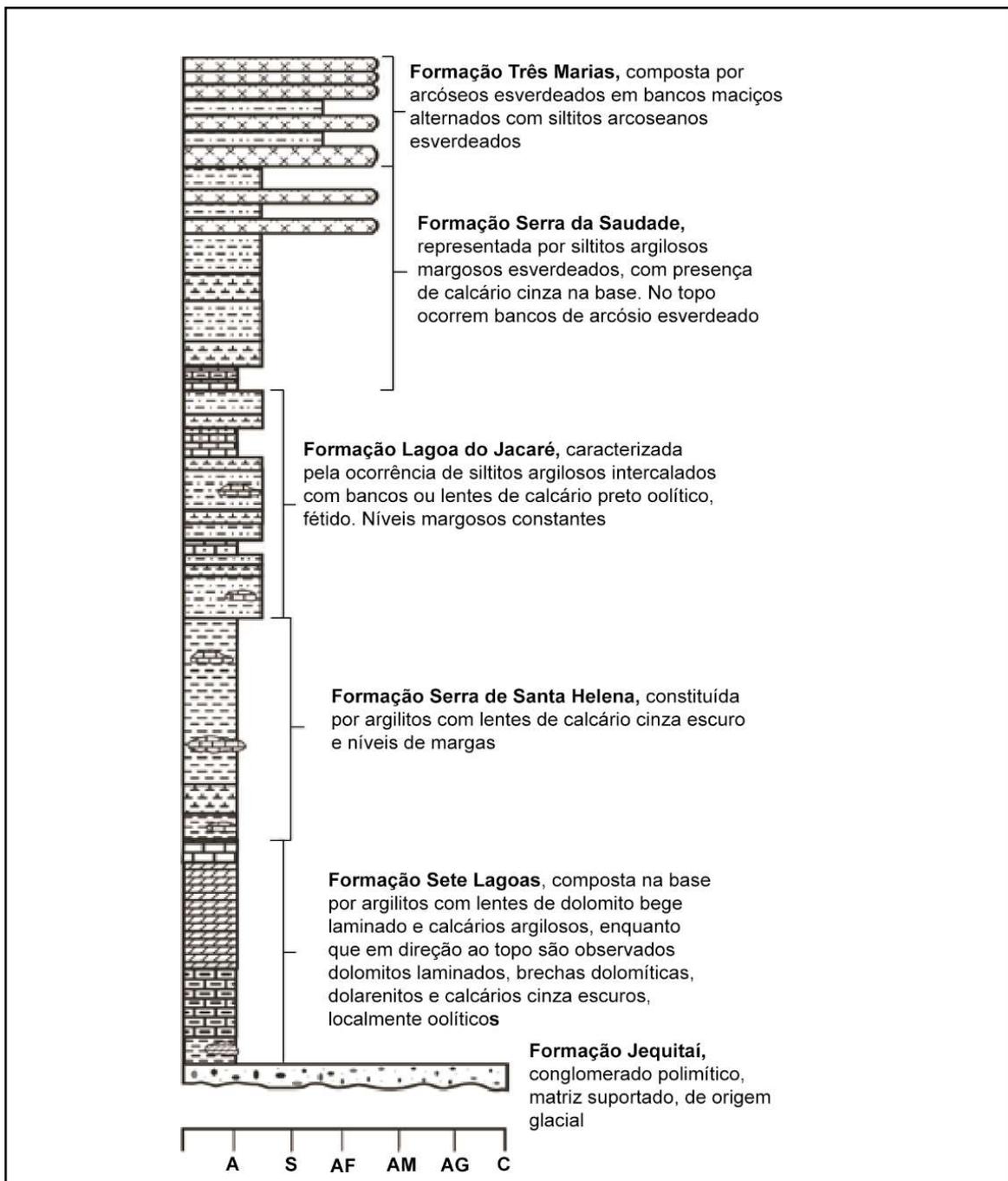


Figura 3.6 – Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí. Adaptado de Dardenne (1978).

A **Formação Serra de Santa Helena** inicia o próximo ciclo regressivo, caracterizado pela deposição inicial de pelitos que indica subsidência repentina da bacia, seguida pela deposição de calcários de plataforma, sob influência de tempestades e correntes de maré, da **Formação Lagoa do Jacaré**.

A **Formação Serra da Saudade** é uma sequência pelítica depositada em ambiente de plataforma profunda sob influência esporádica de tempestades, seguida pela **Formação Três Marias** constituída por pelitos arcosianos depositados em

plataforma rasa, dominada por correntes de tempestades e menos por condições de marés e supramáres. Essas duas formações correspondem ao terceiro ciclo regressivo.

No Distrito Federal o grupo ocupa a porção leste do distrito ao longo de todo o vale do Rio Preto e em áreas restritas na porção centro-norte.

Siltitos, folhelhos e arcósios atribuídos à Formação Serra da Saudade e Formação Três Marias ocorrem na faixa leste em raros afloramentos em canais e cortes de estrada. Espessos solos (latossolos vermelhos e por nitossolos e argissolos) desenvolveram sobre essas rochas que compreende as regiões mais planas do Distrito Federal aproveitadas para monoculturas de irrigação. Pelitos, calcários e dolomitos correlacionados às formações Sete Lagos e Serra de Santa Helena ocorrem como afloramentos a norte nas regiões altas da área.

Análises U-Pb em zircões de todas as formações do Grupo Bambuí mostraram uma dominância de minerais detríticos de idade neoproterozóica com 620 Ma (RODRIGUES, 2008). Os dados sugerem como fonte a própria Faixa Brasília, sedimentação pós o ápice do metamorfismo no final do Proterozócio e um ambiente deposicional em bacia do tipo *foreland*.

Exceção obtida por Babinski e Trindade (2007) para carbonatos da Formação Sete Lagos pelo método Pb-Pb conferiu uma idade de 740 Ma, interpretada como idade deposicional da formação.

3.1.2

GEOLOGIA ESTRUTURAL & GEOTECTÔNICA

As deformações sofridas pelas rochas do Distrito Federal têm sido explicadas invariavelmente pelos esforços da tectônica convergente do Neoproterozóico que gerou a Faixa Brasília entre aproximadamente 800 a 530 Ma. A Faixa Brasília por sua vez, está relacionada ao Ciclo Pan Africano/Brasiliano (BRITO NEVES *et al.*, 1999; 2014) que amalgamou vários continentes no grande pelocontinente Gondwana. O que compreende hoje a região central do Brasil, da qual a Faixa Brasília é integrante, compôs naquela época o Gondwana Oeste.

Após o término dessa convergência, já no início do Paleozóico, toda a região não sofre mais movimentos tectônicos de mesma grandeza, mas acomodações por

alívio de tensões e reativações menos expressivas de natureza geralmente distensivas pós-orogênese e quando do Evento Sul-Atlântiano (SCHOBENHAUS et al. 1984) e formação da cordilheira andina responsável pelo rifteamento do Supercontinente Pangéia e abertura do Atlântico Sul.

Vários autores têm estudado feições estruturais para explicar a evolução tectônica da Faixa Brasília como um todo e nas proximidades e no Distrito Federal propriamente dito levantamentos foram feitos por Freitas-Silva e Campos (1995; 1998) e D'el Rey *et al.*, (2011).

Freitas-Silva e Campos (1995; 1998) concentraram suas pesquisas na região norte do território. Segundo os autores as feições estruturais registradas nas rochas no Distrito Federal são explicadas por cinco fases distintas de deformação, F₁, F₂, F₃, F₄ e F₅, superpostas umas às outras, todas resultantes da Orogênese Brasileira. As quatro primeiras, de caráter dúctil-rúptil, foram associadas a dobramentos (D1-D4) e cavalgamentos, enquanto a última fase é apenas rúptil devido a descompressões finais das deformações.

A Fase F₁ é proeminentemente marcada nos xistos dos grupos Canastra e Araxá por foliações So//S₁ e Sc, lineações de estiramento e mineral e dobramentos flexurais D₁ relacionadas ao transporte tectônico de oeste para leste contra o paleocontinente São Francisco-Congo. Os sistemas de cavalgamentos São Bartolomeu/Maranhão ao norte e Descoberto na extremidade sudoeste do Distrito Federal estabelecem-se nesta fase.

A Fase F₂ se caracteriza por dobrar as superfícies So//S₁ em dobras D₂ de deslizamento flexural, frequentemente do tipo normal ou fortemente inclinadas em chevron, desde dimensões milimétricas a métricas. É a principal deformação nos grupos Paranoá e Bambuí cuja vergência geral de oeste para leste dessa fase no Distrito Federal difere da orientação NS da Faixa Brasília a norte. Uma foliação S₂ de plano axial é vista nos metapelitos como clivagem ardosiana, enquanto nas litologias mais competente é marcada por uma clivagem espaçada ou de crenulação.

A sobreposição do Grupo Paranoá sobre o Bambuí ocorre nessa fase quando o Sistema de Cavalgamento Parana se propaga.

A Fase F₃, coaxial às duas primeiras, e também de deslizamento flexural gerou dobras D₃ com as mesmas características das dobras D₂ acima descritas. Intersecções de foliações e redobramentos com padrão em laço em alguns

afloramentos permitem a distinção das duas fases. A Fase F3 ainda gera dobras amplas, ondulações e arqueamentos no final dessa deformação; feições diagnósticas dessa fase que não ocorrem na fase anterior, facilitando suas distinções.

A Fase F4, superposta as primeiras, mostra vergência geral NS, ortogonal em relação às fases anteriores com dobras mais suaves e/ou monoclinais até flexurais, desde escalas submilimétricas a quilométricas, raramente com clivagens. Foram consideradas dobras conjugadas com as D3, geradas nas fases tardias da deformação. A superposição perpendicular dessa fase com relação às anteriores imprime um padrão de domos e bacias, tipo caixa de ovo, bastante proeminente nas rochas do Grupo Paranoá, cuja feição quilométrica é marcada principalmente pelos domos elípticos de Brasília, Pipiripau e Sobradinho. A geometria elíptica de eixo maior de direção NNE é resultante do encurtamento maior da Fase F3 e das anteriores comparado ao da Fase F4.

A última Fase, F5, mostra indicadores cinemáticos em coerência com as fases anteriores e por isso é interpretada com a fase final de distensão, pós compressão, das fases anteriores. Fraturas, juntas e falhas normais caracterizam o domínio rúptil dessa fase. O padrão de fraturamento ortogonal preferencialmente associado a juntas secundárias em simetria ortorrômbica corresponde às feições de fase final de orógeno.

Freitas-Silva e Campos (1998) identificaram uma variedade de famílias de fraturas de direções variadas, sendo as mais predominantes as de direção N15E e N50-75W. Independente da direção, as fraturas subverticais a verticais compreendem 66% das ocorrências, seguidas pelas de ângulo de mergulho entre 45 a 70° com aproximadamente 18% das ocorrências e por último, as fraturas de mergulho abaixo de 45° com os 16% restantes. As fraturas que mostram mergulho baixo a moderado tendem seus caimentos para os quadrantes SE e SW.

No grupo de direção predominante N15E são mais abundantes primeiramente os mergulhos subverticais a verticais, depois os de mergulho moderado a baixo para SE. Seus traços são pequenos a médios, menores que 10 km. Essas fraturas de extensão geralmente mostram preenchimento por quartzo fibroso. Exemplos desse tipo de fraturas são os segmentos NS dos lagos do Paranoá e do Descoberto.

No outro grupo predominante, N50-75W, as fraturas são de cisalhamento, também predominantemente verticais a subverticais e em menor proporção ocorrem as de mergulho moderado para SW. Seus traços variam desde decímetros até mais de 30 km, sendo os principais exemplos o braço norte do Lago Paranoá e suas

extensões ao longo dos ribeirões Bananal e Torto. Esse grupo de fratura, ainda forma um sistema conjugado com a família de fraturas N40-65E que é um grupo de baixa ocorrência, menos de 3% de todas as fraturas, com extensões moderadas entre 4 a 10 km a altas com mais de 20 km. O braço sul do Lago Paranoá, sua continuidade para os ribeirões Gama e Cabeça de Veado e o curso do Ribeirão Piripipau são os principais exemplos do grupo de fraturas.

D'el Rey Silva *et al.*, (2004; 2011) em estudo mais detalhado das fases compressivas no Distrito Federal e em regiões próximas reconhecem as fases definidas por Freitas e Campos (1995;1998), no entanto sugerem uma evolução contínua entre todas as fases e apresentam um modelo tectônico mais complexo para a Faixa Brasília.

Segundo os autores, a colisão obedeceu a uma sucessão cronológica de eventos, que ocorreram entre ~800 a 530 Ma, entre dois paleocontinentes, Amazonas e São Francisco-Congo, e dois blocos, Paraná e Araguaia. Corroboram a interpretação de dados estruturais, metamórficos e geocronológicos de diversos pesquisadores (PIMENTEL *et al.*, 1996; 2001; VALERIANO *et al.*, 2004; D'EL REY *et al.*, 2004; PAIXÃO; NILSON; DANTAS, 2008)

A sequência de colisão se inicia com a aproximação do paleocontinente Amazonas vindo de oeste numa direção WNW-ESE contra o paleocontinente São Francisco-Congo (Figura 3.7a). A configuração convexa da costa do paleocontinente São Francisco-Congo teria provocado primeiramente a subdução do assoalho oceânico existente entre os dois continentes, formação de arco de ilha e bacia de *back-arc* (Figura 3.7b) na porção norte da colisão.

A continuidade da deriva do Amazonas e seu bloqueio na altura da região mais a oeste do paleocontinente São Francisco-Congo (ponto 1 na Figura 3.7a,b) provocou a rotação em sentido anti-horário do Amazonas, o que resultou no desprendimento do Bloco Araguaia de sua porção norte e conseqüente abertura do restrito Oceano Quatipuru, ao mesmo tempo que a porção sul da crosta oceânica do oceano mais antigo entrou em subdução (Figura 3.7c).

Num próximo estágio dessa evolução o Amazonas rotaciona novamente em sentido anti-horário, provocando dessa vez o desprendimento do Bloco Paraná de sua porção sul, possibilitando a abertura do Oceano Paraguai que se une ao oceano restrito do norte, formando então o Oceano Quatipuru-Paraguai (Figura 3.7d).

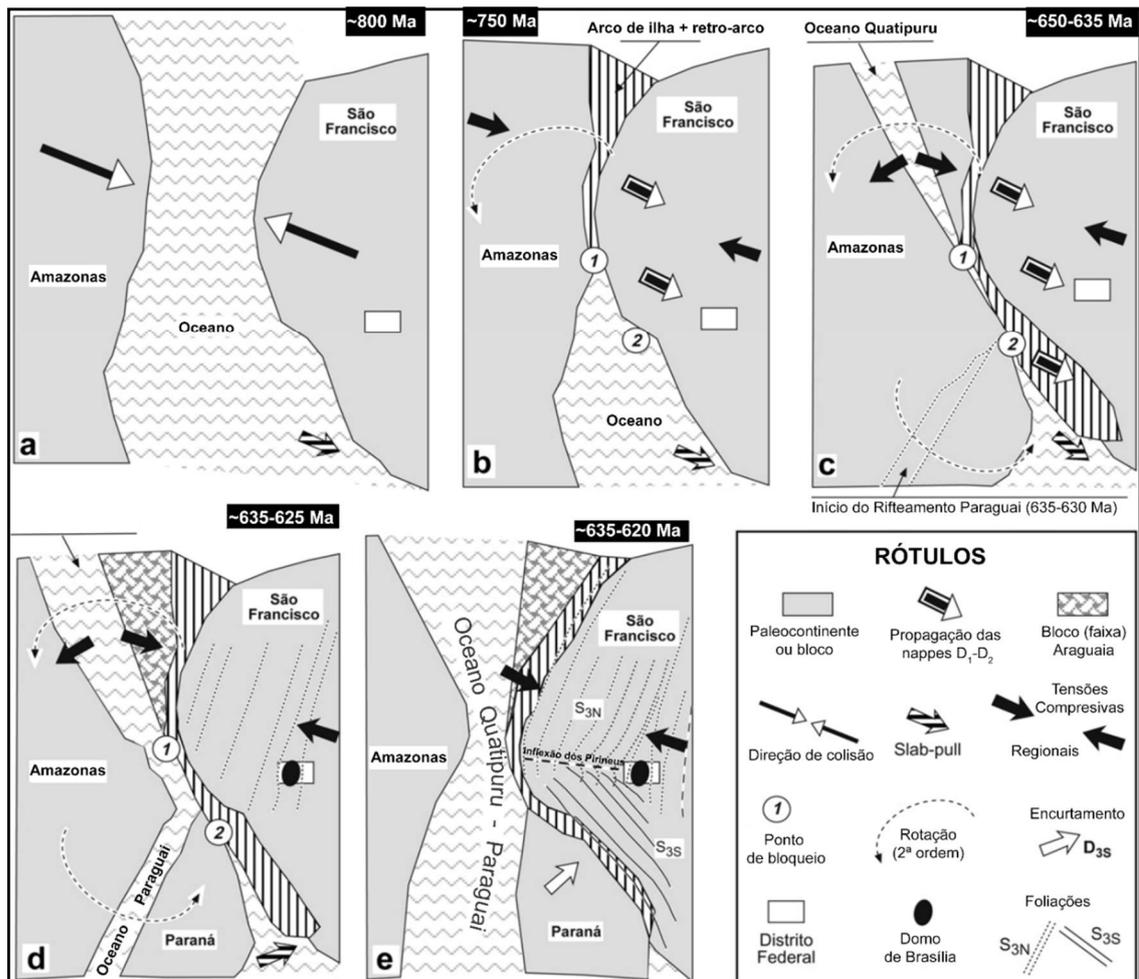


Figura 3.7 – Representação esquemática da evolução tectônica dos paleocontinentes e blocos envolvidos na configuração da Faixa Brasília. Modificado de D'el Rey (2013).

O Bloco Paraná, com a separação do Amazonas, muda sua rota de colisão para a direção SW-NE com vergência para NE. A mudança de vergência na porção sul da colisão imprimiu nas rochas ao sul da Faixa uma outra fase de deformação ortogonal e concomitante às fases relacionadas à porção norte da colisão. A superimposição de deformações resultou na inflexão do cinturão orogenético em formação, subdividindo-o numa porção setentrional de direção NE e outra meridional de direção NW na altura do que hoje se denomina a Megainflexão dos Pirineus, alto topográfico de direção aproximada leste-oeste na altura do atual paralelo do Distrito Federal (Figura 3.7d).

Como outro resultado importante de interferência de deformações perpendiculares entre si está a feição estrutural de domos e bacias preservadas nas rochas da porção sul, também conhecida como caixa de ovos que é uma das características estruturais marcantes no Distrito Federal (Figura 3.3).

A colisão final se deu quando o restante do paleocontinente Amazonas se amalgamou com o de São Francisco-Congo e com os dois outros blocos, fechando definitivamente o Oceano Quatipuru-Paraguai.

Todo esse processo de amalgamação de crostas continentais resultou não somente na Faixa Brasília, cinturão orogenético à oeste do Paleocontinente São Francisco-Congo, como também a Faixa Paraguai-Araguai (ALMEIDA, 1984; ALMEIDA; HASUI; FUCK, 1977) a leste do Paleocontinente Amazonas, os arcos magmáticos agrupados sob o nome de Arco Magmático de Goiás (PIMENTEL; FUCK, 1992) e o microcontinente, denominado de Maciço Mediano de Goiás (FUCK *et al.*, 1994) de idade arqueana a mesoproterozóica entre os paleocontinentes Amazonas e São Francisco-Congo. Os terrenos amalgamados formaram então no final do Neoproterozóico a porção leste do Supercontinente Gondwana, hoje na porção central do Brasil compondo a Província Tocantins (ALMEIDA *et al.*, 1977; VALERIANO *et al.*, 2004; D'EL-REY SILVA, 2011) (Figura 3.1).

Após o encerramento do Ciclo Orogênico Pan Africano-Brasiliano segue-se um período de estabilidade tectônica quando as forças externas, também conhecidas como fatores exógenos, passam a ser os agentes modeladores da superfície terrestre. A cadeia de montanhas que há aproximadamente 500 milhões de anos configurava onde é hoje a região central do centro-oeste brasileiro, começa então a ser, nos próximos 500 milhões de anos por vir, progressiva e lentamente esculpida pela ação dos ventos, chuvas, sol, gravidade e organismos vivos. Os últimos contribuíram nesse processo após habitarem os continentes 150 milhões de anos após a colisão dos continentes.

Mesmo sem a ação expressiva de forças tectônicas, importantes reativações neotectônicas foram reconhecidas por Xavier (2010) a partir do limite Neogeno-Paleogeno, há aproximadamente 23 Ma. Os esforços que geraram as reativações são resultantes do balanço das forças compressionais EW que vêm de tensores a E, produzidos na dorsal Meso-Atlântica, e de tensores vindos de W da zona de subdução da Placa de Nazca.

Estudos estruturais da autora identificam que as reativações aproveitaram anisotropias e antigas zonas de fraqueza geradas na Orogênese Brasileira, classificadas em quatro famílias de fraturas, quais sejam: Família I de direção NS; Família II de direção EW; Família III de direção N45W e, Família IV de direção N45E (FREITAS-SILVA; CAMPOS, 1998; XAVIER, 2010). Os esforços neotectônicos

tenderam a provocar o fechamento das fraturas da Família I; cisalhamento nas fraturas da Família II; abertura das fraturas da Família III e fechamento das fraturas da Família IV.

Neste mesmo período espessos perfis de solos também ganham tempo para se desenvolverem e os caminhos das águas são estabelecidos, configurando as bacias hidrográficas e aquíferos.

A caracterização e evolução de todos esses aspectos físicos superficiais serão apresentadas a seguir, seguidos então pela classificação das bacias hidrográficas e aquíferos do Distrito Federal.

3.1.3

GEOMORFOLOGIA & PEDOLOGIA

Geomorfologia e Pedologia são ciências comuns à Geografia Física que surgiram independentemente uma da outra, entretanto ambas oferecem uma visão dinâmica das formações superficiais que explicam a evolução da paisagem. A primeira se ocupa particularmente com o estudo da formação do relevo, denominado morfogênese, e a segunda com a formação dos solos, a pedogênese. Atualmente defende-se o fim dessa dualidade haja vista a relação de dependência intrínseca das duas áreas. Goulart e Gimenes (2008) advogam a ciência da geopedologia para abarcar seus objetos de estudos e Espindola (2010) sugere termos genéticos como morfopedogênese, pedomorfogênese ou geopedogênese. Em concordância com os autores ambos assuntos referentes ao Distrito Federal são tratados dentro de uma mesma evolução.

No Distrito Federal a evolução do relevo ou evolução geomorfológica e solos associados estiveram e ainda estão condicionados aos litológicos típicos de ambiente marinho litorâneo, à estruturação espacial das mesmas em domos e bacias estabelecida durante a orogênese e à variação dos fatores climáticos e biológicos.

Enquanto durante a Orogênese Brasileira o relevo é marcadamente positivo pela formação de montanhas de altas latitudes, o mesmo não acontece desde então. O intemperismo passa ser o fator mais atuante sobre as rochas por milhares de anos levando à sua desagregação mecânica e/ou alteração química. O material rochoso se torna friável e se em regiões mais altas, tende a rolar para regiões de baixios e aí se

depositar como sedimentos, num processo conhecido como erosão¹⁷. O balanço entre o desgaste das rochas nas alturas e o acúmulo nas bacias de sedimentação tendem ao aplainamento do terreno com o passar de milhões de anos. Em regiões rochosas que são ou se tornaram mais planas o transporte dos sedimentos é dificultado e a alteração predominante química das rochas leva à pedogênese. Isso aconteceu em toda a região que ocupa a região central do Brasil.

Durante a fragmentação da cordilheira montanhosa em tempos passados, a maioria dos sedimentos desprendidos de suas encostas foram depositados em depressões circunvizinhas, denominadas hoje de Bacias Amazônica, do Paraná e do Parnaíba e outras bacias menores. Após passados 500 milhões de anos o relevo montanhoso atingiu os altos e baixos mais suaves típicos do Planalto Central brasileiro que tenderá num futuro a igualar suas altitudes com as regiões mais baixas, caso nenhum processo tectônico relevante novamente aconteça.

Assim sendo, não se encontram mais no Distrito Federal e regiões circundantes remanescentes de relevos formados entre aproximadamente 500 a 100 milhões (AB'SABER, 1964; PENTEADO, 1976; MAURO *et al.*, 1982; CODEPLAN, 1984, NOVAES PINTO, 1986; 1987; 1994), pois já foram totalmente erodidos e provavelmente seus sedimentos encontram-se nas bacias sedimentares acima mencionadas.

A caracterização e evolução geomorfológica/pedológica do Distrito Federal aqui apresentada foi preferencialmente compilada de trabalhos prévios que deram ênfase na descrição, como na abordagem sistêmica de formação e evolução dos seus diferentes compartimentos geomorfológicos/pedológicos.

Uma vez erodidos os registros de feições geomorfológicas de toda a Era Paleozóica (540-252 Ma) e da maioria da Era Mesozóica (252-66 Ma) restaram os planaltos da região do Distrito Federal que foram considerados como remanescentes de ciclos erosivos que atuaram desde o Neocretáceo até os dias atuais (100 Ma - presente), denominados de Ciclos de Aplainamento Pós-Gondwana, Sul-Americano e das Velhas (BRAUN, 1971). Os ciclos são marcadamente caracterizados pela alternância de climas áridos e úmidos e por períodos de soerguimento isostático, por

¹⁷ **Erosão:** em geologia a erosão implica no transporte de material rochoso ou solo de regiões mais altas para áreas de deposição mais baixas.

vezes tectônicos, seguidos por denudação¹⁸ e dissecação¹⁹. A despeito de algumas discrepâncias entre diversos autores quanto à idade dos diferentes domínios geomorfológicos gerados, suas classificações, umas mais detalhadas do que outras, comumente identificam as superfícies de aplainamento, regiões de pedimentos, vales dissecados e planícies aluviais como compartimentos resultantes desses ciclos no Distrito Federal (BELCHER, 1954; PENTEADO, 1976; MAURO *et al.*, 1982; SOARES, 1984; CODEPLAN, 1984; MAIO, 1986; NOVAES PINTO; CARNEIRO, 1984; NOVAES PINTO, 1984; 1986; 1987; 1994; MARTINS; BAPTISTA, 1998; EMBRAPA, 2004; STEINKE *et al.*, 2007; GDF, 2012).

Em detalhe a evolução da paisagem atual do Distrito Federal inicia-se a partir do final do Mesozóico durante o Neocretáceo (100-66 Ma) (BRAUN, 1971; SOARES, 1984; EMBRAPA, 2004). Por aproximadamente 40 milhões de anos processos de denudação levam à formação de extensas superfícies de aplainamento na região, a Superfície Pós-Gondwana (KING, 1956; BRAUN, 1971), sob condições de clima árido que, associadas a soerguimento regional, propiciaram o intemperismo físico.

No início do Neocretáceo são formadas superfícies de baixa declividade com dissecação moderada sobre o condicionamento litoestrutural da região em domos nas posições mais elevadas, e bacias, nas posições baixas. No topo dos domos, em cotas entre 1200 e 1400 m, ocorrem as chapadas mais elevadas da região que por processos de erosão diferencial são sustentadas por quartzitos e metarritmitos, rochas mais resistentes do Grupo Paranoá. Em posições menos elevadas ocorrem as rochas menos resistentes do Grupo Paranoá e as rochas dos outros grupos que ocorrem no Distrito Federal (EMBRAPA, 2004). A Chapada da Contagem, que circunda todos os quadrantes do Domo de Brasília com exceção do quadrante sudeste, corresponde a superfície mais antiga relacionada a esse ciclo.

No final do Neocretáceo, ainda sob condições climáticas áridas semelhantes as do ciclo anterior são gerados pediplanos embutidos nas primeiras superfícies por ruptura de relevo. As chapadas de Brasília, Pipiripau, Bartolomeu-Preto e Descoberto-Alagado (NOVAES PINTO, 1994), entre as cotas de 950 a 1200 m, são os compartimentos gerados nesse ciclo e se encontram parcialmente recobertas por material proveniente das chapadas mais elevadas.

¹⁸ **Denudação:** exposição de porções subjacentes à superfície por processos erosivos.

¹⁹ **Dissecação:** Escavação de vales numa região ou superfície pela ação de processos erosivos. Uma região dissecada é aquela onde a superfície real coberta pelas vertentes dos vales é muito significativa em relação à área topográfica medida em um mapa. Superfícies pouco dissecadas são em geral aplainadas ou levemente onduladas, como é o caso das planícies e planaltos.

Durante os 40 milhões de anos seguintes, já no Cenozóico, por todo o Paleogeno (66-23 Ma), durante o chamado ciclo erosivo Sul-Americano (KING, 1956), agora sob novas condições climáticas úmidas e quentes abrem-se condições para o intemperismo químico que atua na pedogênese com a formação de solos do tipo Latossolo vermelho-escuro de textura argilosa a argilosa média (EMBRAPA, 1978) em todas as regiões de chapadas, caracterizando o Etchplano Paleogênico (NOVAES PINTO, 1994). Nas porções medianas do perfil de solo, por consequência de mecanismos de depressão hídrica, são formadas couraças lateríticas maciças (EMBRAPA, 2004).

No Neógeno (23-2.5 Ma), no início do Mioceno, retornam as condições de clima seco e soerguimentos levam ao pré domínio novamente da erosão diferencial. A dissecação das superfícies de chapadas leva à denudação do topo dos perfis de solo por aproximadamente 12 milhões de anos, expondo as couraças lateríticas (EMBRAPA, 2004). No Mioceno até o Plioceno, num íterim de aproximadamente 10 milhões de anos, novo retorno a clima úmido e quente favorece a continuidade do intemperismo químico sobre os regolitos da região. O saprólito se aprofunda, ocorrem modificações das couraças lateríticas por hidratação e atividade biológica com consequente cristalização de minerais hidratados. Ao final do Neógeno, no Plioceno (5.3-2.5 Ma) teriam sido geradas duas novas superfícies entre as cotas 950-1050 metros e outra em torno de 900 metros (PENTEADO, 1976), relacionadas ao Ciclo Velhas (KING, 1956).

Na passagem do Plioceno para o Pleistoceno (2.5-0.7 Ma), ciclos Velhas e Paraguaçu (KING, 1956), durante condições de seca climática a dissecação das superfícies residuais e sedimentação iniciam a compartimentação dos Vales Dissecados, situados nas áreas mais baixas, entre as cotas 800 e 950 metros, coincidentes com os vales dos rios Preto, São Bartolomeu, Descoberto, Corumbá e Maranhão. A continuidade da alternância de clima até o Holoceno (0.012-hoje), gerando erosões, provavelmente relacionadas a sucessivos soerguimentos tectônicos, e intemperismo químico, configura o relevo em colinas e interflúvios tabulares.

As Planícies Aluviais e Alveolares correspondem às formas mais jovens do relevo, associadas ao entalhe recente (Holoceno) da rede do sistema hidrográfico, apresentando formas planas elaboradas sobre sedimentos fluviais (SOARES, 1984).

Atualmente, segundo Martins (2000), os processos de pedogênese com intensa latossolização seguidos por denudação lenta e constante dos planaltos, com

rebaixamento progressivo de toda a região, continuam atuantes. Associados ocorrem também a geração e degradação das couraças lateríticas presentes nos rebordos das chapadas do Distrito Federal. A classificação pelo autor da região do Distrito Federal como um planalto dissecado reafirma os trabalhos de Mauro *et al.*, (1982) e Novaes Pinto (1986, 1987, 1994).

A figura 3.8 mostra, em perfis esquemáticos, a evolução geomorfológica para o Distrito Federal desde o Neocretáceo até o Holoceno.

A compartimentação geomorfológica que aqui se apresenta é a proposta no Relatório do Meio Físico do Distrito Federal do Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal (GDF, 2012), adaptada da integração das propostas de Novaes Pinto (1994), que coaduna aspectos descritivos e morfogenéticos, e de Martins e Baptista (1998), que definiram como parâmetros para a compartimentação os dados de hipsometria, padrão de relevo e a declividade, após estudos sobre a evolução geoquímica e geomorfológica dos perfis de intemperismo do Distrito Federal. Cinco compartimentos foram definidas (Figura 3.9), são elas:

1. **Plano Elevado** que corresponde às primeiras superfícies de nivelamento com cotas superiores a 1.100m (Chapada da Contagem). Possuem padrão de relevo plano a suave ondulado, com declividades inferiores a 10%, baixa densidade de drenagens. Nesses altos a pedogênese domina sobre o intemperismo físico no que reflete a predominância de Latossolos;
2. **Plano Intermediário** corresponde às segundas superfícies de aplainamento (Chapada de Brasília, Pipiripau, Bartolomeu-Preto e Descoberto-Alagado). Similar ao plano anterior, exhibe as mesmas características, diferindo nas declividades que são inferiores a 12% e cotas entre 950 e 1.050m; 1200m
3. **Vale Dissecado**, situado nos vales dos principais rios do Distrito Federal, apresenta padrão de relevo ondulado a forte ondulado com declividades superiores a 20% e cotas abaixo de 800m. A densidade de drenagem é alta e os solos são predominantemente Cambissolos. Nas declividades maiores a erosão supera a pedogênese na morfogênese;
4. **Rebordo**, composto pediplanos entre os Planos Elevados e Intermediários, mostra padrão de relevo ondulado com declividades entre 10 e 20% e cotas entre 950 e 1.100m. A densidade de drenagem é moderada e os solos predominantes também são Cambissolos. Como nos vales a erosão supera a pedogênese no balanço morfodinâmico.

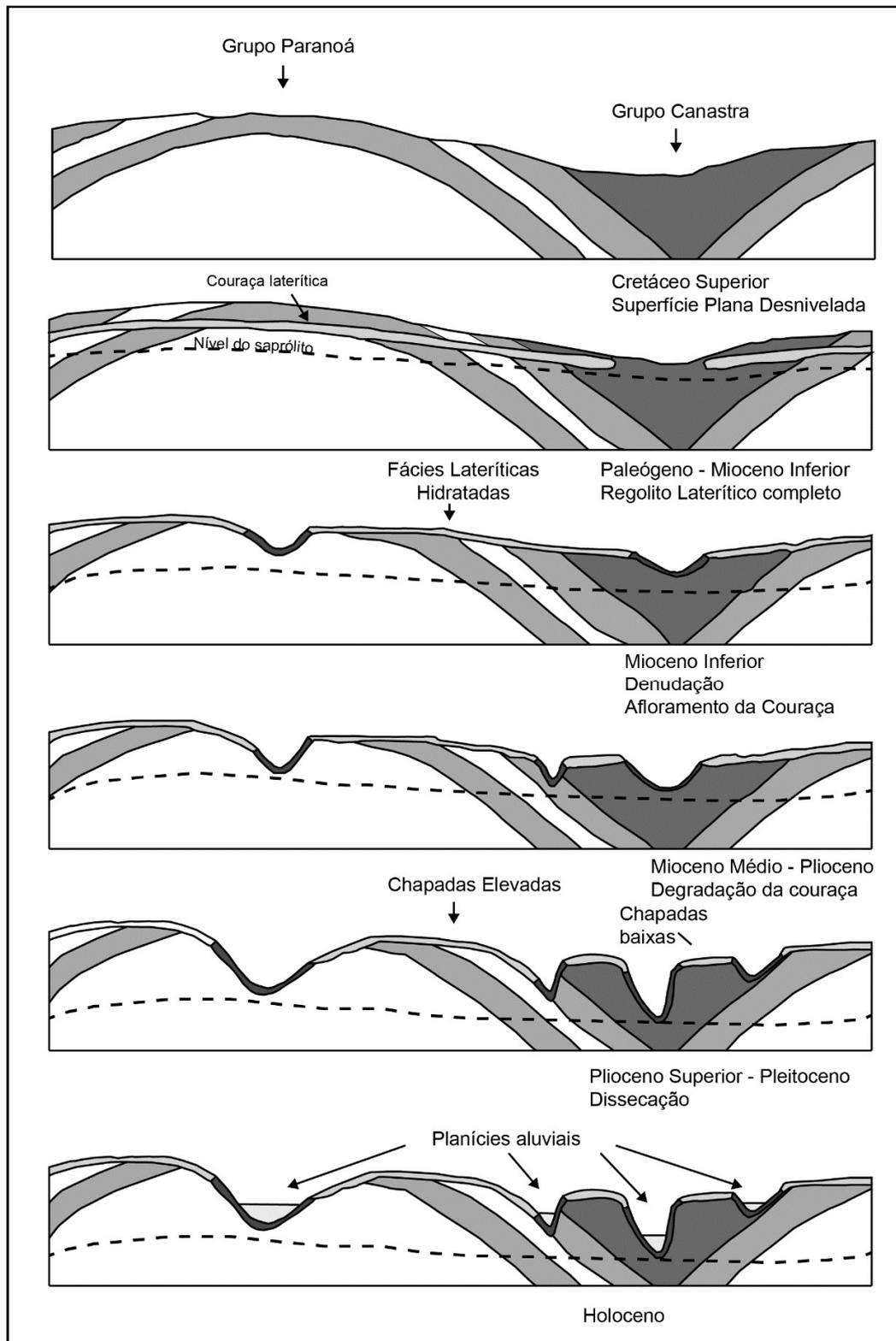


Figura 3.8 - Modelo de evolução geomorfológica do relevo do Distrito Federal. Modificado de Embrapa (2004).

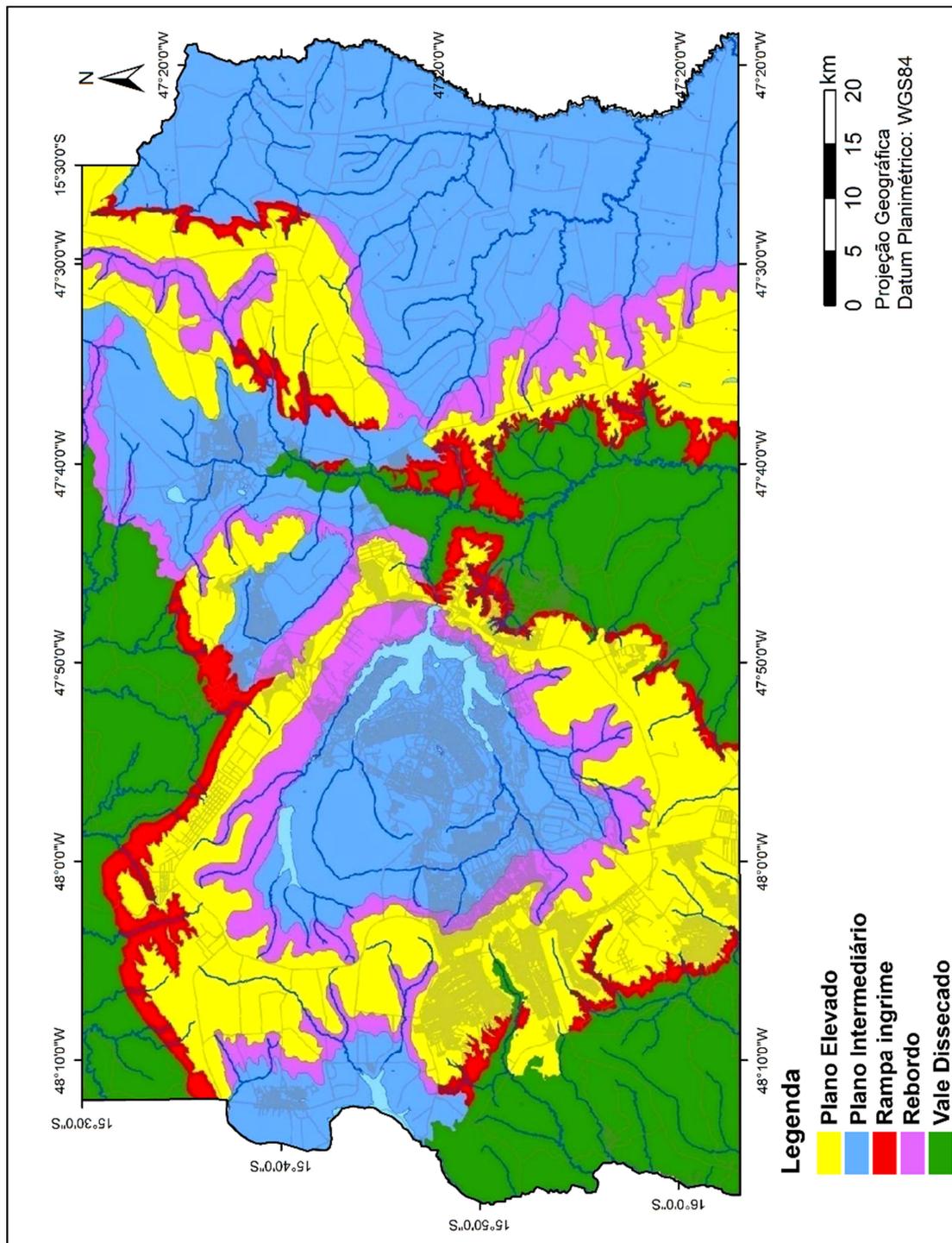


Figura 3.9 - Compartimentação geomorfológica do Distrito Federal. Adaptado de GDF (2012).

5. **Rampa**, principalmente entre os Planos Elevados e Vales Dissecados e no nordeste do Distrito Federal entre os primeiros e os Planos Intermediários. O padrão de relevo é fortemente ondulado a escarpado com declividades superiores a 25% e cotas entre 800 e 1.100m. A densidade de drenagem é

alta e os Latossolos dominam nessas áreas. A erosão é facilitada pelas altas declividades e a pedogênese contribui pouco no balanço morfodinâmico.

No esquema davisiano de evolução do relevo, o relevo do Distrito Federal se encontra na fase de maturidade, menos recortado, com mais equilíbrio entre erosão e acumulação (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Uma vez apresentada a evolução pedológica associada à geomorfológica acima, apresenta-se a seguir a classificação e distribuição detalhada dos tipos de solos do Distrito Federal, segundo Embrapa (1978; 2004).

O mapa da figura 3.10 apresenta o levantamento do Serviço Nacional de Levantamento de Solo mapeável na escala 1:100.000 para o Distrito Federal, onde dois núcleos de solos foram distinguidos de acordo com suas abundâncias. O primeiro núcleo agrupa três diferentes classes de solos que, juntas, perfazem 85% da área do território, enquanto o segundo grupo compõe os 15% restantes, com classes diferentes de solos.

No primeiro núcleo ocorrem os solos tipo Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolos Háplicos já mencionados nos compartimentos geomorfológicos. No segundo núcleo mais variado aparecem os solos tipo Nitossolos, Chernossolos, Gleissolos, Organossolos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos e Plintossolos.

Latossolo Vermelho. São solos soltos altamente intemperizados com um perfil pedológico que mostra intensa alteração de silicatos com lixiviação de bases e concentrações de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Nessa classe, os solos possuem considerada acidez, no entanto quando associados a vegetação com maior densidade foliar são mais saturados em bases, ou seja, menos distróficos.

Classe de solo integrada com vegetação de cerrado *sensu stricto*, campo limpo e campo sujo; ocorre em superfícies planas e em vertentes com declividades entre 5 e 20%.

Cambissolo Háplico. Os cambissolos são solos com perfil pouco desenvolvido, mais rasos que os anteriores com pouco mais de 1 m, onde se encontram ainda, em meio ao solo, fragmentos de minerais primários e materiais pedregosos e rochosos como cascalhos de metarritmitos e quartzitos.

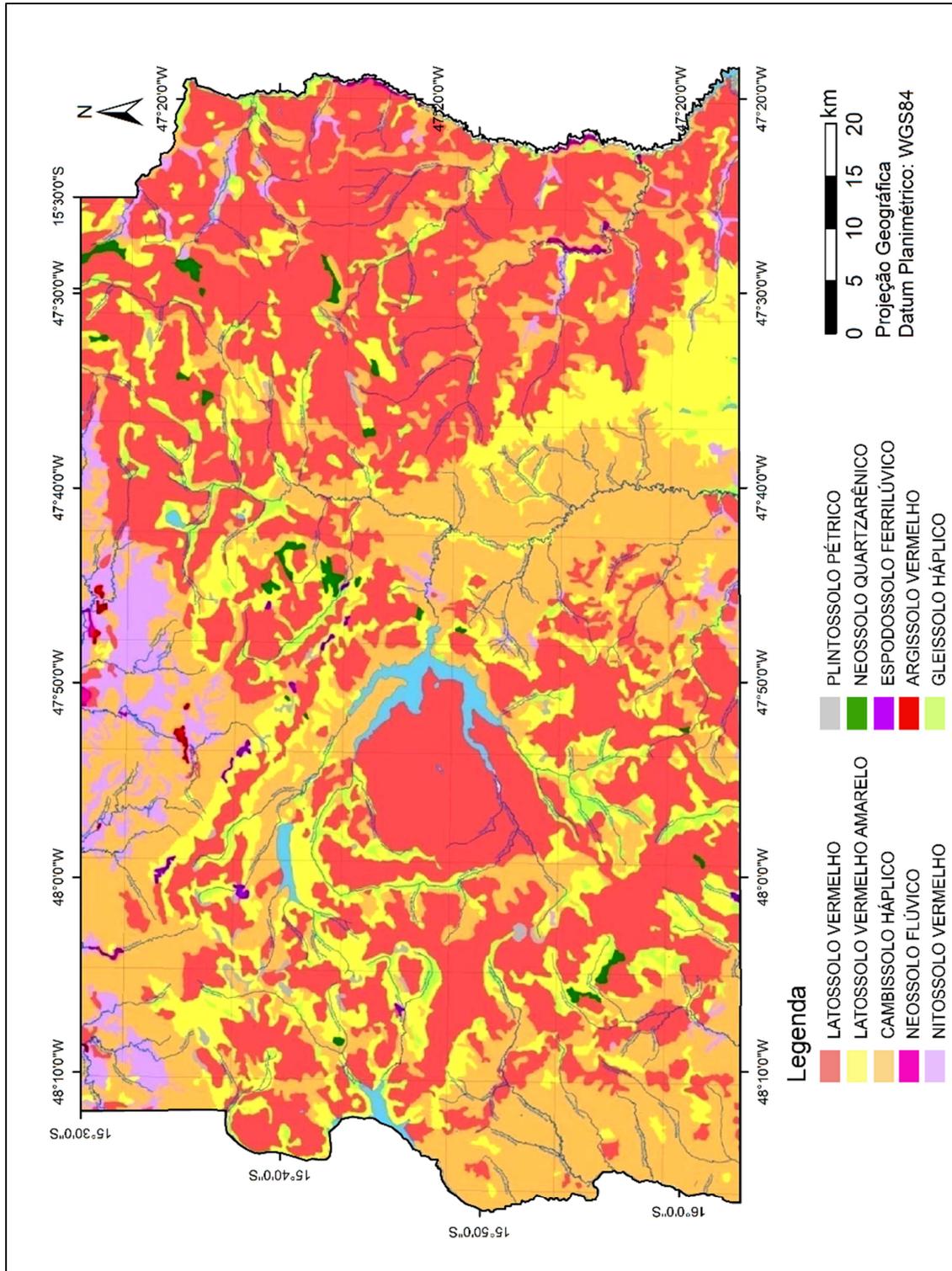


Figura 3.10 – Mapa de solos do Distrito Federal. Adaptado de GDF (2012).

A permeabilidade é baixa em vista do alto teor de silte. São caracterizados como distróficos e muito ácidos. Suas áreas de ocorrência são principalmente as vertentes e encostas mais íngremes de rebordos entre os compartimentos Escarpados e Planos Intermediários, entre 800 e 1.150 metros de altitude, além do compartimento de Vales Dissecados.

A vegetação associada mais comum é a de campo limpo. Nesses solos, a baixa permeabilidade e erosão acentuada sob a influência de chuvas fortes podem produzir a formação de sulcos.

Neossolo Quartzarênico. Esses solos são ricos em areias quartzosas e apresentam perfil por vezes superiores a dois metros. Ocorrem como pequenas manchas sobre os quartzitos do Grupo Paranoá nos compartimentos de Rebordo de chapadas ou junto a encostas íngremes.

Além da expressiva profundidade para esse tipo de classe de solos, se caracterizam também por apresentarem baixa concentração de nutrientes, estrutura fraca, porosidade elevada e grande permeabilidade. Possuem ainda alta condutividade hidráulica e suscetibilidade à erosão.

Neossolo Flúvico. Solos aluviais pouco desenvolvidos que ocorrem nas planícies das principais bacias hidrográficas do Distrito Federal ou ainda, nas calhas de drenagem em áreas de topografia movimentada, onde se formam pela deposição de sedimentos aluviais quando dos períodos de cheia ou do arraste de bacia. São geralmente argilosos ou arenosos com estrutura fraca, fertilidade variada. Apresentam variação textural mais grossa e quantidades maiores de minerais primários nas cabeceiras do que nos cursos inferiores dos rios. A eles associa-se a vegetação de matas galeria.

Gleissolo Háplico distrófico. São solos pouco desenvolvidos em pequenas depressões próximos à drenagem e nos rebordos de chapadas junto às nascentes. São solos constantemente encharcados, normalmente devido à elevação do nível freático que se encontra próximo à superfície do terreno a maior parte do ano, e com alto teor de matéria orgânica de coloração cinza, devido à redução dos óxidos de ferro.

Plintossolo. São solos ricos em plintita com textura mosqueada, desgastados, rasos e pouco permeáveis. Ocorrem onde há oscilação do nível freático e dificuldade de infiltração da água.

Solos Podzolizados. São solos cuja variação textural varia com a translocação de argila em seu perfil do horizonte mais raso (A) para o horizonte logo abaixo do primeiro (B). É mapeado no vale do rio Maranhão no norte do Distrito Federal. Subdividem-se em três tipos:

Nitossolo vermelho. São solos profundos e bem desenvolvidos, de acidez moderada, com variável saturação por bases, podendo inclusive ser eutróficos. Apresentam horizonte B nítico e argila de baixa atividade.

Argissolo vermelho. São solos de profundidade variável, apresentam horizonte B textural e argila de atividade baixa. São geralmente ácidos com alta saturação por bases e por isso são recobertos por fases florestais com elevada densidade de espécies arbóreas de elevado porte.

Chernossolo. São solos com alta saturação por bases, argila de atividade alta e horizonte A chernozêmico com horizonte B textural.

Organossolo. São solos formados pela deposição de matéria orgânica em superfícies planas a deprimidas constantemente encharcadas a uma taxa superior à decomposição da mesma. São espessos e escuros, friáveis, pouco evoluídos, ácidos e não possuem boa drenagem.

Vegetação herbácea de porte arbustivo acompanha esses solos.

Neossolo Litólico. São os solos menos desenvolvidos, estreitos em contato próximo ao substrato rochoso, por isso ricos fragmentos de rochas. Geralmente estão associados aos cambissolos háplicos.

Ocorrem em relevo forte ondulado a escarpado.

Essas duas últimas classes de solo não são mapeáveis na escala de 1:100.000.

3.1.4

HIDROGEOLOGIA & HIDROGRAFIA

A Hidrogeologia é uma das áreas da Geologia que se ocupa com a movimentação das águas subterrâneas, enquanto a Hidrografia, um dos ramos da Geografia Física, estuda e classifica todas as águas da superfície e do subsolo da crosta terrestre, havendo, portanto, superposição de áreas das Geociências sobre o mesmo assunto. Recorrer-se-á aqui às informações da Hidrogeologia quando da

discussão de águas subterrâneas e às informações geográficas ao se tratar das bacias hidrográficas do Distrito Federal.

Quanto às águas subterrâneas do Distrito Federal, a evolução do relevo, que resultou em rochas metamórficas capeadas por mantos de solos, permitiu a formação de diferentes reservatórios de água subterrânea, ou aquíferos²⁰, classificados em três domínios maiores como: Domínio Aquífero Intergranular ou Poroso; Domínio Aquífero Fraturado e Domínio Aquífero Físsuro-Cárstico (MONTEIRO; CAMPOS, 2007) (Tabela 3.1).

O **Domínio Aquífero Intergranular, Poroso** ou **Freático** compreende reservatórios de água que caracteristicamente ocupam os poros de material geológico da região. Como as rochas metamórficas possuem frequentemente baixa porosidade devido a recristalização mineral, os reservatórios de porosidade intergranular no Distrito Federal são encontrados nos solos e mantos de alteração intempéricas que capeiam essas rochas metamórficas. Assim, são contemporâneos à pedogênese que aconteceu a partir do Paleógeno que teve início há aproximadamente 65 milhões de anos. Inicialmente os reservatórios não deveriam ter mais do que poucos centímetros, com o passar dos anos muitos se tornaram progressivamente mais profundos. Atualmente suas superfícies saturadas²¹ atuais, controladas pela cota do terreno e por feições físicas gerais dos vários tipos de solo/manto de intemperismo, variam entre poucos centímetros até 80 metros, com predominância daqueles entre 15 e 25 metros, compreendendo o sistema de águas subterrâneas rasas.

Os aquíferos freáticos possuem grande extensão e continuidade lateral, são do tipo livre, heterogêneos e anisotrópicos (que apresentam variações laterais das propriedades hidráulicas).

Os parâmetros de condutividade hidráulica (k)²² e espessura saturada (b) dos aquíferos porosos levaram Campo e Freitas-Silva (1998) a classificarem-nos em quatro sistemas diferentes, P1, P2, P3 e P4, conforme a Tabela 3.1, onde também se encontram suas vazões médias. Segundo os autores:

²⁰ **Aquíferos:** São reservatórios subterrâneos de água armazenados em rochas, solos ou mantos de alteração das rochas com características porosas e/ou fraturadas e, permeáveis, que retêm a água das chuvas, que se infiltra pelo solo, e a transmite, sob a ação de um diferencial de pressão hidrostática, para que, aos poucos, abasteça rios e poços artesianos. O equilíbrio hidrostático entre águas superficiais e subterrâneas é um dos fatores responsáveis pela estabilidade e disponibilidade em superfície das águas de rios, lagos, nascentes, fontes, pântanos e afins, bem como das águas subterrâneas.

²¹ **Superfície Saturada** ou **Nível Freático:** é o limite entre a Zona Insaturada e a Zona Saturada, abaixo do qual a água é acumulada em subsuperfície.

²² **A condutividade hidráulica** do solo K é uma propriedade que expressa a facilidade com que a água nele se movimenta

Os sistemas **P1** e **P2** são caracterizados por espessuras maiores que 20 metros e condutividades hidráulicas, respectivamente, alta (maior que 10-6 m/s) e moderada (da ordem de grandeza de 10-6 m/s). No Sistema **P3** as espessuras totais são reduzidas para menos de 10 metros e a condutividade hidráulica assume valores menores que 10-6 m/s. O sistema **P4** caracteriza-se por pequenas espessuras (comumente menores que 1 metro, podendo alcançar 2,5 metros) e condutividade hidráulica muito baixa. Nesse Sistema é comum a ausência de zona de saturação no domínio do saprófito, principalmente quando desenvolvidos sobre rochas argilosas” (GDF, 2012, p. 94).

Tabela 3.1 – Classificação e subdivisões dos aquíferos do Distrito Federal com suas vazões média e trilógias sobre as quais ocorrem. Adaptado de Campos; Freitas (1999).

DOMÍNIO	SISTEMA	SUBSISTEMA	Vazão Média (m³/h)	Litologia/Solo Predominante
Freático	Sistema P1	-	< 0,8	Latossolos Arenosos e Neossolos Quartzarênicos.
	Sistema P2		< 0,5	Latossolos Argilosos.
	Sistema P3			Plintossolos e Argilosos.
	Sistema P4		< 0,3	Cambissolo e Neossolo Litólico.
Fraturado	Paranoá	S/A	12,5	Metassiltitos.
		A	4,5	Ardósias.
		R₃/Q₃	12,0	Quartzitos e metarritmitos arenosos.
		R₄	6,5	Metarritmitos argilosos.
	Canastra	F	7,5	Filitos micáceos.
	Bambuí	-	6,0	Silitos e arcóseos.
	Araxá	-	3,5	Mica xistos.
Fissuro-Cárstico	Paranoá	PPC	9,0	Metassiltitos e lentes de mármore.
	Canastra	F/Q/M	33,0	Calcifilitos, quartzitos e mármore.

O mapa da figura 3.11 mostra as áreas de ocorrência dos aquíferos do Domínio Intergranular com base nos grupos hidrogeológicos dos solos propostos por Gonçalves (2007) e ampla base de dados de ensaios de infiltração (GDF, 2012). Como a manutenção desses aquíferos ocorre pela infiltração das águas de chuvas que percolam os solos, áreas correspondem às zonas de recarga dos aquíferos. Os aquíferos, por sua vez estão vinculadas à manutenção da perenidade de drenagens no período de escassez de chuvas. Zonas de descarga estão relacionadas a fontes

do tipo depressão ou contato, sendo sua vazão média controlada pelo tipo de regime de fluxo.

No **Domínio Fraturado** a porosidade é considerada secundária porque não resulta dos espaços entre grãos, mas de discontinuidades planares, provocadas por esforços compressivos distensivos sofridos pelas rochas. As discontinuidades podem ser planos de fraturas, microfaturas, diáclases, juntas, zonas de cisalhamento e falhas. Assim, esses reservatórios ocorrem nas rochas metamórficas de todas as unidades estratigráficas que ocorrem no Distrito Federal (Tabela 3.1).

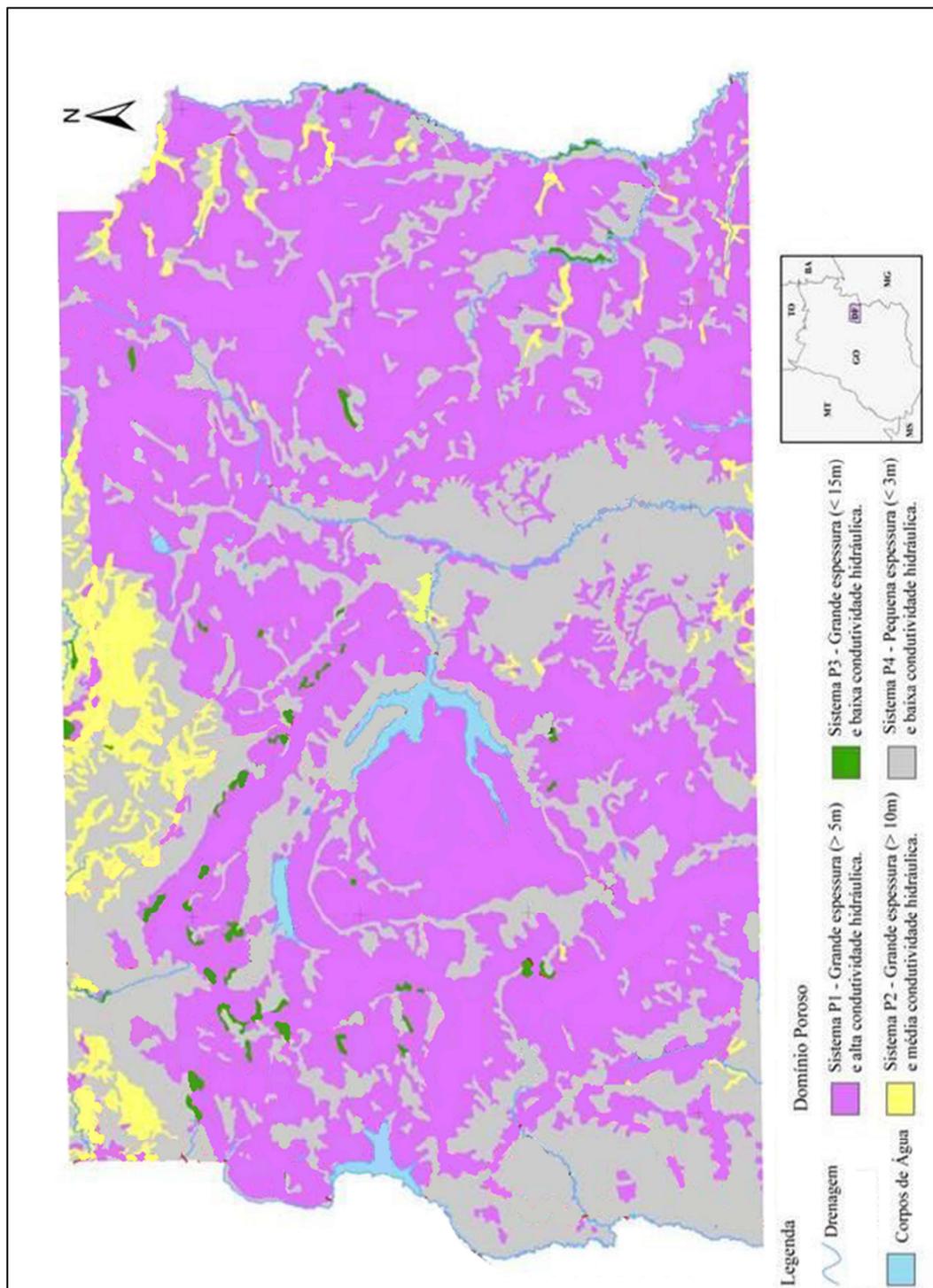


Figura 3.11 - Distribuição dos aquíferos porosos do Distrito Federal (GDF, 2012)

Relembramos aqui que descontinuidades ou zonas de fraqueza foram geradas ainda no Proterozoico, quando da Orogênese Brasileira, e posteriormente modificadas pela neotectônica Cenozoica que facilitou a percolação em profundidade nas fraturas da Família III e dificultou nas demais famílias.

Os aquíferos fraturados são geralmente mais profundos que os anteriores, principalmente nas regiões onde as rochas são recobertas por solos ou manto de intemperismo por estarem sob esses últimos, compreendendo assim o sistema de águas subterrâneas profundas. Atingem em média profundidades inferiores a 250m, pois abaixo dessa profundidade a pressão litostática tende a manter o material rochoso mais coeso, selando os planos de descontinuidade.

Como ocorrem em diferentes litotipos, os parâmetros hidrodinâmicos são muito variáveis, até mesmo no mesmo tipo litológico, sendo a condutividade hidráulica determinada principalmente pela densidade das descontinuidades existentes na rocha. Os quartzitos que mostram um comportamento mais rúptil e granulometria maior em relação as demais rochas argilosas ou sílticas formam reservatórios com vazões maiores (Tabela 3.1).

Campos e Freitas-Silva, (1999) distinguiram quatro sistemas com base na geologia, feições estruturais e na análise estatística dos dados de vazões em: sistemas aquíferos Paranoá, Canastra, Araxá e Bambuí. O Sistema Paranoá foi subdividido ainda nos subsistemas: **S/A**, **A**, **R3/Q3** e **R4**. O Sistema Canastra é integrado pelo Subsistema **F**.

Uma vez que os aquíferos do Domínio Intergranular estão sotopostos aos aquíferos fraturados, as águas pluviais ao percolarem pelos primeiros são, à medida que se aprofundam progressivamente, depuradas conferindo uma melhor qualidade às águas mais profundas. O aquífero poroso age como um filtro depurador natural frente ao aquífero fraturado.

A recarga dos aquíferos fraturados, a partir da precipitação pluviométrica, se dá pelo fluxo vertical e lateral de águas de infiltração. A morfologia da paisagem é um importante fator controlador das principais áreas de recarga regionais (GDF, 2012).

Estudos isotópicos, utilizando ^{18}O , ^3H e CFC para datar águas subterrâneas e caracterizar um modelo de fluxo dos domínios de aquíferos porosos e fraturados do DF, foram realizados na Bacia do Rio Jardim, afluente do Rio Preto sobre o Sistema

P2 do domínio poroso e Sistema Bambuí do domínio fraturado. Os resultados mostraram idades de águas mais jovens, de 15 anos, para as águas do aquífero poroso e mais antiga, de 20 anos, para os fraturados (LOUSADA; CAMPOS, 2011), comprovando modelo proposto por Campos e Freitas-Silva (1998) de duas superfícies potenciométricas.

O **Domínio Físsuro-cárstico** ocorre na forma de cavidades originadas pela dissolução de rochas carbonáticas (calcários, dolomitos, margas e mármore) dos grupos Paranoá e Canastra. Com frequência ocorre na forma de lentes carbonáticas menores e lateralmente descontínuas, interdigitadas com rochas selantes (pouco permeáveis) como siltitos argilosos, folhelhos ou filitos.

Os sistemas de porosidade físsuro-cárstica são de pequeno porte, o que limita a circulação e gera cavidades com aberturas menores do que três metros. Apesar dessas características é o sistema pelas vazões mais expressivas em poços individuais registrados no Distrito Federal.

Os aquíferos físsuro-cársticos vinculados ao Sistema Paranoá são designados pelo subsistema **PPC**, enquanto os vinculados ao Sistema Canastra, como Subsistema **F/Q/M**.

Em termos de águas superficiais, estas são entendidas no âmbito das bacias hidrográficas.

A bacia hidrográfica por conceito é uma área superficial de captação natural da água de precipitação que faz convergir por meio de superfícies das vertentes o escoamento de toda uma rede de drenagem para um único ponto de saída, denominado de exutório (TUCCI, 1997).

A evolução e caracterização das bacias hidrográficas de uma região estão invariavelmente condicionadas ao modelamento do relevo ao longo do tempo. Por sua vez, o controle litoestrutural das rochas é determinante na geomorfologia de um terreno. Assim, os mesmos fatores endógenos e exógenos que condicionaram o relevo no Distrito Federal, são também controlam a configuração das bacias hidrográficas.

De grande importância no estabelecimento das drenagens das bacias hidrográficas do Distrito Federal é o seu condicionamento estrutural, cujos padrões de drenagens de seus cursos principais aproveitaram o relevo de domos e bacias e as fraturas geradas no Ciclo Brasileiro que foram posteriormente reativadas no Cenozóico como já comentado anteriormente.

Isso posto, é razoável deduzir da evolução do relevo a própria evolução hidrográfica do Distrito Federal. A superfície de aplainamento mais antiga registrada no Distrito Federal, a Superfície Sul-Americana, preservada nos Planos Elevados da Chapa da Contagem marca um período de clima árido que pode ser considerado o estágio pretérito anterior a configuração primitiva das bacias hidrográficas. Com a mudança de clima no Paleógeno, em condições de umidade alta, e sucessivas alternâncias entre climas úmidos e secos até os dias atuais a distribuição das bacias e sua evolução ganharam corpo. A evolução da hidrografia continuará num processo ininterrupto de evolução até a interferência de alguma movimentação tectônica mais importante ou mudança climática significativa.

A erosão diferencial ao longo de tempos úmidos e secos sobre litotipos diferentes e o controle estrutural da área em domos e bacias permite quantificar sete bacias hidrográficas maiores no Distrito Federal (Figura 3.12) coincidentes com os baixios estruturais ou erosivos, sendo os seus divisores as chapadas do Distrito Federal. O mesmo controle estrutural-erosivo condicionou o escoamento superficial dos leitos fluviais para três direções distintas, para sul, leste e norte do Distrito Federal que, por sua vez, alimentam distintas bacias hidrográficas maiores do Brasil. Assim, as drenagens que fluem para sul são integrantes da Bacia do Paraná, enquanto que as que correm para leste escoam para a Bacia do São Francisco e, as que vertem para norte fazem parte da Bacia do Tocantins/Araguaia.

As bacias do Distrito Federal que integram a Bacia do Paraná são a maioria e, juntas, correspondem a 63,6% das drenagens da área, ocupando uma área de 3690 km² na porção centro e oeste do distrito segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2010). Designadas pelos nomes de suas principais drenagens são elas as bacias do rio São Bartolomeu, Paranoá, Descoberto, Corumbá e, São Marcos.

A Bacia do Rio Preto, com 25% das drenagens do Distrito Federal e 1350 km² (ANA, 2010), ocorre a leste do Distrito Federal. Seu principal curso d'água, o rio Preto faz divisa com os estados de Goiás e Minas Gerais. É a única que contribui para a Bacia do São Francisco. Da mesma forma, as drenagens da Bacia do Rio Maranhão, que ocupam 750 km², o correspondente a 15 % das drenagens da área do Distrito Federal (ANA, 2010) alimentam apenas a Bacia do Tocantins/Araguaia a norte.

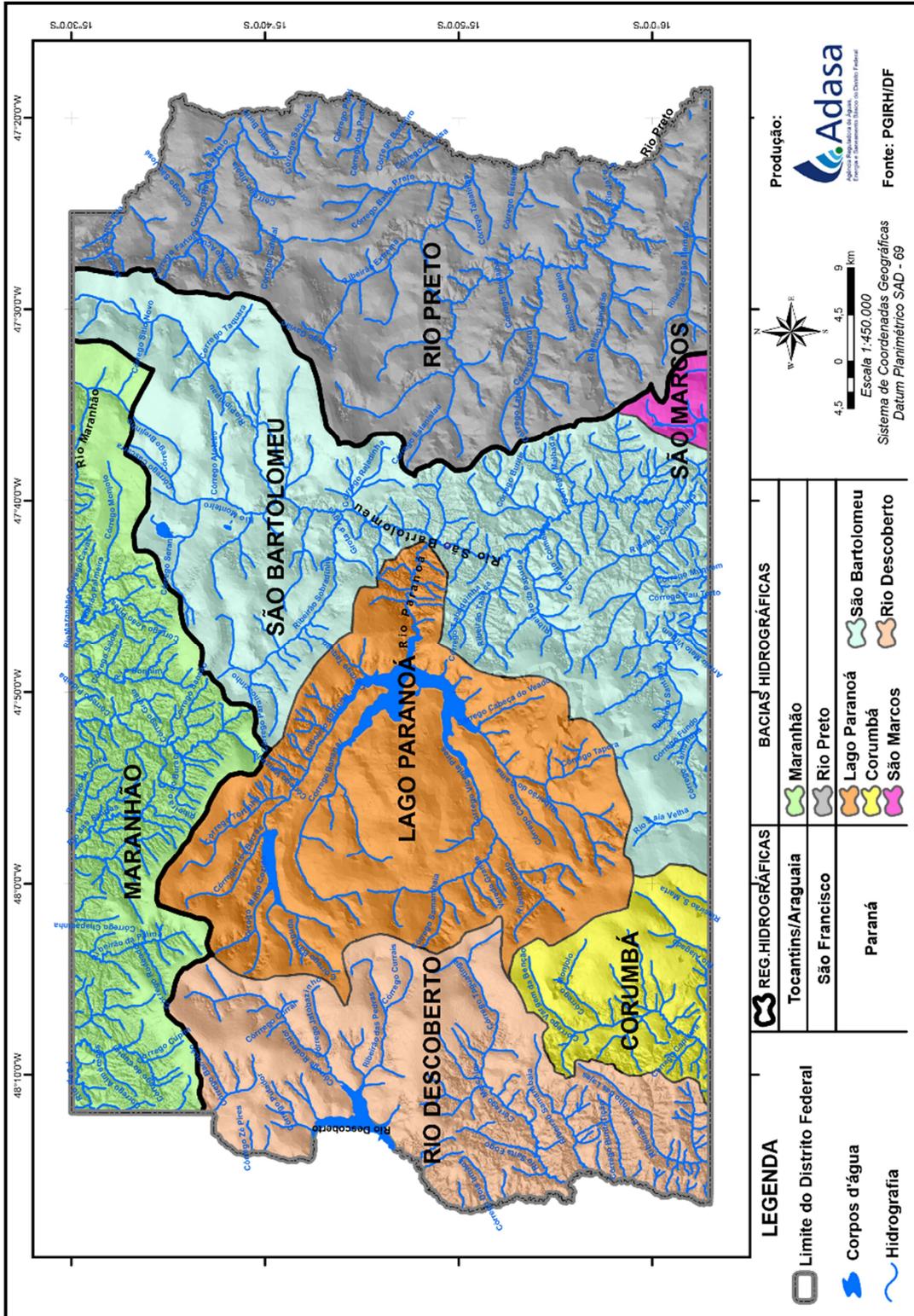


Figura 3.12 - Bacias Hidrográficas do Distrito Federal.

A descrição das características de cada bacia apresentada a seguir foi compilada de informações apresentadas no Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal (GDF, 2012), nos informes dos Comitês de Bacias Hidrográficas da Agência Nacional de Águas (ANA) e considerações próprias, resumidas e agrupadas de acordo com a bacia hidrografia brasileira maior a que pertencem.

3.1.4.1

BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ

No Distrito Federal ocorrem as bacias do rio São Bartolomeu, Paranoá, Descoberto, Corumbá e São Marcos que são sub-bacias da bacia do Paraná.

A Bacia **do Rio São Bartolomeu** é a maior unidade hidrográfica do Distrito Federal com 1579,2 Km², o equivalente a 27,2% de sua área, possui elevada densidade de drenagem e se estende de norte a sul na porção central do território. Seu extremo norte encontra-se em território goiano.

Três bacias são individualizadas, de norte a sul, em Bacia do Alto, Médio e Baixo São Bartolomeu. A bacia do Alto é ocupada essencialmente por afluentes do rio São Bartolomeu, sendo os principais o ribeirão Sobradinho, o Ribeirão Mestre D'Armas e o Rio Paranoá. Esses afluentes correm sobre as rochas do Grupo Paranoá nas chapadas do Pipiripau e Bartolomeu-Preto segundo um padrão dendrítico que converge para o curso principal da bacia, o Rio São Bartolomeu, mais a sul. Os cursos médio e baixo são controlados pelo sinclinal do Grupo Canastra no Vale Dissecado do Bartolomeu nas regiões de menor altitude do Distrito Federal. O rio São Bartolomeu corre encaixado na zona de charneira do antinclinal de direção geral NS e seus afluentes drenam as encostas do vale num padrão estilo dendrítico de direção média E-W.

As principais lagoas naturais da bacia ocorrem nos planos altos ao norte, na sub-bacia do Alto Bartolomeu, são elas a Lagoa Bonita ou Mestre D'Armas, cujas águas contribuem para formar o ribeirão de mesmo nome, e a Lagoa Joaquim Medeiros.

A **Bacia do Rio Paranoá** está situada na porção centro-oeste do Distrito Federal; drena uma área de cerca de 1.004,7 Km², sendo a única unidade hidrográfica que está totalmente inserida no Distrito Federal.

Todos os seus cursos d'água se estabeleceram sobre rochas do Grupo Paranoá, especificamente sobre o Domo de Brasília, um domo invertido por erosão, limitado em suas bordas pelos Planos Elevados da Chapada da Contagem e seu interior pelo Plano Intermediário da Chapada de Brasília, embutido nos primeiros.

A densidade de drenagem é baixa, uma vez que predominam os latossolos dentre as diversas coberturas presentes. Há um forte controle estrutural da forma da drenagem, onde se pode observar um padrão semianelar (sistema Bananal Vicente Pires) ou um padrão retangular (sistemas Gama-Cabeça de Veado; Santa Maria e afluentes pela margem esquerda; Riacho Fundo e demais afluentes pela margem esquerda) (GDF, 2012).

Entre os principais cursos d'água dessa Bacia destacam-se o Riacho Fundo e os ribeirões do Gama, Bananal, Torto e Cabeça de Veado que foram represados no início da década de 1960 para formar o lago artificial do Paranoá com 1000 m de altitude, 510 milhões de m³, profundidade máxima de 40 m e média de \approx 13 m (ANA, 2010) e superfície de seu espelho d'água com 38 km² (CAMPANA *et al.*, 1998).

A noroeste da bacia, a montante da confluência com o ribeirão Três Barras, encontra-se o segundo lago artificial do Lago Santa Maria com uma área superficial de aproximadamente 6,06 km² e volume total de aproximadamente 58,45 x 10⁶ m³ (CAESB, 2006). Os tributários mais importantes do lago que merecem destaque são os córregos Santa Maria, Vargem Grande e Milho Cozido.

A **Bacia do Rio Descoberto** é a bacia mais a oeste do Distrito Federal, sendo o rio homônimo o seu principal curso d'água. O rio Descoberto é também o divisor político geográfico do distrito com o estado de Goiás. Assim, apenas parte dos tributários a leste do rio Descoberto ocorrem no Distrito Federal, os demais encontram-se em território goiano.

No Distrito Federal a bacia é dividida em duas bacias a do Alto e Baixo Descoberto. O rio Descoberto é represado e alimentado pelos tributários do Alto Descoberto, formando o único lago artificial da bacia, o Lago do Descoberto. O lago possui uma área de 17 km² e volume aproximado de 120 milhões de m³ (CAESB,

2006). Os principais afluentes do lago são: o Rio Descoberto, o Ribeirão das Pedras, o Ribeirão Rodeador e os córregos Chapadinha, Capão Comprido e Pulador.

A densidade de drenagem é restrita e de padrão retilíneo, controlado por fraturas e falhas, no alto curso onde os cursos d'água fluem sobre as rochas do Grupo Paranoá à oeste do Domo de Brasília. No baixo curso se torna moderada a alta, principalmente sobre as rochas do Grupo Araxá no extremo sudoeste do distrito, quando apresentam um padrão dendrítico com restrito controle estrutural.

A **Bacia do Rio Corumbá** é a segunda menor unidade hidrográfica da região, a sudoeste do Distrito Federal. Seus cursos d'água correm essencialmente sobre as rochas do Grupo Paranoá à sudoeste do Domo de Brasília.

A bacia é subdivida nas sub-bacias do Rio Alagado, a norte, e a do Rio Santa Maria a sul do principal curso d'água da Bacia do Rio Corumbá, o Ribeirão Ponte Alta.

Os tributários da sub-bacia do Rio Alagado mostram controle estrutural por falhas com padrão retangular, enquanto na sub-bacia do Rio Santa Maria não permitem estabelecer um padrão devido a seus tributários ocorrerem principalmente no Estado de Goiás.

A **Bacia do Rio São Marcos** é a unidade hidrográfica de menor área no Distrito Federal, localizada a sudeste do distrito entre as bacias do Rio São Bartolomeu e Rio Preto. Os principais corpos d'água da Bacia são o Córrego Samambaia e a Lagoa do Veado (GDF, 2012).

3.1.4.2

BACIA HIDROGRÁFICA DO SÃO FRANCISCO

No Distrito Federal apenas a Bacia do Rio Preto integra a Bacia do São Francisco.

A **Bacia do Rio Preto** ocupa toda a porção leste do Distrito Federal, sendo seu principal curso d'água o Rio Preto, divisor político geográfico entre o distrito e os estados de Goiás e Minas Gerais. Dessa forma, a parte oeste da Bacia do Rio Preto ocorre no distrito enquanto o restante nos estados de Goiás e Minas Gerais. Seus cursos d'água correm sobre as rochas do Grupo Bambuí.

A bacia apresenta densidade média de drenagem com um padrão grosseiramente retilíneo de direção geral NW-SE, nitidamente estrutural. Reativações neotectônicas ao longo de falhas e fraturas que condicionam esses cursos d'água são evidenciadas pela diferença de solos entre as margens direita e esquerda dos mesmos. Latossolos ocorrem na margem direita em blocos rebaixados e cambissolos em blocos elevados atualmente submetidos à erosão e transporte.

Na porção norte da bacia se destacam os ribeirões Santa Rita e Jacaré. Na porção central da bacia, o Ribeirão Extrema e o Rio Jardim são os principais, enquanto que a sul da bacia o Córrego São Bernardo.

3.1.4.3

BACIA HIDROGRÁFICA DO TOCANTINS/ARAGUAIA

No Distrito Federal apenas a Bacia do Rio Maranhão integra a Bacia do Tocantins/Araguaia.

A **Bacia do Rio Maranhão** ocupa uma estreita faixa longitudinal em boa parte da região norte do Distrito Federal, limitada a sul pelas bacias do Rio Descoberto, São Bartolomeu e Rio Paranoá.

Os principais cursos d'água se organizam segundo um padrão dendrítico, sendo eles o Rio Maranhão, mais bem representado no Estado de Goiás, e seus tributários Palmeiras, Sonhim, Palma e Sal. Em comparação com as demais bacias é a que possui maior densidade de drenagem dentre as demais bacias do Distrito Federal.

3.1.5

CLIMATOLOGIA

A Climatologia investiga os fenômenos e a influência das condições atmosféricas de um determinado lugar num intervalo de médio a longo prazo, compreendendo décadas a milhares de anos. Difere da Meteorologia que estuda as mesmas condições, mas num prazo curto de horas ou dias, classificado como tempo meteorológico. Ambas são áreas da Geografia e interessa aos geocientistas que as estuda os três quilômetros inferiores da atmosfera, que sofrem influência mais direta da litosfera, dos oceanos e da radiação solar, hoje, de grande interesse para as populações humanas. A radiação solar determina todo o sistema, podendo ser

analisado pelos seus parâmetros: temperatura, pressão e umidade. Em maior detalhe os parâmetros podem ser quantificados pelas taxas de variação de precipitação pluviométrica, umidade relativa, nebulosidade, evaporação, temperatura do ar, insolação, pressão atmosférica e balanço hídrico.

A recuperação das informações em tempos pretéritos é possível por vias indiretas, através dos registros litológicos, geomorfológicos e pedológicos como apresentado nos tópicos anteriores. Os registros de fósseis contribuem em muito para desvendar as condições paleoclimáticas e mesmo não dedicando um tópico ao assunto na presente tese, faz-se mão dessas informações publicadas em trabalhos de outros pesquisadores

Um traçado cronológico do Paleoclima que afetou o meio físico do Distrito Federal pode ser resgatado desde o início da deposição das rochas em margem continental passiva no Mesoproterozóico. A interpretação das estruturas sedimentares primárias e fósseis preservados nos grupos estratigráficos que sofreram pouca influência tectono-metamórfica, como os grupos Paranoá e Bambuí, oferece pistas importantes do clima antigo dessa época.

No Grupo Paranoá, onde se encontram as rochas mais antigas da região, a presença de rochas psamo-pelíticas com alto grau de maturidade, indicam elevado retrabalhamento por marés em ciclos ora transgressivo, ora regressivo (CAMPOS *et al.*, 2013), pondo em evidência a presença da água em estado líquido, indicando temperaturas acima do ponto de solidificação, mas que pode ter variado desde águas frias a quentes. Ainda, a presença de estruturas sedimentares tipo *hummockys*, diagnósticas de tempestade, implicam padrões de circulação atmosférica e de instabilidade em um clima com alta umidade pelo menos durante alguns lapsos de tempo, provavelmente intercalados com épocas mais secas e quentes quando se formaram depósitos de sal. A intercalação de rochas carbonáticas (margas, dolomitos, calcários) em meio às rochas psamo-pelíticas desde a base até o topo da sequência, com fósseis estromatolíticos a partir da porção mediana da sequência, indicam momentos de águas e clima quente tropical com atmosfera oxigenada.

Os grupos Canastra e Araxá por apresentarem rochas essencialmente metamórficas não permitem nenhuma extrapolação paleoclimática do final do Mesoproterozóico até o Período Ediacariano no Neoproterozóico.

O Grupo Bambuí no final do Neoproterozóico mostra variação climática significativa. A base do grupo é marcada pela presença de diamictitos, rochas depositadas em um ambiente glacial por geleiras, testemunho da Glaciação

Cryogeniana ou Sturtiana-Varangiana ocorrida entre 800-635 Ma. A progressão para um período interglacial é percebida à medida que se ascende na estratigrafia, pois a frequência de rochas carbonáticas e estromatólitos e evidências de tempestades implicam um ambiente quente tropical, úmido, com instabilidades atmosféricas.

Durante todo o Paleozóico os registros foram apagados por erosão, cujos sedimentos daí gerados se depositaram em grandes bacias circunvizinhas. As informações coletadas dessas rochas sedimentares oferecem dados climáticos importantes, dentre elas três glaciações intercaladas a períodos interglaciares, mas discuti-las está além do alcance dessa tese. A partir do final do Mesozóico os registros nas rochas, solos e geomorfologia do Distrito Federal mostram que durante o Neocretáceo o clima foi dominado por regimes climáticos áridos, quentes e secos com baixa pluviosidade. Por todo o Paleógeno a formação de mantos de intemperismo com couraças lateríticas em profundidade comprovam a pedogênese desses perfis de solos em um clima úmido e quente com variação da superfície freática, possivelmente devido a variações do índice pluviométrico. Na passagem para o Neógeno, até meados do Mioceno, o intemperismo físico com exposição das couraças indica o retorno a um clima de baixa umidade, para novamente até o final do Plioceno, nova pedogênese com aprofundamento do saprófito, hidratação das couraças expostas e atividade biológica implicam clima úmido e quente. No Quaternário condições de clima seco propiciam novo ciclo erosivo. Desde então algumas glaciações foram registradas em outras localidades no Brasil, mas não registradas no Distrito Federal. No Holoceno até o Recente o regime interglacial presente domina o clima da região.

Atualmente a caracterização do clima do Distrito Federal vem sendo detalhada a partir da efetivação da limitação da área geográfica do Distrito Federal desde a década de 1960 do século passado.

Para efeito de uma avaliação geral do regime climático anual do Distrito Federal apresenta-se aqui as considerações apresentadas para os seguintes parâmetros climáticos, conceitualmente entendidos como:

1. **Pressão atmosférica**, pressão exercida pela camada de moléculas de ar sobre a superfície, sendo inversamente correlacionável às variações de temperatura (maiores pressões implicam menores temperaturas e vice-versa). As variações de pressão, junto com a temperatura, são responsáveis pela circulação atmosféricas de larga e mesoescala;

2. **Temperatura do ar**, mede o grau térmico da atmosfera e é o somatório da radiação solar sobre o sistema solo-superfície-atmosfera e dos aspectos astronômicos e dinâmicos de micro, meso e larga-escala. As variações de altitude de relevo têm influência direta na temperatura, em regiões mais baixas as temperaturas são maiores do que em altas altitudes;
3. **Precipitação pluviométrica**, expressa pelo índice pluviométrico refere-se à quantidade de chuva por metro quadrado em determinado local e em determinado período. O índice é calculado em milímetros.
4. **Umidade relativa do ar** é a relação entre a quantidade de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura (ponto de saturação). A umidade relativa do ar varia de acordo com a temperatura, a presença ou não de florestas ou vegetação, rios e represas;
5. **Nebulosidade**, refere-se à fração do céu coberta pelas nuvens quando observado de uma localização em particular
6. **Insolação**, quantidade de irradiação solar, livre da interferência de nuvens, nevoeiros e qualquer outro obstáculo à passagem da incidência solar;
7. **Evaporação total**, quantidade de água em estado líquido no solo e nos seres vivos (evapotranspiração) que passa para o estado gasoso para a atmosfera;
8. **Balanco hídrico**, é uma contabilidade de entradas e saídas de água no solo, que informa o ganho, a perda e o armazenamento de água

Essas considerações foram tomadas do Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal (2012) com base nos parâmetros climáticos da Estação Climatológica de Brasília, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A estação está alocada nas coordenadas geográficas de Latitude 14,1331° e Longitude 47,5231° W na porção central do distrito a uma altitude aproximada de 1.260 m. As séries climatológicas utilizadas, ou normais climatológicas, se referem ao período entre 1960 e 1990 (INMET, 2008).

Dados de precipitação pluviométrica anual de outras estações, sendo 44 estações no Distrito Federal e mais 11 outras localizadas no Entorno, foram também apresentados para séries de dados com no mínimo 14 anos contínuos.

Analisados em conjunto (Figura 3.13), esses dados mostram boa correlação entre os dados, sendo a sazonalidade num período de doze meses a característica marcante. Essa última é dada pela intercalação de um período mais longo de sete meses de clima úmido, entre outubro e abril e, seguido por um período um pouco mais curto e médio de cinco meses com clima seco, entre maio e setembro.

Os períodos chuvosos com maiores instabilidades atmosféricas, no que resulta em precipitações e nebulosidades elevadas e baixas insolações, começam em outubro, têm o seu pico em dezembro e janeiro e, diminuem progressivamente até o início da estação seca em maio. As médias pluviométricas mensais atingem mais de 200 mm nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. Ocorrem durante a primavera e o verão quando as temperaturas e umidades estão elevadas, enquanto as pressões e evaporações são baixas. A média anual de temperatura é de 21,2° C.

Os períodos de menores temperaturas apresentam picos mais baixos em junho e julho que coincidem com as maiores pressões atmosféricas. A temperatura média mensal neste bimestre é de 19,1° C. No geral as pressões diminuem nos meses mais quentes, com exceção de setembro que, apesar de apontar as mais altas temperaturas, mostra pressões médias, provavelmente por marcar a transição para o período chuvoso. O valor médio anual verificado é de 887,3 hPa.

Entre maio a setembro as precipitações pluviométricas são bastante reduzidas, com médias abaixo de 50 mm. Os valores de nebulosidade são praticamente nulos e a baixa umidade torna o clima bastante seco, principalmente no final do período, em setembro. Neste final de seca são registrados também os maiores picos de evaporação, insolação e temperatura. Colaboram com esse período mais seco as constantes queimadas que ocorrem no Cerrado, naturais ou provocadas, nas áreas rurais e periurbanas.

O cálculo do balanço hídrico utilizou a metodologia de Penman Montheith que consiste na determinação dos excedentes e déficits de água no solo, a partir de informações de precipitação e temperatura. O balanço hídrico entre precipitação e evaporação para o Distrito Federal mostra um déficit durante maio a setembro com recuperação em outubro e superávit nos demais meses. A evapotranspiração real fica em torno de 900 mm anuais (Figura 3.14).

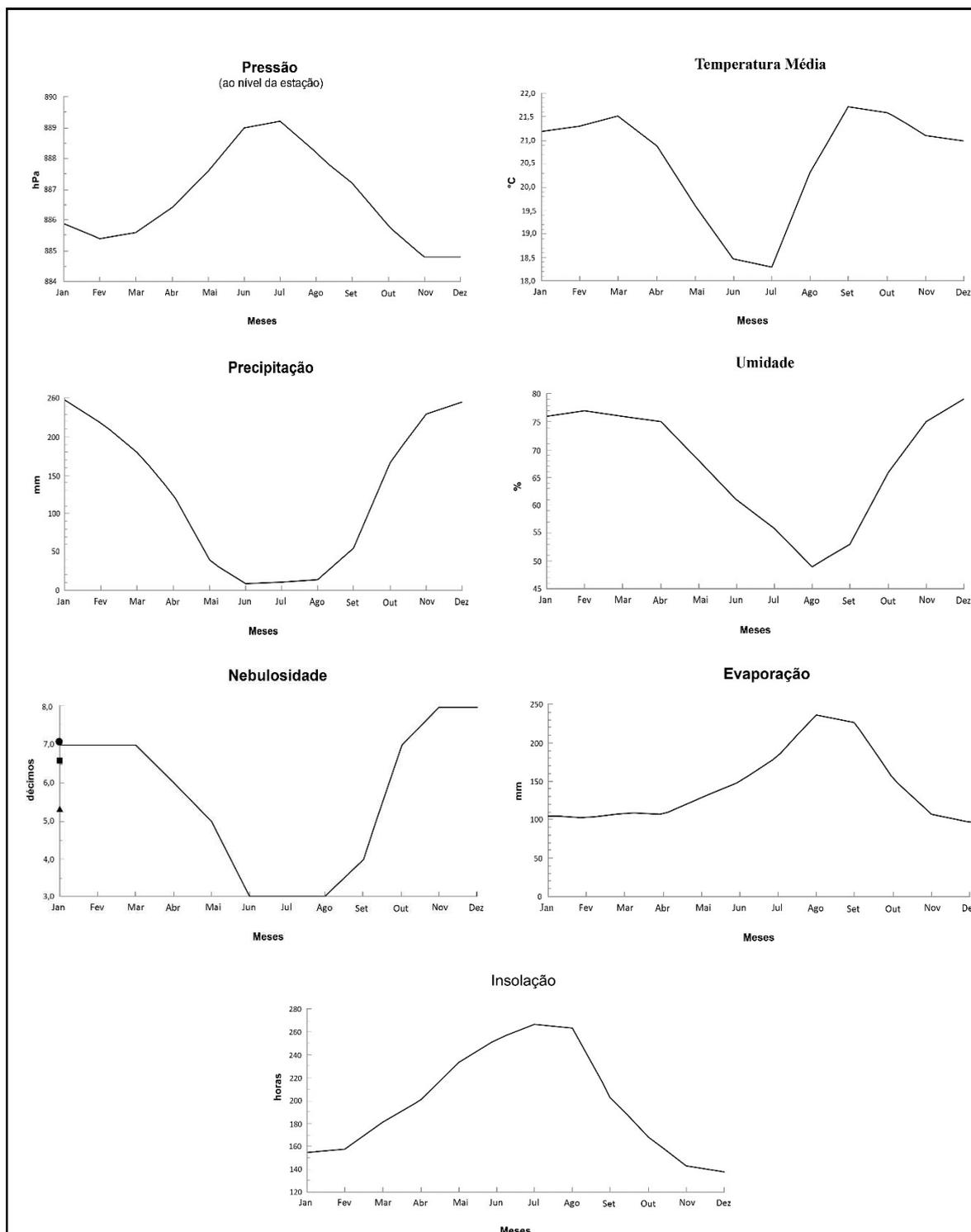


Figura 3.13 - Curvas anuais médias entre 1961 a 1990 dos parâmetros climáticos de pressão, temperatura, precipitação pluviométrica, umidade, nebulosidade, evaporação e insolação atmosféricas do Distrito Federal da Estação Climatológica de Brasília. Adaptado de INMET (2008).

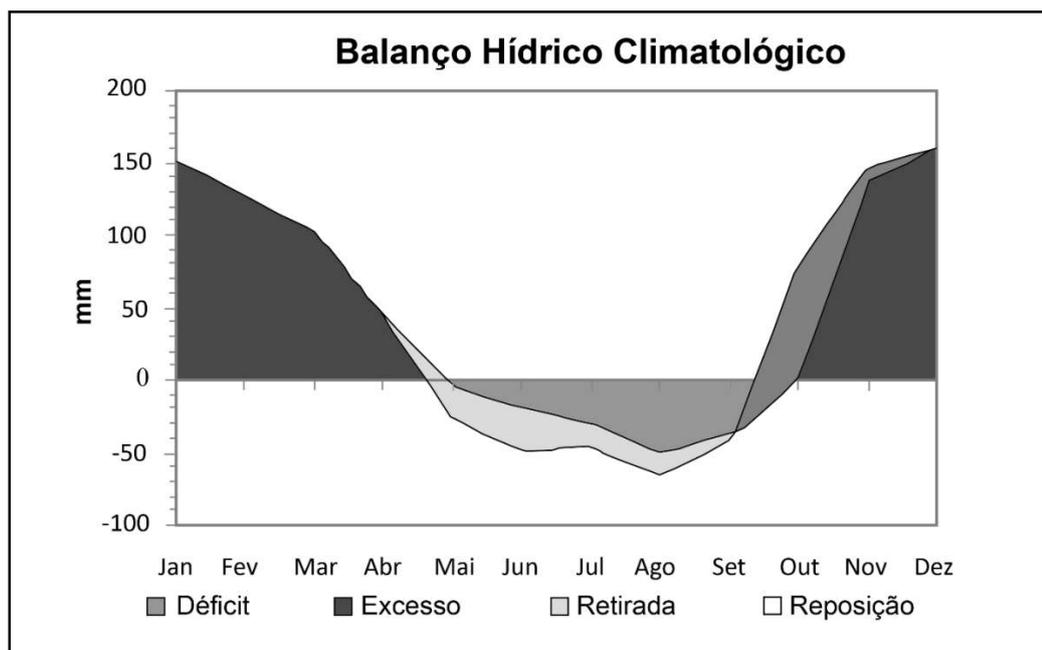


Figura 3.14 - Balanço Hídrico da Estação Climática Brasília, entre 1961 a 1990 (IMET, 2008).

A precipitação média anual com base nas 54 estações climáticas da região é mostrada na figura 3.15. Segundo Martins e Baptista (1998), essa média é da ordem de 1500 mm, sendo que existe uma distribuição irregular, em que as menores alturas pluviométricas anuais ocorrem na porção leste, entre 700 a 1100 mm, e as taxas mais elevadas, entre 1550 a 1890 mm, estão concentradas em dois pontos a noroeste e na extremidade sudoeste do Distrito Federal.

Segundo a classificação climática de Köppen²³ (KÖPPEN; GEIGER, 1928) no Distrito Federal podem ocorrer, em função de variações de temperaturas médias e de altitude, três climas distintos (Figura 3.16), quais sejam:

Tropical Aw (clima tropical com estação seca no inverno) que ocorre nas bacias dos rios São Bartolomeu, Preto, Descoberto/Corumbá, São Marcos e Maranhão, onde as cotas altimétricas estão abaixo de 1000 m e a temperatura mais baixa não ultrapassa os 18°C;

²³ A **Classificação Climática de Köppen** é o sistema de classificação climática mais utilizado. Parte-se do pressuposto de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima nela prevalente. Na determinação dos tipos climáticos de Köppen-Geiger são considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação.

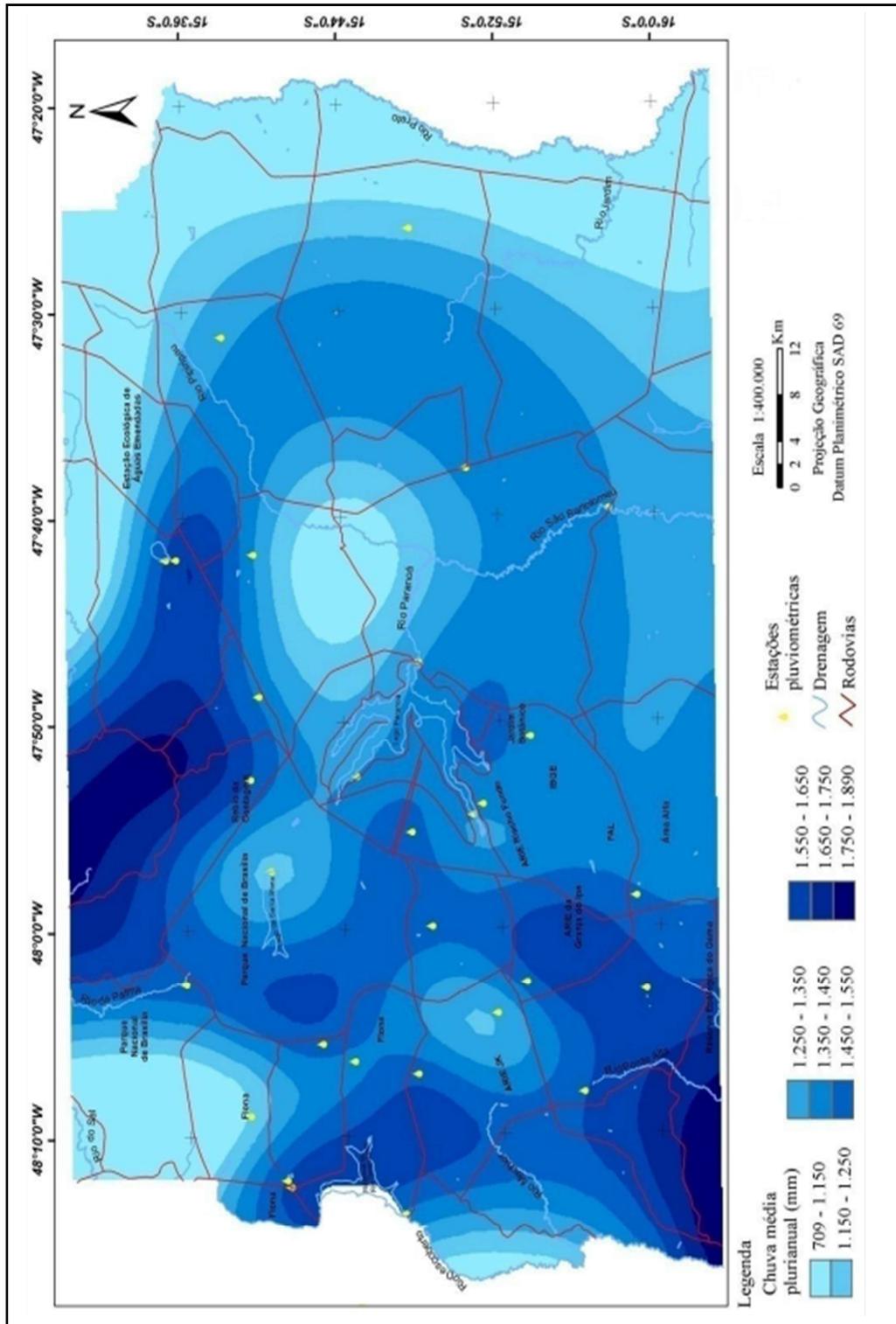


Figura 3.15 - Mapa da distribuição da precipitação pluviométrica média do Distrito Federal pelo método de interpolação Krigagem de 54 estações climáticas do Distrito Federal e do Entorno (GDF, 2012, fonte: Gonçalves, 2007).

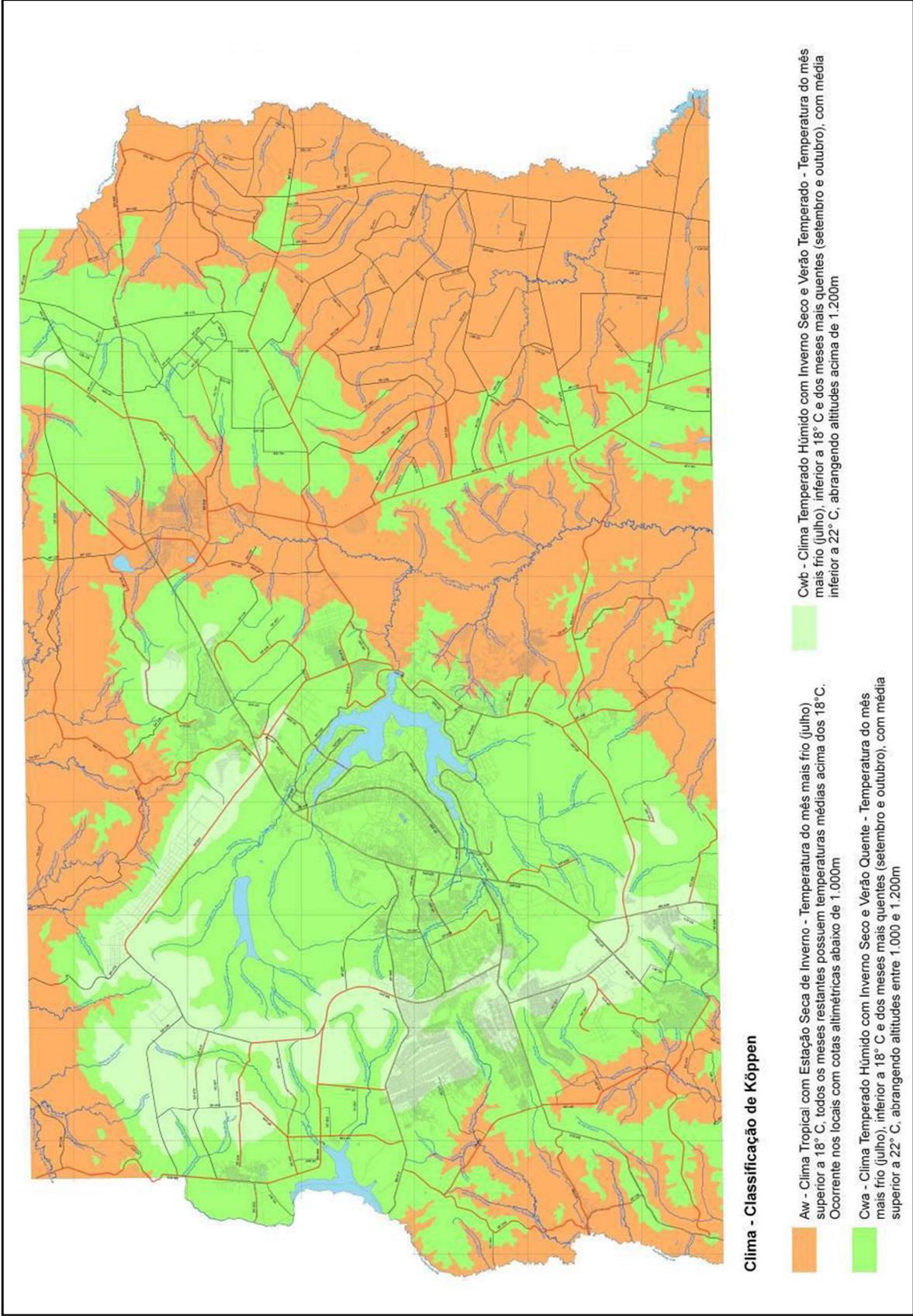


Figura 3.16 - Classificação climática segundo os critérios de Köppen para o Distrito Federal (CODEPLAN, 1984).

Tropical de Altitude Cwa que ocorre nos Planos Intermediários de Brasília entre as cotas de 1.000 a 1.200 m e com temperaturas no mês mais frio, inferiores a 18°C e com média superior a 22°C, no mês mais quente;

Tropical de Altitude Cwb dos Planos Elevados da Contagem com cotas altimétricas acima de 1.200 m, com temperaturas no mês mais frio, inferiores a 18°C e com média superior a 22°C no mês mais quente

3.2

MEIO BIÓTICO

Mesmo sendo o meio físico o enfoque da presente tese, se faz necessário tecer alguns comentários sobre a evolução do meio biótico, que trata especificamente do Cerrado, uma vez que ambos são interdependentes desde, pelo menos, os processos de pediplanação que geraram as superfícies aplainadas no Neocretáceo/Paleógeno (VASCONCELOS, 1996; MAMEDE, 1996) durante o Ciclo erosivo Sulamericano.

O bioma Cerrado é caracterizado como um conjunto de tipo fitofisionômicos distribuídos entre formações florestais – mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerradão -, formações savânicas – cerrado no sentido restrito, parque de cerrado e palmeiral – e formações campestres – campo sujo, campo rupestre e campo limpo (RIBEIRO; WALTER, 1998). Os Cerrados se distribuem em regiões de planaltos e áreas rebaixadas sobretudo no Centro-Oeste brasileiro e como enclaves nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste (ADÂMOLI *et al.*, 1987; DIAS, 1992).

Além da relevância do bioma Cerrado para a evolução das paisagens do Planalto Central Brasileiro como agente bioquímico na alteração das rochas e formação dos solos, a sua posição central no continente sul-americano, favorece o contato com outros grandes biomas nacionais. A ocorrência sobre o divisor de águas (Mega Inflexão dos Pirineus) das grandes bacias hidrográficas do Amazonas, Paraná e São Francisco na região centro-leste de Goiás, incluso o Distrito Federal, considerada sua área nuclear, coloca-o como um corredor ecológico entre os vários biomas por meio das conexões de seus rios e matas de galeria (BARBERI; RIBEIRO, 2008).

O estudo das variações fitogeográficas do Cerrado ao longo do tempo geológico, por meio da palinologia e datações por isótopos de Carbono, permite

desvendar os paleoclimas que operaram no centro-oeste do Cretáceo ao Holoceno. Os paleoclimas são determinantes na pedogênese e uma vez que os diferentes tipos de solos exercem um controle importante sobre a biodiversidade dos cerrados (BRASIL, 1990), tal ferramenta compreende um elo entre clima/vegetação-solo, podendo contribuir substancialmente na compreensão da evolução geomorfológica da região.

A reciprocidade desta relação sistêmica também é defendida do ponto de vista ecológico:

Estabelecer os fatores determinantes da rica e variada composição florística e do aspecto peculiar de suas diferentes fitofisionomias tem-se constituído no objetivo constante dos trabalhos sobre os cerrados. Entretanto, as relações entre os atributos bióticos e abióticos responsáveis pelas diferentes fitofisionomias desse bioma podem ser melhor compreendidas por uma abordagem inter e multidisciplinar que envolva também o fator tempo geológico e considere todos os processos climáticos, geológicos e ecológicos ocorridos na América do Sul a partir principalmente do Mesozoico (BARBERI; RIBEIRO, 2008, p. 19).

A evolução das paisagens do Planalto Central com base em estudo de palinologia apresentado por Barberi e Ribeiro (2008), compilado de diversos autores, é resumido aqui com enfoque na região nuclear do cerrado, onde o Distrito Federal se encontra.

As condições iniciais favoráveis ao desenvolvimento das floras neotropical sulamericanas, incluindo o Cerrado, se deu no Neocretáceo e início do Paleógeno há 65 Ma quando a América do Sul, separada da África, seguia seu caminho para latitudes mais baixas e quentes. Desta época já são reconhecidos gêneros de plantas correspondentes aos tipos recentes (HOOGHIEMSTRA; VAN DER HAMMEN, 1998; VAN DER HAMMEN; HOOGHIEMSTRA, 2000).

Durante o Paleoceno, segundo a palinologia, as condições ambientais eram oscilantes entre quentes e úmidas a quentes e secas. Nos períodos quentes e úmidos formavam-se coberturas lateríticas e, nas fases secas, processos de pediplanação geravam superfícies aplainadas (Vasconcelos, 1996; Mamede, 1996), não diferindo dos estudos de pedologia. No Eoceno as maiores precipitações, mais altas que as atuais, propiciaram alta diversidade florística (VAN DER HAMMEN; HOOGHIEMSTRA, 2000).

Na passagem do Paleógeno para o Neógeno, por volta de 23 Ma, grande parte da drenagem do noroeste da Amazônia dirigia-se para norte, mas no Mioceno Médio

começa a se formar o Rio Amazonas com curso para o Caribe e somente no Mioceno Superior, há 7 Ma, o Rio Amazonas passa a correr para o Atlântico. Com a elevação dos Andes durante o Plioceno a reordenação da drenagem define a Bacia Hidrográfica Amazônica, criando-se uma área de alta pluviosidade no seu extremo oeste. As mudanças paleogeográficas e tectônicas causaram grande redistribuição dos grupos taxonômicos, provocando forte endemismo no continente sulamericano. Essas mudanças ambientais contribuíram ora com extinções, ora com evolução e especiação, mas com balanço final positivo que favoreceu a alta biodiversidade da flora tropical.

Durante as mudanças do Mioceno ao Plioceno, entre 12 a 1,6 Ma, nas regiões baixas continentais de climas mais secos, seja a norte da Amazônia ou a sul, as savanas, savanas arbóreas, florestas semi-decíduas e cerrados se estabilizaram gradualmente nas suas posições atuais (HOOGHIEMSTRA; VAN DER HAMMEN, 1998). Os climas mais secos, evidenciados pela flora encontrada, corroboram os estudos pedológicos que indicam um período de predomínio de intemperismo físico em clima seco.

Mudanças climáticas globais devido aos eventos tectônicos ocorridos durante o Cenozóico e as variações nos parâmetros orbitais da Terra que resultaram na queda de energia solar sobre a superfície terrestre levaram, ao final do Plioceno, na passagem para o Quaternário, a ocorrência mais frequente de glaciares intercalados a interglaciares (SALGADO-LABOURIAU, 1994; SUGUIO, 1999).

As glaciações quaternárias tiveram mais influência sobre o relevo na região Andina, enquanto que nas terras baixas tropicais estimularam a adaptação ou modificação de novas espécies oriundas das montanhas andinas. No entanto, o impacto da queda de temperaturas causou um balanço geral negativo com maiores extinções que geraram menor biodiversidade no Pleistoceno em relação ao Mioceno no interior do continente (VAN DER HAMMEN; HOOGHIEMSTRA, 2000). Nos estudos pedológicos as glaciações não foram registradas nas rochas do Distrito Federal.

Dentre as várias glaciações do Quaternário somente a última – Würm/Wisconsin (90 – 13 mil anos) deixou registros paleoecológicos que possibilitam identificar modificações e distribuição da vegetação de cerrados nas terras baixas tropicais. E somente quando da fase final da glaciação, entre 20.000 a 10.000 anos, têm-se o registro, devido às condições frias e secas acentuadas, da retração da floresta úmida da Amazônia e a expansão das savanas e cerrados com distribuição

diferente da atual (CLAPPERTON, 1993). Alguns pesquisadores advogam que a expansão das savanas foi de tal monta que fragmentou a floresta úmida da Amazônica (HAFFER, 1969; BIGARELLA, 1964; AB'SABER, 1977; CLAPPERTON, 1993; BIGARELLA; BECKER; VAN DER HAMMEN; HOOGHIEMSTRA, 2000), enquanto outras defendem apenas sua retração (COLINVAUX; OLIVEIRA, BUSH, 2000).

Estudos palinológicos mostram que os limites atuais do Cerrado abrigam os registros mais antigos que são: de 60 mil anos, idade extrapolada, na Serra dos Carajás no Pará, a norte; cerca de 50 mil anos, idade inferida, na Serra do Salitre em Minas Gerais, a leste, e de 40 mil anos em Lagoa da Serra Negra, a sul, em Minas Gerais. A vegetação dessas áreas provavelmente respondia a condições de temperatura mais baixas e com precipitações mais oscilantes que as atuais.

Na área nuclear os registros mais antigos datam de 44 mil anos, idade extrapolada, encontrados na Planície Aluvial do Rio Meio-Ponte, Goiás. Entre essa idade e 23 mil anos os registros indicam alta diversidade devido a condições ambientais úmidas com temperaturas amenas. A partir de 20 mil anos ocorre uma tendência generalizada e acentuada na precipitação quanto na temperatura, com retração de vegetação arbórea e expansão de vegetação aberta. Barberi (2001) identifica evidências de exposição do solo e sedimentação detrítica na região do Distrito Federal para a mesma época.

Na passagem do Pleistoceno para o Holoceno (8.000 a 6.000 anos) as temperaturas mais altas e condições úmidas mais constantes trazem a vegetação arbórea novamente ao contexto, com veredas das matas ciliares. Dá-se o princípio da dominância dos táxons de cerrados e queda na diversidade em relação ao conjunto florístico atual.

Com o aquecimento global iniciado no Holoceno, instalam-se efetivamente nos últimos 7 mil anos as condições gerais de aumento de precipitação e de temperatura, com oscilações frequentes de precipitação. O aumento de temperatura expulsa os táxons de clima mais frio e permite o avanço das veredas, matas de galeria e dos cerrados arbóreos e a dominância da biodiversidade atualmente conhecida (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 1995).

A presença de partículas de carvão em registros pleistocênicos, anteriores às primeiras ocupações humanas no Planalto Central, tem sido apontado como evidência da ação de queimadas naturais como fator integrante da dinâmica e evolução dos

cerrados (*apud* BARBERI; RIBEIRO, 2008). Tais registros são importantes fontes de correlação entre queimadas naturais e antropogênicas.

A figura 3.17 apresenta um desenho esquemático da evolução das fitofisionomias do Cerrado desde o final da última glaciação (Pleniglacial Superior – de 28 mil a 13 mil anos) até o Holoceno Médio quando da estabilização da província florística atual presente na área nuclear que inclui o Distrito Federal.

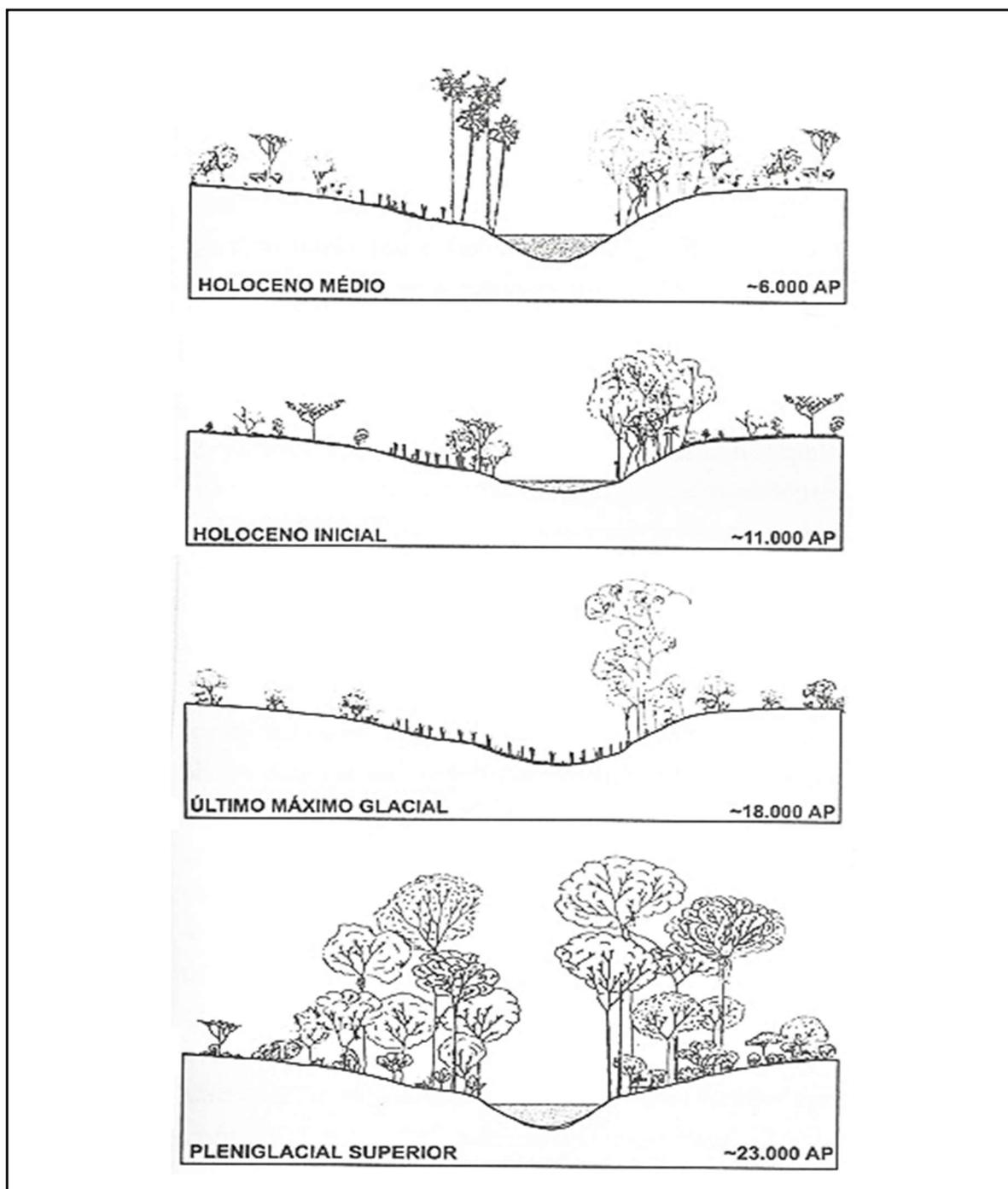


Figura 3.17 - Representação esquemática da evolução das fitofisionomias do Cerrado na área nuclear dos cerrados do Planalto Central brasileiro no decorrer do Quaternário Tardio (BARBERI, 2001).

As variações paleoclimáticas interpretadas à luz dos estudos palinológicos evidenciam mais uma vez a relação sistêmica intrínseca entre diferentes parâmetros físicos, entre eles a latitude, altitude, o condicionamento geotectônico, a compartimentação geomorfológica local e regional, tipos de solos, clima regional e local e parâmetros biológicos, incluindo a cobertura vegetal, queimadas e ação antrópica. Os fatores atuaram em conjunto no continente sul-americano, principalmente a partir do Neógeno e durante o Pleistoceno e que justificam o mosaico atual das áreas de cerrado e sua grande biodiversidade (BARBERI; RIBEIRO, 2008).

4. A EVOLUÇÃO DO MEIO FÍSICO DO DISTRITO FEDERAL: HISTÓRIA AMBIENTAL

A historiografia (do sufixo grego *grafia*, escrever, que precede o termo história) ambiental que busca a memória da história com a percepção de que mudanças ambientais são produzidas também pela interação entre fatores humanos e naturais vem sendo delineada, com maior ênfase, desde o advento da Revolução Industrial. No entanto, ao traçar um breve histórico dessa relação, percebe-se que desde o século XVIII até meados do século XX, a epistemologia da história ambiental, como de qualquer área da ciência, vem sendo construída com o desenrolar de descobertas específicas das ciências naturais que representaram marcos norteadores desse pensamento (BARAGLIO, 2014).

Cientistas naturais do século XVIII em suas investigações dos aspectos físicos e biológicos da natureza defendiam teorias que buscavam explicar acontecimentos passados, especialmente os geológicos, pela observação e comparação com eventos presentes. Essas ideias que usavam os “fatos atuais” como chave para o passado definiram os princípios do Atualismo (FARIA, 2014). Nas ciências naturais essas ideias incutiram uma primeira quebra de que o todo ao redor teria sido criado exclusivamente por poderes divinos em um curto prazo de tempo e que a natureza permaneceria imutável ao longo de qualquer tempo que fosse.

Os naturalistas Jean-André De Luc (1727-1817), James Hutton (1726-1797) e Charles Lyell (1797-1875) ao identificarem diferentes tipos de rochas, com ou sem conteúdo fossilífero, entendiam que os fatores responsáveis pelos eventos presentes teriam sido exatamente os mesmos para explicar eventos de um passado remoto registrados nas rochas. Advogavam assim, a favor da Teoria do Uniformitarismo. Essa teoria mostrava uma natureza sob condições físicas constantes e contínuas, sem variação de qualquer espécie, ao longo do tempo. Por outro lado, cientistas como Georges Cuvier (1769-1832) acreditavam, mesmo defendendo também o princípio do Atualismo, que ocorreram rupturas na continuidade dos processos naturais. Para esse grupo de pesquisadores mudanças drásticas ambientais explicariam a extinção de vidas passadas ou a ocorrência de episódios não contínuos, mas limitados pelo tempo, de fenômenos físicos que foram mais intensos no passado do que na atualidade. A Teoria do Catastrofismo, como ficou conhecida, mostrou uma natureza não tão estática em comparação com o Uniformitarismo. Entretanto, ambas teorias já

vinculavam os aspectos biológicos e físicos como atores dos processos naturais que ocorriam na superfície terrestre e que os mesmos poderiam ocorrer ao longo de muito tempo. As pesquisas de Charles Darwin (1809-1882) sobre a sucessão e evolução biológica corroboraram ainda mais a nítida influência que o meio físico exerce sobre a determinação da vida e evidenciavam que mudanças, a curto e longo prazo, poderiam acontecer nessa sucessão (FARIA, 2014). A recíproca, de que o meio biótico também altera as condições físicas, vem sendo discutida por diversos pesquisadores ao longo dos séculos.

Na passagem entre os séculos XIX e XX, novas pesquisas científicas contribuíram com uma mudança epistemológica de grande impacto no que se refere à noção de tempo de ocorrência e interação dos eventos biofísicos terrestres. As descobertas da radioatividade e energia eletromagnética por Marie Curie (1867-1930), Pierre Curie (1895-1906), Lord Rayleigh (1842-1919) e Rutherford (1871-1937) provocaram uma ruptura dos marcos cronológicos que permitiram, a partir de então, contabilizar a duração dos eventos naturais em escala de milhões e bilhões de anos. A nova possibilidade de cronometrar aspectos do meio físico, aliada aos princípios do Atualismo, vislumbrou quão longos podem ser os efeitos de fatos acontecidos no passado e como, por analogia, podem ser previstos os efeitos dos fatos que estão acontecendo hoje para um tempo vindouro. A partir das descobertas fica evidente a relação sistêmica dos aspectos abióticos e bióticos do planeta em qualquer escala de tempo, incluindo a partir daí o Tempo Profundo.

Em meados do século XX, a constatação irrefutável da Teoria da Tectônica de Placas de Alfred Wegner que sugeria uma reconfiguração constante da crosta terrestre por processos cíclicos endógenos, somados aos processos exógenos, revolucionou o pensamento científico sobre o comportamento da natureza. A tectônica de placas possibilitou tanto validar as teorias do Uniformitarismo como do Catastrofismo, comprovando os princípios do Atualismo, como integrar todo e qualquer processo biofísico ao longo da história terrestre. Enquanto a datação por isótopos instáveis (radioativos) permitiu quantificar em idades precisas os processos (FARIA, 2014).

A partir de então a Terra é entendida como um sistema dinâmico onde todos os seus aspectos se inter-relacionam em processos cíclicos naturais num *continuum* que respeita uma cronologia que findará após o cessar da movimentação tectônica. Qualquer evento passa a ser entendido tanto como efeito de eventos passados ou como causa para eventos futuros. A ausência de alguns registros antigos dessa

história coloca em evidência outro fato importante, os processos naturais podem também eliminar as provas que comprovam os acontecimentos pretéritos e assim sendo, os registros dos acontecimentos atuais podem conseqüentemente serem modificados ou apagados num futuro próximo ou distante. Assim, a Teoria da Tectônica de Placas se torna a teoria unificadora dos processos naturais que podem justificar acontecimentos e suas inter-relações desde os primórdios do planeta até os dias atuais e que possibilita por dedução prever um futuro planetário (CELINO *et al.*, 2003).

Cabe ressaltar que influências externas ao planeta como radiações cósmicas e solares e queda de meteoros, portanto alheias aos processos tectônicos, são também responsáveis pela condução da história terrestre, colocando o planeta como elemento do sistema universal maior, mas que não serão discutidas nesse trabalho.

Dentro dessa nova visão, é desmantelada a natureza imutável e de recursos infindáveis, passível de ser explorada pelo seres humanos. Se todos os aspectos terrestres interagem e influenciam uns aos outros, seria lógico extrapolar o mesmo pensamento ao comportamento humano.

(...) o planeta Terra se revela cada vez mais como uma realidade antiga, poderosa e diversificada, que já sofreu gigantescas transformações biofísicas ao longo de sua trajetória. Por ele já passaram inúmeras formas de vida, das quais a espécie humana é uma das mais recentes (CHRISTIAN, 2003).

Ao ponto em que chegou a epistemologia da história planetária fica claro que essa história se funde com a história humana. É nesse contexto que a História Ambiental surge e se torna uma área importante nos dias atuais, até porque a própria história geológica se tornaria incompleta ao desconsiderar a influência humana.

“A história ambiental, como ciência social, deve sempre incluir as sociedades humanas. Mas também reconhecer a historicidade dos sistemas naturais. O desafio, repetindo, é construir uma leitura aberta e interativa da relação entre ambos” (PÁDUA, 2010, p. 97).

Mesmo considerado ínfimo o tempo de existência humana sobre o planeta ao ser comparado com o tempo geológico, os impactos antropogênicos têm se mostrado de grande importância na configuração do meio físico e biótico no que acarretam mudanças ora positivas, ora negativas, sendo essas últimas causas de preocupações futuras de médio a longo prazo que afetam sua própria qualidade de vida.

Isto posto, inclui-se nessa tese de doutoramento a história ambiental do Distrito Federal como fase final da evolução do meio físico da área, lembrando que, seja geológica ou ambiental, ambas histórias conjugam da mesma característica intrínseca de serem áreas transdisciplinares das ciências. A conjugação entre ciências exatas e sociais só amplia ainda mais a visão trans- das ciências em geral, sem, contudo, se valer das especificidades de todas as áreas envolvidas.

Importante ainda salientar a dificuldade básica enfrentada e a maneira de resolvê-la dos historiadores ambientais ao buscar a sequência dos fatos, bastante similar aos métodos geocientíficos.

O historiador ambiental, ou o eco-historiador, preocupado em identificar as características ambientais passadas de uma região submetida a grandes alterações, assim como a leitura e a utilização que os homens do passado faziam do meio natural, defronta-se com o problema das fontes. Elas raramente tratam diretamente do assunto, levando o pesquisador a trabalhar por meio de inferências. No caso em questão, o problema é ainda maior para os séculos anteriores à efetiva ocupação colonial, quando os registros escritos são escassos (COSTA, 2012, p. 169).

4.1

CIVILIZAÇÕES HUMANAS E IMPACTOS AMBIENTAIS NO DISTRITO FEDERAL

Os primeiros registros de civilizações humanas, populações pré-históricas, na região central do Brasil, área nuclear do bioma Cerrado, evidenciam um intuito diverso das primeiras ocupações europeias do século XVI e demais ocupações que se seguiram. Dentre diversos estudos por todo o bioma optou-se por resumir aqui a compilação apresentada por Barbosa (2008), sobre o Estado da Arte das ocupações indígenas pré-colonização no Cerrado, baseadas principalmente em estudos arqueológicos.

O período colonial encontra-se mais detalhadamente compilado na obra de Bertran (2011) que se baseou principalmente em estudos de toponímia²⁴ registrada na cartografia, em língua portuguesa e, sobretudo, em língua indígena.

²⁴ **Toponímia** (do grego *tópos*-, lugar e *-nimia*, nome) estuda os topônimos, ou seja, nomes próprios de lugares, da sua origem e evolução; é considerada uma parte da linguística, com fortes ligações com a História, Arqueologia e a Geografia.

Por volta de 11.000 anos atrás, durante o Holoceno, após a última glaciação, as populações andinas mais antigas na América do Sul são atraídas pelas condições favoráveis das áreas abertas do centro do continente, dominadas pelas fitofisionomias do Cerrado. O relevo de planaltos e clima ameno com pouca variação ao longo do ano, moldados ao longo dos milhões de anos anteriores, foram fatores determinantes das ocupações. Nesta época a diversidade da fauna e frutos endêmicos do Cerrado e facilidade em encontrar abrigos naturais favoreceu a cultura nômade dos bandos de caçadores e coletores que migravam constantemente pelos planaltos da região. Em bandos de poucas pessoas, por vezes como uma única família, e com divisões de tarefas por gênero, os caçadores-coletores dependiam diretamente de todo e qualquer recurso natural para sobreviverem.

A relação que mantinham com a natureza, uma vez que não fabricavam artefatos mais sofisticados do que pedras lascadas - indústria lítica - nem cultivavam seus alimentos, era de sincronia com os ciclos e processos naturais. As regras gerais de sobrevivência eram se adequar as variações sazonais ao longo do ano, durante os períodos chuvosos a fartura do Cerrado permitia a migração pelos ambientes campestres, cerradões, matas e ambientes ribeirinhos. Nas épocas de seca as migrações se concentravam em ambientes ribeirinhos. Acredita-se que a localização de abrigos próximos às fontes de recursos naturais, no que resultou em migrações restritas, associadas a longos períodos de precipitação de chuvas, podem ter sido fatores facilitadores para ocupações mais prolongadas, agrária e criadora, na mesma região, marcando uma transição de culturas. A chegada de grupos horticultores ao Cerrado também pode ter influenciado a mudança de cultura.

Durante 2.000 mil anos a cultura de exploração direta do Cerrado manteve-se inalterada, ocupou uma extensa área com cerca de dois milhões de quilômetros quadrados, onde hoje se encontram os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins, oeste da Bahia e de Minas Gerais e áreas restritas do Cerrado no Nordeste, notadamente nos estados de Pernambuco e Piauí.

A falta de registros que datam entre 9.000 a 2.000 atrás impossibilita relatar a história da ocupação humana nesse período e a transição para as culturas horticultores e ceramistas com territórios definidos em épocas bem mais recentes, a

partir de aproximadamente 2.000 anos. Sabe-se que os grupos ceramistas, de diferentes tamanhos, se subdividiram em várias tradições que ocuparam diferentes domínios morfogenéticos dos planaltos centrais. As ocupações aconteceram de maneira isolada ou compartilhando territórios adjacentes, com destaque à Tradição Aratu/Sapucaí que ocupou o centro-sul e leste de Goiás. Mesmo assentados, esses grupos com técnicas de olaria, cultivo e criação de animais, ainda exploravam os recursos naturais de maneira sustentável, apenas para sobrevivência.

A maioria dos representantes das diversas tradições ocupava seus territórios sem interferência do homem branco europeu do período colonial, o bandeirante, que começou a ocupar o Cerrado no século XVI. Exceção feita à Tradição mais recente, a Tupiguarani, que teve contato direto com os bandeirantes e sofreu mais com os deslocamentos, escravidão, mortes e “pacificação”.

A partir de então, a visão econômica dos exploradores europeus de retirar recursos naturais, notadamente ouro e pedras preciosas, além de escravizar outros seres humanos deixa de ter um caráter sustentável. A diferença ocupacional do território do Cerrado já havia sido notada mesmo antes por historiadores passados, como Joseph de Mello Álvares, autodenominado considerado o primeiro pesquisador científico da região, que segundo Bertran (2011) faz essa distinção em seus textos:

Vimos com Mello Álvares que, em fins do Século XIX, havia amplo conhecimento e utilização dos recursos naturais do cerrado, **por certo aprendidos do indígena**, ao que se acrescenta a diversificada agropecuária introduzida com suas espécies exóticas pelo colonizador. É um cenário que ainda hoje se conserva, o dos **sítios auto-suficientes**, mesmo se em processo de rarefação, em diversos rincões do Planalto, verdadeiros museus vivos de uma **ciência antrópica na lida racional com o delicado ecossistema do cerrado**. (BERTRAN, 2011, p. 29, grifo nosso).

Nas proximidades e no Distrito Federal, especificamente, foram encontrados na década de 1990 do século passado diversos sítios arqueológicos com utensílios de populações pré-ceramistas (caçadores, coletores) e ceramistas (horticultores). Nos limites do Distrito Federal, nas localidades do Gama, Taguatinga, Santo Antônio do Descoberto mais de vinte sítios foram identificados, mas ainda carecem de estudo (BERTRAN, 2011). Em Planaltina de Goiás, Martins (1983) escavou um sítio arqueológico com aproximadamente 4 mil peças de uma oficina lítica que se acredita ser tão antigo quanto a sítios próximos escavados por Andreatta em 1985 que forneceram idades de até 10.600 anos.

Com relação aos grupos indígenas que se supõem terem ocupado o Distrito Federal:

Pelos relatos históricos, a região do Distrito Federal configura-se como território de caça e pequena agricultura de antigos grupos Macro-Jê. E ponto de contato de suas *sub-etnias*: os Caiapó, senhores do vale do Corumbá, ao Sul; e os Acroá ou Acwa, ao Norte, a que julgamos pertencerem à extinta nação dos Crixá e Acroá, assim como os atuais Xavante, Xerente e Xacriabá. Os índios Goiá, parece, foram grande nação, ocupando Minas e Goiás no século XVII, foram totalmente exterminados pelos Caiapó antes da Conquista (BERTRAN, 2011, p. 26).

4.1.2

HISTÓRIA COLONIAL

Com a chegada dos portugueses ao Brasil no início do século XVI as principais ocupações coloniais aconteceram ao longo do litoral, enquanto as terras interioranas do Centro-Oeste permaneceram por mais tempo pouco conhecidas por esses europeus e escravos africanos que os acompanhavam.

Somente no final desse século, em 1589, a primeira bandeira, com o intuito tanto de obter riquezas naturais como metais e pedras preciosas, como de escravizar índios para o trabalho em lavouras açucareiras do Nordeste, alcança o interior do estado de Goiás. O mito do lago dourado que verteria ouro em grande quantidade a seus exploradores foi um dos grandes motivadores das primeiras bandeiras no interior goiano. Mas, é o salitre, ou nitrato de potássio, que é encontrado pouco a norte do DF, nos rios Maranhão e Paranã. A região aurífera do Rio Vermelho em Goiás só foi encontrada mais de um século depois pelos bandeirantes, retardando ainda mais os assentamentos definitivos de ocupações rurais e urbanas na região.

Apesar de todas as evidências contrárias, o mito do lago perdurou durante o século XVII, quando, na segunda metade do mesmo século, novo estímulo por parte das autoridades coloniais fez ressurgir novas entradas e bandeiras.

No entanto, mesmo antes da mineração, foi a pecuária nessa segunda leva de bandeiras que iniciou a ocupação do território goiano, estendendo-se desde a Bahia, passando pelas proximidades de Formosa e do rio Preto em Goiás e chegando a Minas Gerais. Presume-se que tais pastagens e a produção agrícola associada tenham ocupado também os planaltos do Distrito Federal na forma de grandes latifúndios. Somente no início do século XVIII, os depósitos de ouro de Goiás são

descobertos pelo bandeirante Bartolomeu Bueno da Silva, o Anhangüera. Nessa época as ocupações rurais e núcleos urbanos se tornaram mais frequentes.

Durante esses séculos de interiorização do território brasileiro pelos europeus e africanos, alguns aspectos culturais dos indígenas foram preservados como a culinária e ervas medicinais, mas pouco foi herdado dos costumes de convívio sustentável com o Cerrado, típico dos povos nativos.

A catequização, redução ou extermínio de muitas populações indígenas nesses séculos acabaram por estigmatizar os bandeirantes como homens cruéis e sanguinários. Coube a eles também a responsabilidade, juntos com os escravos africanos, pela miscigenação do povo brasileiro que, de certa forma, preservou alguns de seus costumes. Alguns ainda permaneceram isolados da influência europeia e mantiveram seus hábitos, mas proporcionalmente às ocupações posteriores, o balanço dos impactos ambientais desses últimos tem sido muito maior.

4.1.3

HISTÓRIA REPUBLICANA

No início do século XIX com a independência do Brasil da Coroa Portuguesa torna-se mais evidente a preocupação de se tomar posse efetiva das áreas interioranas tanto por razões estratégicas e políticas, como econômicas. A interiorização seria feita pela mudança da capital federal, então no Rio de Janeiro, para alguma localidade no centro do país. O sonho da nova capital federal começou a se oficializar a partir de 1823, quando em sua primeira Constituição, ainda no regime de Império, José Bonifácio de Andrada e Silva propõe e defende a mudança da capital para uma região mais central no país, próxima às vertentes do rio São Francisco. No final do mesmo século, com a promulgação da segunda Constituição Brasileira em 1891, nesse momento já na recém proclamada República, fica oficialmente estabelecida uma área específica nos planaltos do Brasil central, para demarcações futuras, do que seria a sede do governo federal. Em suas condições preliminares dispõe o 3º. Artigo da Constituição, “Fica pertencendo à União, no planalto central da República, uma zona de 14.400 quilômetros quadrados, que será oportunamente demarcada para nela estabelecer-se a futura Capital Federal” (BRASIL, 1891).

No ano seguinte à declaração da nova Constituição iniciam-se os trabalhos para reconhecimento e demarcação dessa área, cujos levantamentos se tornam os

primeiros relatórios descritivos oficiais e científicos do Planalto Central demandados pelo Governo.

Os trabalhos foram comandados pelo militar e cientista natural, dedicado principalmente à astronomia, Louis Ferdinand Cruls, que organizou dois grupos formados por cientistas e técnicos de diversas áreas, denominados respectivamente de Comissão de Exploração do Planalto Central do Brasil (1892-1893), conhecida como Missão Cruls, e Comissão de Estudos da Nova Capital da União (1894-1895).

A primeira missão teve com intuito explorar áreas potenciais para instalação do futuro Distrito Federal no Planalto Central e a segunda missão, delimitar a área de 14.400 km² prevista na Constituição de 1891 para sua construção. Os cientistas buscaram descrever os aspectos do meio físico no Brasil Central que melhores condições oferecessem, em termos de recursos naturais, para a construção da nova capital. Segundo exigências do então ministro dos Negócios da Agricultura, Comércio e Obras Públicas, Antão Gonçalves de Faria, que ocupou o cargo de novembro de 1891 a junho de 1892, o levantamento do meio físico para determinação de tal área deveria ser minucioso e científico:

“No desempenho de tão importante missão deveis proceder aos estudos indispensáveis ao conhecimento exato da posição astronômica da área a demarcar, da orografia, hidrografia, condições climatológicas e higiênicas, natureza do terreno, quantidade e qualidade das águas, que devem ser utilizadas para o abastecimento, materiais de construção, riqueza florestal, etc. da região explorada e tudo mais que diretamente se ligue ao assunto que constitui o objeto da vossa missão.

No decurso de tais trabalhos e tanto quanto possível, podereis realizar não só os estudos que julgardes de vantagem e utilidade para mais completo desempenho do vosso encargo, mas ainda os que possam concorrer para a determinação de dados de valor científico com relação a essa parte ainda pouco explorada do Brasil” (CRULS, 1995, p. 17-18).

Mourão (2010) chama a atenção para o caráter ambiental dessas missões em sua resenha na edição de 2010 da Missão Cruls quando comenta:

“Essas duas obras, entretanto, redigidas pelos especialistas e principais chefes dos grupos das duas comissões enviadas às regiões do planalto central brasileiro, sob a coordenação de Cruls, constituem os dois mais importantes registros de estudos ecológicos da nossa história no início da República.

Ao medirem a altitude da região, o fluxo dos rios, a umidade do ar e a intensidade das chuvas durante quase quatro anos, esses cientistas elaboram, um século antes, o procedimento que a Constituição de 1988 tornaria obrigatório: a realização de estudos de impacto ambiental antes de qualquer construção importante. Com efeito, os relatórios das duas expedições ao planalto central, em 1893 e 1896, constituem os dois primeiros Relatórios de Impacto de Meio Ambiente (Rima) realizados no Brasil”.

Discordamos parcialmente da colocação de Mourão (2010) uma vez que houve sim o interesse na escolha de um sítio que oferecesse as melhores condições ambientais para ocupação humana em seus diversos aspectos, mas, em termos de impacto ambiental, não houve e não existia em tal época a preocupação, de uso racional dos recursos naturais. Já desde as primeiras incursões das bandeiras, nas regiões de chapadas e morros do planalto central, já se fazia claro o caráter econômico e não sustentável das ocupações europeias que só veio a ser questionado em tempos mais recentes de mudanças climáticas globais.

A localização exata do atual Distrito Federal e sua área com pouco mais que 5.700 km² só foi estabelecida muitos anos depois, em meados do século XX, após outro levantamento, sob o comando do General Djalma Poli Coelho Albuquerque que presidiu a Comissão de Localização Da Nova Capital Federal, conhecida como Missão Poli Coelho que foi posteriormente concluída sob o comando do Marechal José Pessoa. Os trabalhos foram realizados pela companhia americana Donald J. Belcher e Ass. Inc., que por essa razão também ficaram conhecidos por Relatório Belcher, entregues em 1955 ao Governo Federal.

Neste último relatório, que acaba por revalidar os levantamentos anteriores de Cruls, o encantamento com o meio físico e a investigação científica são ainda aspectos notórios e decisivos para a escolha da área distrital, como menciona o General Poli Coelho Albuquerque no relatório final:

O Brasil deve ser louvado pelo fato de ser a primeira nação na história a basear a seleção do sítio de sua capital em fatores econômicos e científicos, bem como nas condições de clima e beleza.

(...)

Com êsse propósito, procurei fixar na zona preferida uma unidade topográfica, que reunisse o maior número de condições exigidas (bom clima, água potável abundante, fertilidade do solo, quedas d'água, materiais de construção, ausência de pântano), a fim de lançar a cidade em local digno da grandeza da nossa Pátria (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 1955, p. 31).

Na descrição, diversos estudos científicos de geologia, solos, topografia e hidrografia são tomados em conta para a definição de uso e instalação de infraestrutura urbanas, o que denota uma ocupação mais ordenada dos moldes civilizatórios europeus:

- a) estudo sobre a drenagem, apresentado sob forma de um levantamento topográfico, em escala 1/50 000, curvas de nível de 20 em 20 m;
- b) dados sobre utilização da terra;
- c) estudos geológicos;
- d) indicações sobre solos para engenharia;
- e) indicações sobre solos para agricultura;

f) indicações relativas a áreas para aeroportos, culturas, pastagens e recreação, área para centro da cidade, sobre suprimento de água por gravidade, aproveita hidrelétrico, águas subterrâneas; florestas, afloramentos rochosos e pedreiras, sistemas de esgoto por gravidade, divisores de águas e mais, estradas e regiões habitadas existentes e sugeridas (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 1955, p. 31).

Todos os recursos naturais são quantificados como abundantes e envoltos por ar puro e clima agradável durante todo o ano.

A preocupação com os impactos urbanos é mencionada indiretamente e comparada aos inconvenientes de grandes centros urbanos da época, mas com prognóstico positivo para uma futura capital com indústria própria e com uma previsão de contingente populacional aproximado de 500 mil habitantes até o ano de 2000, como desejado inicialmente.

(...) uma cidade administrativa e que, com o correr dos anos, poderá atingir a cifra de 500.000 habitantes, nível inicial desejado para não perturbar a vida administrativa da Capital do País. Não se deve procurar um paralelo com o Rio de Janeiro ou São Paulo, cidades administrativas e comerciais ao mesmo tempo sofrendo os graves inconvenientes que apresentam para sedes do Governo Federal. A cidade que se procura erigir no "Sítio Castanho"²⁵ terá, certamente, sua indústria própria; mas, com o vulto apenas suficiente à vida urbana e ao Distrito Federal que a envolve (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 1955, p. 61).

Contudo, essa previsão não se confirma nas primeiras décadas de existência da capital federal. A concretização de Brasília²⁶, a nova capital, iniciou-se no ano seguinte à entrega do relatório como promessa assumida pelo então presidente Juscelino Kubistchek, JK, que a construiu e inaugurou após cinco anos de trabalho ininterrupto. Para realizar a obra, Juscelino criou um organismo governamental, a Novacap, dirigida pelo político Israel Pinheiro. O projeto urbanístico coube a Lúcio Costa e o projeto arquitetônico a Oscar Niemeyer; Israel Pinheiro e Oscar Niemeyer fiscalizaram toda a obra.

A história ambiental a partir de então será apresentada com mais detalhes, pois representa a ocupação mais intensa ocorrida na região do território distrital desde os povos indígenas pré-históricos, cujas consequências são relevantes para o desenvolvimento da presente tese.

²⁵ **Sítio Castanho**: denominação dada pela empresa americana Donald Belcher & Associates a uma das áreas selecionadas para a localização da Nova Capital que foi posteriormente selecionada pelos membros da Comissão de Localização da nova Capital Federal. A empresa americana apresentou em 1955 cinco áreas potenciais, todas em Goiás e próximas entre si, para instalação da capital e as denominou por cores: amarelo, vermelho, verde, castanho e azul.

²⁶ **Brasília**: topônimo sugerido por José Bonifácio de Andrade e Silva na primeira Constituinte imperial em 1823, como substantivo próprio feminino ao termo Brasil

Antes de adentrar na história ambiental do Distrito Federal propriamente dita, esclarece-se as diferentes fontes de informação necessárias para estabelecer sua cronologia.

O resumo da historiografia das ocupações do Distrito Federal entre 1960 a 2011 foi minuciosamente apresentado por Costa (2011) que buscou cobrir a lacuna existente sobre a análise histórica sistematizada dos assentamentos do Distrito Federal. Ao traçar o histórico, a autora lista causas e consequências geradas pelos modos de ocupação ao longo dos anos, enfatizando os efeitos nocivos à população e ao meio ambiente.

Por sua vez, o Governo do Distrito Federal com o intuito de promover o ordenamento territorial do Distrito Federal e no cumprimento da Lei Orgânica do DF, Art. 279, tem adotado diversos instrumentos de planejamento ao longo dos anos, sendo o mais recente o Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal – ZEE (GDF, 2012). O ZEE representa em teoria um modelo integrado de ordenamento do espaço com o intuito de promover, simultaneamente, o crescimento econômico, o desenvolvimento social e a preservação do meio ambiente. Surgido após os impactos causados pelo modelo desenvolvimentista, essencialmente econômico, que caracterizou as primeiras décadas de existência do DF.

O Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE, pode ser considerado uma ferramenta de planejamento e de gestão sustentável do território, que leva em consideração a interação dos principais elementos do meio físico e biótico com as dimensões socioeconômica e político-institucional (FAO, 1996).

(...)

Logo, o ZEE se constitui em um instrumento ao mesmo tempo técnico e político, voltado para um planejamento do território, que estimula o desenvolvimento segundo critérios de sustentabilidade, bem como corrige distorções e conflitos de ordem ambiental, social, econômica, política e institucional (GDF, 2012).

Ainda, a Companhia de Planejamento do Distrito Federal – CODEPLAN, publica em 2013 o volume ***Evolução dos Movimentos Migratórios para o Distrito Federal: 1959-2010***, a partir dos Censos Demográficos do IBGE, incluindo o Censo Experimental de Brasília realizado em 1959; recortes da Série Histórica, publicada pelo jornal Correio Brasilienses no ano do cinquentenário de Brasília e informações

históricas contidas no livro *50 anos em 5* de JK. Desse levantamento a CODEPLAN discrimina os diferentes perfis por gênero e idade dos habitantes do Distrito Federal, suas ocupações e grau de escolaridade ao longo dos 50 anos de existência do DF e apresenta projeções futuras.

Os dados compilados desses trabalhos são informações básicas para se compreender a história ambiental do Distrito Federal a partir da construção de Brasília. A história mostra similaridades com ocupações urbanas e rurais de outros centros urbanos, mas possui uma evolução *sui generis*, uma vez que o Distrito Federal surgiu a partir de um projeto arquitetônico e urbanístico planejado previamente e que foi concretizado em meia década. A rapidez no processo de ocupação de uma área no cerne do bioma Cerrado, anteriormente pouco habitado, gerou uma história com impactos inesperados e tão rápidos quanto sua ocupação.

Assim, trataremos a cronologia dessa história em consonância com a evolução do crescimento populacional apresentado pelo levantamento da CODEPLAN (2013), imbuídos das considerações sociopolíticas e ambientais sistematizadas por Costa (2011) e informações contidas no ZEE (2012), com as informações das ocupações pré-históricas e colonial resumidas nos tópicos anteriores a este capítulo, bem como com as informações da evolução do meio físico de tempos pretéritos apresentados no capítulo anterior. Enfoque especial será dado às consequências ao meio físico devido ao crescimento populacional e seus tipos de ocupações.

Apresentaremos inicialmente em um tópico o que consideramos as causas dos impactos ambientais, seguidos pelos seus efeitos e, por último, as considerações da integração da história geológica e história ambiental do Distrito Federal.

4.2.1

AÇÕES IMPACTANTES SOBRE O MEIO FÍSICO DO DISTRITO FEDERAL

Uma vez que tratamos da História Ambiental do Distrito Federal desde sua construção, os impactos ambientais são, por razões óbvias, os antropogênicos, que intrinsecamente são diretamente correlacionáveis às ocupações humanas a partir de 1956.

Quando do levantamento e delimitação do quadrilátero para futura construção da capital federal, a região em questão já contava com as ocupações urbanas dos municípios de Formosa e Luziânia, desde o século XVIII, além dos municípios de Planaltina, que foi fundada em 1810, e Brazlândia, em 1933. Vegetação do Cerrado e extensas áreas rurais agropastorais ocorriam entre essas cidades. Nesta época estima-se que o número de habitantes não ultrapassava os seis mil (IBGE, 1959).

Tais cidades, mais parecidas com arraiais do que com centros urbanos atuais, impermeabilizavam áreas bem menores e provocavam poucas variações no microclima e relevo local. As áreas de pastagens e de cultivo, muitas delas formadas sem o corte de árvores maiores do Cerrado, prática comum em tempos passados, ainda permitiam manter a biodiversidade do bioma. Com a chegada da modernidade houve aumento progressivo de desmatamentos e degradação ambiental e abandono de atividades rurais.

A ideia política inicial com a construção de Brasília era de transferir o Governo Federal do Rio de Janeiro, considerada uma das cidades mais belas e aprazíveis do Brasil e que já possuía toda uma infraestrutura montada para tal, para um local agropastoril, inóspito do ponto de vista urbano e cultural e não hostilizado apenas por aventureiros em busca de algum eldorado. Para conseguir tal façanha, a ideia do eldorado foi utilizada para atrair tanto os funcionários públicos como trabalhadores braçais que eram necessários para concretizar ideia arquitetônica de tal magnitude em tempo tão exíguo. A propaganda funcionou de maneira exacerbada para atrair a mão de obra que veio de diferentes regiões do Brasil, mas demorou a ser aceita por aqueles que deveriam fazer funcionar o Governo Federal.

Aos *candangos*²⁷ foram oferecidos empregos para somente construir a nova capital. Esperava-se que esses trabalhadores retornassem às suas cidades de origem após a inauguração da capital ou pouco tempo depois. Mas, a promessa de uma melhor qualidade de vida sonhada por muitos desses operários fez com que uma parte deles ficasse no território, incrementando, de maneira não planejada, a densidade demográfica na época e gerando os primeiros conflitos de ocupação e impactos ambientais.

²⁷ **Candango:** termo de origem africana que significa “ordinário, “ruim”, inicialmente empregado como referência aos operários vindos de outros estados que construíram a Nova Capital, Brasília, entre 1956 a 1960. Atualmente é pronunciado com orgulho por moradores nativos ou não de Brasília.

A permanência dos trabalhadores se caracterizou pela recusa em desocupar canteiros de obras, áreas destinadas temporariamente a eles durante a construção, ou pela invasão e construção de habitações em áreas não destinadas a moradias.

Segundo o IBGE (1959), em julho do ano seguinte ao início da construção foi contabilizada a presença de 12.283 habitantes, aproximadamente o dobro em relação à população nativa estimada no ano anterior. A Taxa Média Geométrica de Crescimento alcançou 8,28% ao mês, no intervalo de nove meses, correspondendo a um incremento de cerca de 700 pessoas/mês. Em março do ano seguinte, 1958, foi contabilizado um incremento maior que o dobro da população, de 28.804 habitantes, a maioria na zona urbana com estimativa de apenas 4.500 na zona rural. A taxa de crescimento do período foi de 11,24% ao mês, com variação percentual de 35,67% no intervalo de oito meses.

A ideia prévia sobre ocupação da nova capital era de que só após a sua total construção e ocupação do Plano Piloto²⁸ é que quaisquer outras cidades circunvizinhas do distrito, denominadas na época de cidades satélites e posteriormente referidas como Regiões Administrativas, deveriam ser erigidas. Mas, a permanência dos trabalhadores obrigou a novos planejamentos e assentamentos, alocados na sua maioria propositadamente distantes da capital, para que classes sociais distintas fossem mantidas afastadas umas das outras, dando início à geração de núcleos urbanos com características distintas (PAVIANI, 2003).

Esse é o início de um Distrito Federal polinucleado a caminho de uma futura metrópole, com a criação de cidades satélites mesmo antes da inauguração de Brasília, provocando mudanças significativas no planejamento previsto (PAVIANI, 2003). Nasce então as primeiras ocupações de Taguatinga, criada em 1958 a 24 km de Brasília; Gama a 35 km e Sobradinho a 24 km; todas projetadas por Lúcio Costa. A proximidade da futura capital e os altos preços imobiliários praticados no DF, desde o princípio da construção de Brasília, fizeram com que na região limítrofe ao DF, no estado de Goiás, ocorresse também um processo de repartição do solo para fins

²⁸ **Plano Piloto:** termo originalmente atribuído ao projeto urbanístico da cidade de Brasília, elaborado por Lúcio Costa, que passou a designar toda a área construída em decorrência deste plano inicial. Seu formato é popularmente comparado ao de um avião (borboleta, para Lúcio Costa). Foi tombado pela UNESCO em 1987 como Patrimônio Mundial. Atualmente corresponde à Região Administrativa de Brasília (RA - I) de que fazem parte: Asa Norte, Asa Sul, Setor Militar Urbano, Setor de Garagens e Oficinas, Setor de Indústrias Gráficas, Área de Camping, Eixo Monumental, Esplanada dos Ministérios, Setor de Embaixadas Sul e Norte, Vila Planalto, Granja do Torto, Vila Telebrasil, Setor de Áreas Isoladas Norte, bem como as sedes dos Três Poderes da República: Executivo, Legislativo e Judiciário.

urbanos, mas sem provocar ainda uma expansão significativa de sua população (COSTA, 2011).

Correm, a partir de então, três histórias paralelas de ocupações urbanas que se mesclam entre si. A primeira do Distrito Federal previamente planejado. A segunda seria a história inesperada de novos assentamentos nos limites internos do novo território com planejamentos inesperados e adaptados à concepção urbanística do Distrito Federal, que seriam as cidades satélites. E, por último, a história dos municípios goianos e mineiros que compreendem o Entorno, posteriormente agrupados na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno do Distrito Federal (RIDE/DF), que foram criados ou ampliados sem qualquer planejamento urbano.

Em 1959, o censo indicou um aumento vertiginoso da população no Distrito Federal, com crescimento de 43,2% só nos primeiros seis meses do ano, quando o quantitativo populacional já alcançava 64.314 habitantes (IBGE, 1959), sendo quase 90% de imigrantes de outros estados brasileiros.

Nesta época no Distrito Federal os imigrantes se distribuíram entre as cidades de Planaltina, Brazlândia, as cidades satélites de Taguatinga, Gama e Sobradinho e, nas recém-criadas cidades satélites do Núcleo Bandeirante e Cruzeiro e no acampamento da Candangolândia.

Em setembro de 1960, meses após a inauguração de Brasília, 140.164 pessoas residiam no novo distrito e 67.934 foram contabilizadas nos municípios goianos do Entorno (IBGE, 1960). A população do DF cresceu, no período de 12 meses anteriores ao primeiro Censo Oficial do Distrito Federal em 1960, incluindo os primeiros servidores públicos dos órgãos federais transferidos para Brasília, a uma taxa média geométrica anual (TMGCA) de 79,4%, o equivalente à incorporação de cerca de 4.700 pessoas/mês.

Em relação à situação política das cidades satélites, a partir de 1964 passam a funcionar como cidades típicas, mas sem a administração de prefeitos ou vereadores e sim de um administrador regional. Cada qual passa a ser o centro administrativo de uma região circunvizinha sob sua jurisdição que foi denominada de Região Administrativa do Distrito Federal (RA), e não mais como cidade satélite.

Pouco tempo depois, em 1967, novos imigrantes são alocados na nova RA do Guará I a 15 km de Brasília que se expande a tal ponto, pela chegada ininterrupta de mais imigrantes, numa nova RA, a do Guara II.

Várias outras invasões são contabilizadas no DF ao longo da década de 1960, fazendo com que em 1971 a Campanha de Erradicação das Invasões, a CEI, crie a RA de Ceilândia a 25 km de Brasília, a maior de todas as RAs em termos de população, para abrigar moradores até então em ocupações ilegais.

Decorridos dez anos desde o último censo de 1960, o censo de 1970 demonstra que mesmo com novas invasões e assentamentos, diminuiu o ritmo de crescimento da população, com uma taxa de 14,4% ao ano, em comparação com o período levantando em 1960 que incluiu os primeiros cinco anos de construção da capital. Mesmo assim, o aumento populacional foi de 285%. O crescimento vegetativo, com brasilienses de fato, passa a compor 22% da população. Mas na primeira década de existência do Distrito Federal a população atinge 540 mil habitantes, lembrando que a capital foi projetada para acolher 500 mil habitantes em 2000. No Entorno durante o mesmo período é contabilizada uma população de 88.424 habitantes. A população do Plano Piloto participa com 70,54%, enquanto o Entorno com 29,46% (IBGE, 1970).

A partir da década de 1970 e durante a década de 1980, após vencidas as resistências dos servidores públicos federais em se transferirem para o interior do Brasil, acontece a ocupação efetiva do Plano Piloto. Paralelamente, o *déficit* de moradias a preços acessíveis para uma população em crescimento leva o mercado imobiliário, de forma clandestina e no proveito da pluralidade de regimes jurídicos de uso da terra do DF, a lotear áreas maiores para criar condomínios horizontais privados ilegais e, por conseguinte, sem direito a documentos formais de propriedade. Muitas vezes, condomínios se instalaram sem nenhum critério em áreas de interesse e preservação ambiental, aproveitando-se da falta de fiscalização. Hoje ocupam grandes porções do território do Distrito Federal, concentrando-se nas porções nordeste e sudoeste.

O censo de 1980 (IBGE, 1980) mostra uma redução ainda maior nas taxas de crescimento que passa a ser 8,15% ao ano. No entanto, a população mais que dobrou, atingindo 1.176.908 habitantes, com incremento total de 115,52%. Os imigrantes ainda são a maioria da população com 67,5% do total, contra os 32,5% restantes de naturais do DF. O incremento da população numa proporção maior que o dobro também

acontece no Entorno, chegando a 180.263 habitantes. O Plano Piloto aumenta sua participação proporcional na região com 77,43% contra 22,57% do Entorno.

Durante os próximos 11 anos (IBGE, 1991) foram contabilizadas 1.601.094 pessoas no Plano Piloto num ritmo de 2,84% ao ano, bem abaixo da década anterior. O Plano Piloto, que na inauguração concentrava 48% da população do Distrito Federal, gradativamente perdeu importância relativa, chegando a 13,26% em 1991, passando o predomínio para as RAs. Mas todo o DF teve diminuição da taxa de crescimento populacional em alguns pontos percentuais em relação ao decênio anterior com 74,13% da população da metrópole, contrabalanceando o aumento do Entorno com 25,87%.

O ritmo de crescimento no DF mantém-se lento entre 1991 e 2000 com uma Taxa Média Geométrica de Crescimento Anual (TMGCA) de 2,79% ao ano com uma população que já somava 2.051.146 pessoas, participando ainda menos do total de toda a região com aproximadamente 5 pontos a menos do que em 1991, com 69,47%. O Entorno contribui com 907.050 habitantes, correspondente a uma participação maior que no censo anterior, atingindo a casa dos 30,53% (IBGE, 2000).

Considerando-se essas duas últimas décadas e avança até 2004, várias outras ocupações ilegais são construídas igualmente em tempo recorde e posteriormente ordenadas oficialmente como RAs, destacando-se o Riacho Fundo 1 e 2, Samambaia, Paranoá, Santa Maria, Recanto das Emas, São Sebastião, Varjão, Sobradinho II e SIA (Setor de Indústria e Abastecimento). Essas RAs foram criadas para erradicar as ocupações ilegais que proliferaram em virtude das políticas sociais vigentes que promoviam a concessão de lotes à população de baixa renda. No entanto, as políticas acabaram, como num efeito colateral, atraindo mais invasões e construções recordes de novas cidades. Invasões por população de classe média também se tornaram RAs como é o caso, por exemplo, do Jardim Botânico. Da mesma forma ocorreram modificações no ordenamento territorial para abrigar também as classes mais favorecidas, como é o caso das novas RAs do Sudoeste e Noroeste, a cidade de Águas Claras, ~~Jardim Botânico~~, bem como o parcelamento de terrenos de chácaras do Park Way.

Nos últimos anos da década de 2000 ainda são criadas as RAs do Itapoã, SIA, Vicente Pires e Fercal.

A localização das atuais 31 Regiões Administrativas do Distrito Federal é mostrada no mapa da Figura 4.1.

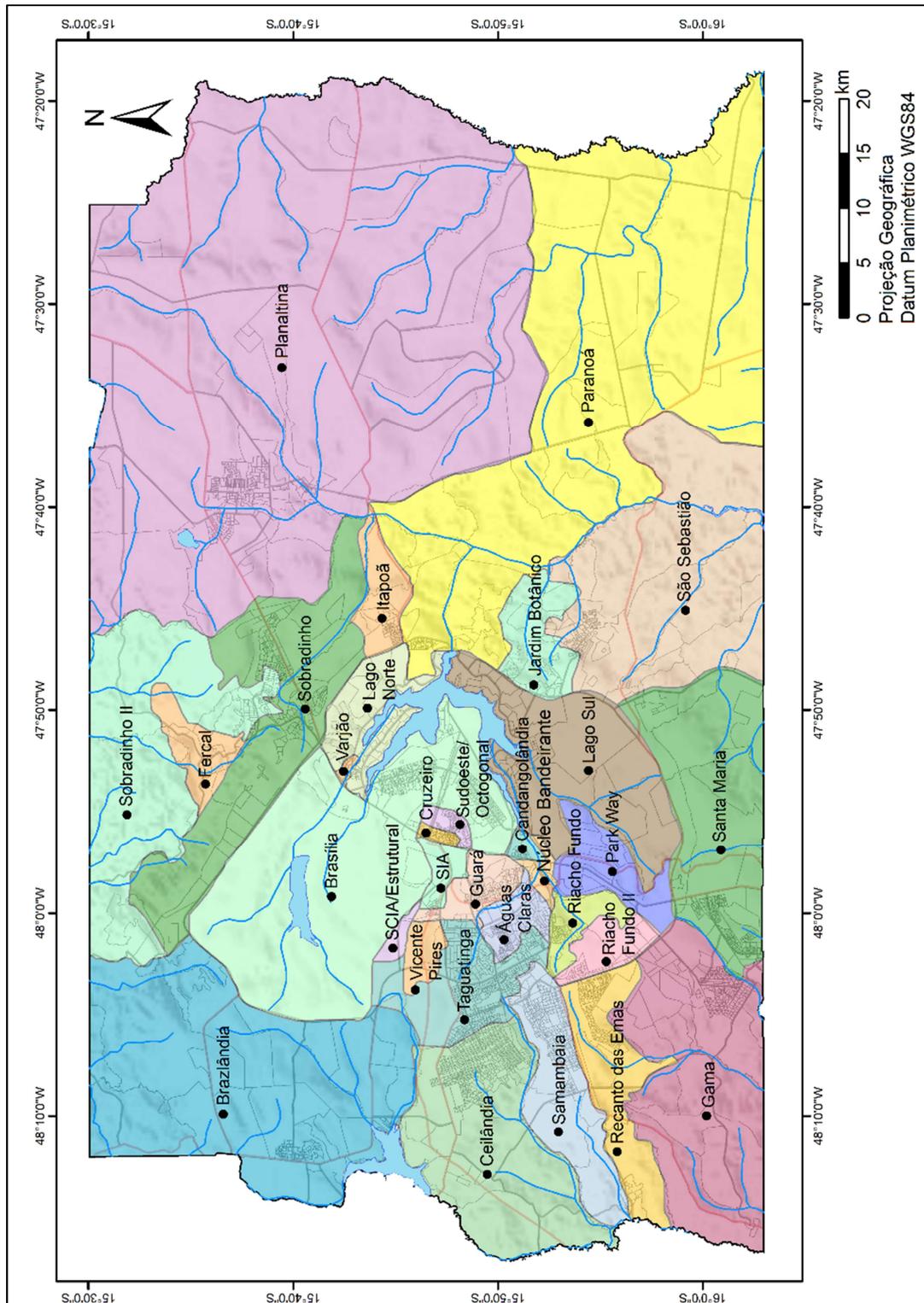


Figura 4.1 – Regiões administrativas do Distrito Federal que em ordem cronológica de criação são: I – Brasília; II – Gama; III – Taguatinga; IV – Brazília; V – Sobradinho; VI – Planaltina; VII – Paranoá; VIII – Núcleo Bandeirante; IX – Ceilândia; X – Guará; XI – Cruzeiro; XII – Samambaia; XIII – Santa Maria; XIV – São Sebastião; XV – Recanto das Emas; XVI – Lago Sul; XVII – Riacho Fundo; XVIII – Lago Norte; XIX – Candangolândia; XX- Águas Claras; XXI – Riacho Fundo II; XXII – Sudoeste/Octogonal; XXIII – Varjão; XXIV – Park Way; XXV – SCIA; XXVI – Sobradinho II; XXVII- Jardim Botânico; XXVIII – Itapoã; XXIX – SAI; XXX – Vicente Pires; XXXI – Fercal.

O último censo demográfico de 2010 revela o número de 2.570.160 de habitantes no DF, com um incremento populacional da ordem de 519.014 habitantes. Atualmente a maior densidade demográfica registrada no país é a do Distrito Federal com 444,07 hab/km². A Taxa Média Geométrica de Crescimento Anual (TMGCA) da população em decréscimo com redução de 0,5 pontos percentuais. Em comparação com a sua Região integrada de Desenvolvimento (RIDE), que também teve acréscimo populacional, o peso da população no DF praticamente permaneceu o mesmo, 69,3% em 2000 e 69,0% em 2010, mas considerado ainda elevado (IBGE, 2010).

Ribeiro *et al.*, (2011) numa análise mais detalhada da RIDE/DF verifica que sua taxa de crescimento populacional foi de 2,3% no período de 2000 a 2010, sendo que os municípios de Goiás tiveram uma taxa de crescimento de 2,6%, os de Minas Gerais 1,0% e o DF de 2,3% para o mesmo período. A maior taxa de crescimento do estado de Goiás provavelmente decorre ou por essa região ser composta por 19 municípios, em maior número do que Minas Gerais ou, pela migração de moradores do DF para os municípios da RIDE, agrupados pela denominação de Entorno, em busca de custo de vida menor.

Novas ocupações estão sendo previstas para os próximos anos com estimativas de incremento da população. A estimativa da população prevista para o DF pelo IBGE para 2015 foi de 2.914.830. Entretanto, atualmente a população é de 2.970.000. A contabilização atual em tempo real disponível *on line* prevê um contingente de 3.773.400 habitantes no Distrito Federal para 2030 (IBGE, 2016).

O gráfico da Figura 4.2 mostra o crescimento populacional do DF e da RIDE/DF desde sua criação, incluindo a previsão até o ano de 2030.

4.2.2 REFLEXÕES DOS EFEITOS IMPACTANTES SOBRE O MEIO FÍSICO DO DISTRITO FEDERAL

Fica evidente após rápida análise dos dados apresentados que, já durante a edificação de Brasília, a simples transferência de tal contingente de pessoas em tão curto intervalo de tempo, por si só, acarreta um enorme impacto ambiental local com transformações significativas no meio físico e biótico. Essa ocupação intensa implica uma mudança de costumes que não se refere apenas à construção de moradias. Os novos imigrantes e população nativa, principalmente por serem essencialmente

urbanos, necessitavam suprir suas necessidades básicas que direta ou indiretamente recairiam no uso progressivo de recursos naturais.

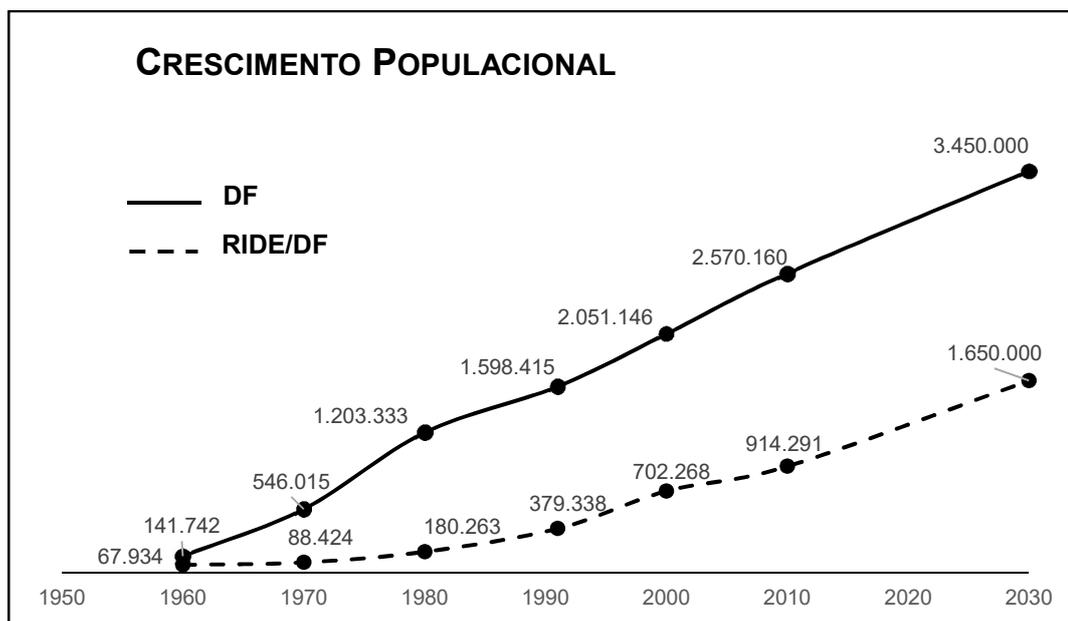


Figure 4.2 – Crescimento Populacional do DF e da RIDE/DF (IBGE, 2016).

Relembramos que no planejamento inicial esperava-se que os recursos naturais, descritos como abundantes nos relatórios descritivos iniciais, seriam mais do que suficientes para uma cidade com 500 mil habitantes, número previsto inicialmente para o ano de 2000, ou seja, após 40 anos de urbanização. No entanto, devido às constantes imigrações e assentamentos, o número é atingido logo após o primeiro decênio. Efeito colateral evidente e comum na história da humanidade em se tratando da busca do eldorado, foi a campanha propagandística utilizada para atrair pessoas para a concretização do sonho da futura e moderna capital do país. Contudo, a história confirma que o efeito colateral não foi previsto nem eficientemente contornado, haja vista os efeitos nefastos do ponto de vista urbanístico, social e ambiental que vêm acontecendo no Distrito Federal desde a década de 1950.

Para efeito cronológico, tentativamente faremos uma apresentação sequencial de eventos impactantes com o intuito de observar as várias implicações ambientais das ocupações modernas do DF, sem, contudo, frisar que na realidade causas e efeitos se substituem ininterruptamente num ciclo sistêmico influenciando uns aos outros. O pensamento geocientífico é transdisciplinar porque os processos naturais assim o são.

É possível, a princípio, listar alguns fatores desencadeadores dos processos que acabaram por gerar modificações expressivas na paisagem do Distrito Federal, como consequência das ocupações ocorridas desde sua criação e que são inerentes a qualquer ocupação urbana moderna.

O estopim desse processo sem dúvida recai sobre o **desmatamento da vegetação** nativa para entrada das edificações, de pastagens ou campos agricultáveis ou, para exploração direta de recursos naturais hídricos ou minerais.

A imagem de satélite de uso e ocupação dos solos do Distrito Federal (Figura 4.3) é o melhor documento do registro da proporção de áreas remanescentes do Distrito Federal contra áreas antropizadas que ocorreram desde 1956. Os assentamentos urbanos ocupam 10% da área do território e se concentram principalmente no quadrante sudoeste do DF, seguido pelo quadrante noroeste, onde quase a totalidade da população, mais de 96%, vive em cidades. Os 3,5% restantes da população vivem em áreas rurais de sítios ou chácaras, sustentadas pela agricultura intensiva, agropecuária ou pela horticultura, principalmente nos quadrantes nordeste e sudeste - toda a faixa leste, e a noroeste próximo a Brazlândia. As áreas rurais perfazem 80% do território.

A distribuição localizada de cidades se justifica pela proximidade com a capital, cuja maior parte de sua área encontra-se também no quadrante sudoeste. Aí, se concentra os principais setores econômicos que empregam a maioria da população do DF, quais sejam o serviço público federal e distrital, comércio e construção civil e, em menor parte, pela indústria de transformação de alimentos e bebidas.

A indústria de transformação de materiais de construção (cimento, brita, pó de rocha) localiza-se na RA da Fercal no norte do DF e cobre 5% do território. As Unidades de Conservação e Parques ocupam em conjunto 5% da área total do DF e compreendem o remanescente do Cerrado. As águas superficiais perfazem <1%, sendo o Lago Paranoá uma área artificial, portanto também considerada área antropizada.

Segundo a UNESCO (2002) e em consonância com o mapa de uso e ocupação do solo (Figura 4.3), aproximadamente 60% dos ambientes naturais de Cerrado existentes originalmente no DF foram, de alguma forma, nos últimos cinquenta anos, dilapidados e convertidos em áreas antropizadas. Uma área estimada de 3.394 km² de cobertura vegetal de grande biodiversidade deu lugar a algum tipo de ocupação humana que eliminou ou substituiu parcialmente o Cerrado.

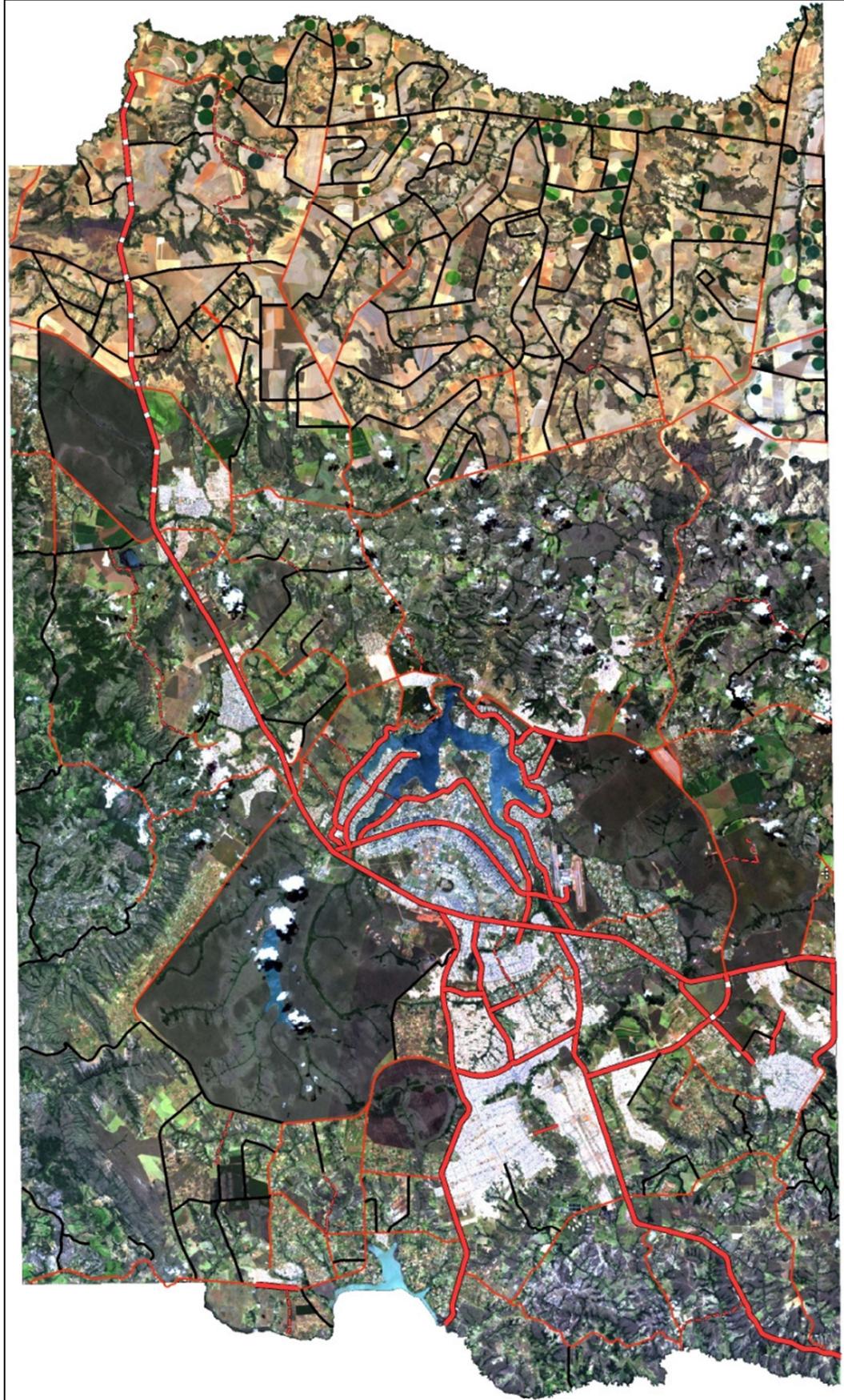


Figura 4.3 - Imagem de satélite ALOS com a localização das ocupações urbanas em branco/azul predominando na porção centro-sudoeste. A leste, na cor bege, monoculturas de soja. Porções mais escuras de áreas de Cerrado preservadas. (Fonte: www.zee-df.com.br)

Além do desflorestamento de grandes áreas do cerrado para acomodação das cidades cabem também considerações a respeito dos projetos paisagísticos executados no Distrito Federal, um dos pontos altos da arquitetura moderna de Oscar Neymeier, principalmente no projeto do Plano Piloto. Ao observar seus jardins, elaborados desde 1960 até os dias atuais, incluindo os do paisagista Burle Max, constata-se a olhos vistos que o Cerrado não compreende elemento integrante principal das áreas verdes urbanas; este é apenas coadjuvante. Nas áreas públicas comuns, entremeadas às edificações ou em áreas privadas, existe uma predominância de projetos paisagísticos que privilegiam também espécies de outros biomas brasileiros, ideia central de Burle Max que inovou o paisagismo da época ao favorecer a flora nacional em detrimento de espécies estrangeiras (CARDOSO, 2014).

As fitofisionomias típicas do Cerrado que ocorrem nessa porção do Planalto Central foram integralmente preservadas, na maioria das vezes, apenas nas 106 Unidades de Conservação (UC) do DF e, parcialmente, nos 73 Parques Distritais. Entretanto, o processo de especulação imobiliária e as invasões indiscriminadas muitas vezes acabaram por ocupar também as áreas de proteção ambiental que intensificaram ainda mais a deflorestação do Cerrado.

Os jardins “nacionais” e não mais cerratenses²⁹ (BERTRAN, 1998) e as ocupações das áreas de proteção fizeram e fazem com que o Cerrado nas unidades de conservação fique cada vez mais isolado, formando fragmentos de vegetação natural sem conectividade com outras áreas de cerrado, comprometendo, assim, o fluxo de material genético com a conseqüente redução da biodiversidade (SEBRAE, 2004). A Candangolândia, por exemplo, é considerada uma ilha dentro de um corredor ecológico, pois está inserida no corredor verde, formado ao longo do córrego Riacho Fundo, córrego do Guará e Córrego Vicente Pires, os quais possuem importância estratégica na preservação e recuperação das águas do lago Paranoá.

A ocupação do solo por atividades agrícolas em substituição ao Cerrado ocorreu mais intensamente na região leste do DF, principalmente durante a década de 1980, nas bacias dos rios Preto e São Bartolomeu. Monoculturas irrigadas com o uso de pivôs são frequentes na bacia do rio Preto que possui topografia mais plana. Plantios de milho, feijão, soja e sorgo, relegaram o Cerrado, quando ainda existente, às matas de galeria que circundam os córregos e ribeirões da região.

²⁹ **Cerratense**, palavra criada pelo historiador e poeta Paulo Bertran para denominar quem nasceu ou quem adotou como “sua” a região do cerrado.

É factível assumir quase que com absoluta certeza que a deflorestação foi efetuada sem mesmo antes saber quais espécies da flora e fauna associada estariam sendo perdidas. Isso se aplica principalmente às áreas de assentamentos e invasões ao redor do Plano Piloto e que predominam como áreas urbanas do Distrito Federal. Avaliações pormenorizadas dos impactos ambientais, o que hoje conhecemos como EIA/RIMA (Estudos de Impactos Ambientais/Relatório de Impacto Ambiental) foram no mínimo simplificados, caso tenham existido, devido à prioridade em se afastar a população de baixa renda das vistas da elite social que viria ocupar os órgãos públicos federais e distritais (PAVIANI, 2013).

Com a substituição do Cerrado quer por construções civis, quer por jardins com predomínio de gramíneas, comuns nas regiões urbanas, recai-se numa segunda consequência negativa, a impermeabilização do solo que interfere nas etapas do ciclo hidrológico local. A impermeabilização reduz a infiltração de água subterrânea, acelera os processos de escoamento superficial ou cria acumulações superficiais e indesejadas de água nas cidades.

Os efeitos já se faziam conhecer por estudiosos do meio físico desde o princípio da construção de Brasília e são, devido aos efeitos acumulativos ao longo dos anos, mais perceptíveis atualmente pelo cidadão comum quando nos meses chuvosos do verão. Nos últimos anos, foram bastante noticiados alagamentos por represamento superficial das águas de chuva devido à impermeabilização ou baixa infiltração no solo em diversas localidades do DF, como por exemplo, inundações em garagens subterrâneas e no andar subterrâneo de edifícios da Asa Norte e da Universidade de Brasília, respectivamente. Alagamentos em entroncamentos de vias urbanas, mais conhecidos no DF como “tesourinhas”, construídos em desníveis com a utilização de viadutos, são também frequentes em muitas RAs que seguiram o projeto urbanístico inicial de Lúcio Costa. Imagens que se tornaram representativas já por alguns anos seguidos desses alagamentos são as “cachoeiras” ou enxurradas formadas nos viadutos dos entroncamentos e veículos de pequeno porte sendo arrastados pelas águas acumuladas sob os viadutos.

Uma outra consequência do desmatamento do Cerrado é o efeito de “Ilhas de Calor” que as ocupações urbanas exercem sob as correntes atmosféricas locais e que influenciam as precipitações. As cidades geram muito calor devido à pavimentação e construção civil que acumulam calor devido às insolações e às descargas de gases oriundos de motores que utilizam, principalmente, combustíveis fósseis. O calor

gerado nas cidades não se dissipa para o subsolo, o que aconteceria se não houvesse as superfícies urbanas recobrando a terra. O calor, incrementado pela urbanização, só se dissipa na atmosfera, provocando um adicional térmico nas correntes atmosféricas, acelerando as acumulações de nuvens, que por sua vez geram precipitações mais intensas.

Paralela ao desflorestamento, a utilização de **recursos hídricos** para construção civil, agricultura e consumo humano constitui outro importante fator impactante que cresceu vertiginosamente ao longo do tempo.

Visto sob a ótica de elemento essencial à vida, os recursos hídricos sempre foram ponto determinante para a ocupação territorial, não tendo sido diferente no DF. Nos primeiros relatórios descritivos das missões Cruls e Coelho, as águas da região foram consideradas abundantes e decisivas, inclusive, para a escolha da área do futuro Distrito Federal. Com as ocupações indiscriminadas e não planejadas do ponto de vista ambiental, a água se tornou motivo de conflito territorial e de outros impactos ambientais sérios.

Apesar de conhecido como o “Berço das Águas”, a disponibilidade hídrica do DF é uma das mais baixas de todo o país por serem suas drenagens composta por córregos, ribeirões e rios de pouca extensão e com vazões modestas por compreenderem as cabeceiras das bacias hidrográficas do Paraná, Tocantins e São Francisco (AB’SABER, 2003).

No entanto, quase a totalidade da população do distrito (98%) é abastecida por mananciais superficiais distribuídos em cinco Sistemas Produtores, a saber: o Sistema Rio Descoberto responde por 60% desse volume de água; Sistema Santa Maria/Torto com 27%; Sobradinho/Planaltina com 9% da produção; e Sistemas Brazlândia e São Sebastião com os restantes 4%. O restante da população (2%) obtém seus recursos hídricos a partir de mananciais subterrâneos que atendem a localidades isoladas e parte dos novos parcelamentos urbanos que estão sendo incorporados aos sistemas de abastecimento existentes.

Segundo dados do GDF (2011), a despeito da relativa escassez hídrica do DF, as captações superficiais em seu território podem dobrar a capacidade de abastecimento atual, com novas captações a fio d’água em conjunto com a construção de reservatórios pequenos e médios. Os principais mananciais que ainda poderão ser considerados incluem os rios do Sal, da Palma, Paranoá e São Bartolomeu.

A Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), mesmo mantendo um Programa de Proteção dos Mananciais, além de monitorar o uso do solo; coletar e tratar 100% dos esgotos de 84,5% da população; inspecionar e manter vistorias ambientais rotineiras nas bacias hidrográficas dos mananciais; manter projetos de proteção e recuperação de áreas degradadas; promover educação ambiental e combater incêndios florestais, reconhece também focos de poluição das águas. Segundo a companhia,

(...) as principais fontes de poluição e contaminação dos mananciais decorrem das atividades desenvolvidas em suas respectivas bacias hidrográficas, com destaque à ocupação urbana, loteamentos, desmatamentos, erosão, criação de animais, agricultura, extração de areia e cascalho e disposição de lixo (CAESB, 2006, p. 1).

Dados integrados da CAESB de 2006 e do Plano Diretor Local (PDL) de 2000, apresentados no GDF (2011), mostram que em 2000 a disponibilidade hídrica dos cinco sistemas produtores e de alguns poços tubulares foi maior comparativamente ao ano de 2007. A variação foi interpretada como possível tendência de redução de vazão ou informações de um balanço hídrico que não representa toda a bacia, ou pequenos mananciais que não foram inclusos no cálculo.

Impactos ambientais sobre as águas subterrâneas no DF também vem sendo verificados devido ao uso e ocupações inadequadas do solo. As causas listadas são diversas, mas todas originam-se das ocupações humanas.

Os maiores problemas associados ao uso das águas subterrâneas no Distrito Federal estão relacionados à sobre-exploração localizada dos aquíferos, à impermeabilização das áreas de recarga regionais, à má construção dos poços, à não observação dos parâmetros de proteção sanitária das obras de captação e à falta de conhecimentos específicos sobre as disponibilidades hídricas (CAMPOS, 2004, p.45).

Segundo Campos (2004), os aquíferos porosos do DF, instalados nos domínios dos solos, mantos de alteração das rochas (saprolito) e nos materiais acumulados em calhas de drenagens (aluviões), são classificados como aquíferos rasos e livres, moderadamente susceptíveis à contaminação por agentes externos.

Pelo cruzamento de dados dos tipos de solos e suas ocorrências no DF (Figura 2.9), com a sensibilidade natural dos aquíferos porosos, sistematizada numa escala de 1 (menos sensível) a 5 (mais sensível) listada na Tabela 4.1, é possível antecipar, mesmo sem determinar os contaminantes, que grande parte dos solos do Distrito Federal se encaixa nas classes mais predispostas à contaminação, Classes 3 a 5.

Solos esses que estão sob a maior parte das áreas de ocupações urbanas e de cultivo agricultura de monoculturas (CAMPOS, 2004).

Tabela 4.1 – Classificação dos aquíferos porosos quanto à sensibilidade natural a contaminação. Fonte: GDF (2012).

SENSIBILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO	
AQUÍFERO	CLASSE
Sistema P1	Latossolos - 4
	Neossolos Quartzarênico - 5
Sistema P2	3
Sistema P3	Plintossolos - 2
	Gleissolos - 5
Sistema P4	1

Por serem alimentadores dos aquíferos profundos, rochosos e fraturados, que estão imediatamente sotopostos aos porosos, são também a via de entrada de contaminação do segundo. A condutibilidade hidráulica variada de ambos aquíferos, domínios poroso e fraturado, exige práticas de gestão que observem suas particularidades em localidades diferentes (CAMPOS, 2004).

Uma visão panorâmica das principais áreas de riscos de contaminação dos aquíferos profundos é mostrada no mapa da figura 4.4.

Da figura 4.4 é possível reconhecer que as áreas de susceptibilidade muito alta a alta estão sob grandes ocupações urbanas de alto índice populacional das RAs, como é o caso do Gama, Santa Maria, Recanto das Emas, Samambaia, Taguatinga, Ceilândia, Vicente Pires, São Sebastião, Jardim Botânico, pequena porção do Lago Sul, Sudoeste, Cruzeiro, Sobradinho I e II e nas mediações da cidade de Planaltina.

Os principais contaminantes existentes no Distrito Federal que exigem monitoramento intensivo, segundo Freitas-Silva e Campos (1998), são vazamentos subterrâneos em postos de combustíveis; efluentes de cemitério, de depósitos de resíduos sólidos (lixões), de resíduos domésticos, de garagem e oficinas, de áreas industriais e de armazenamento e estações de tratamento de esgoto. São consideradas causadores de contaminação a falta de proteção sanitária na construção de poços tubulares e escavados; uso intensivo de fertilizantes e agrotóxicos na agricultura. Segundo Araújo (2006), no entanto, os agrotóxicos atualmente aplicados

apresentam baixa persistência ambiental e representam fonte de risco de menor intensidade:

Em função dos tipos de aquíferos presentes no Distrito Federal e sua limitada capacidade de reservação e circulação, a água subterrânea deve ser utilizada como um recurso estratégico aplicado a setores específicos da economia ou como fonte de abastecimento de pequenos centros urbanos ou núcleos rurais (CAMPOS, 2004, p. 41).

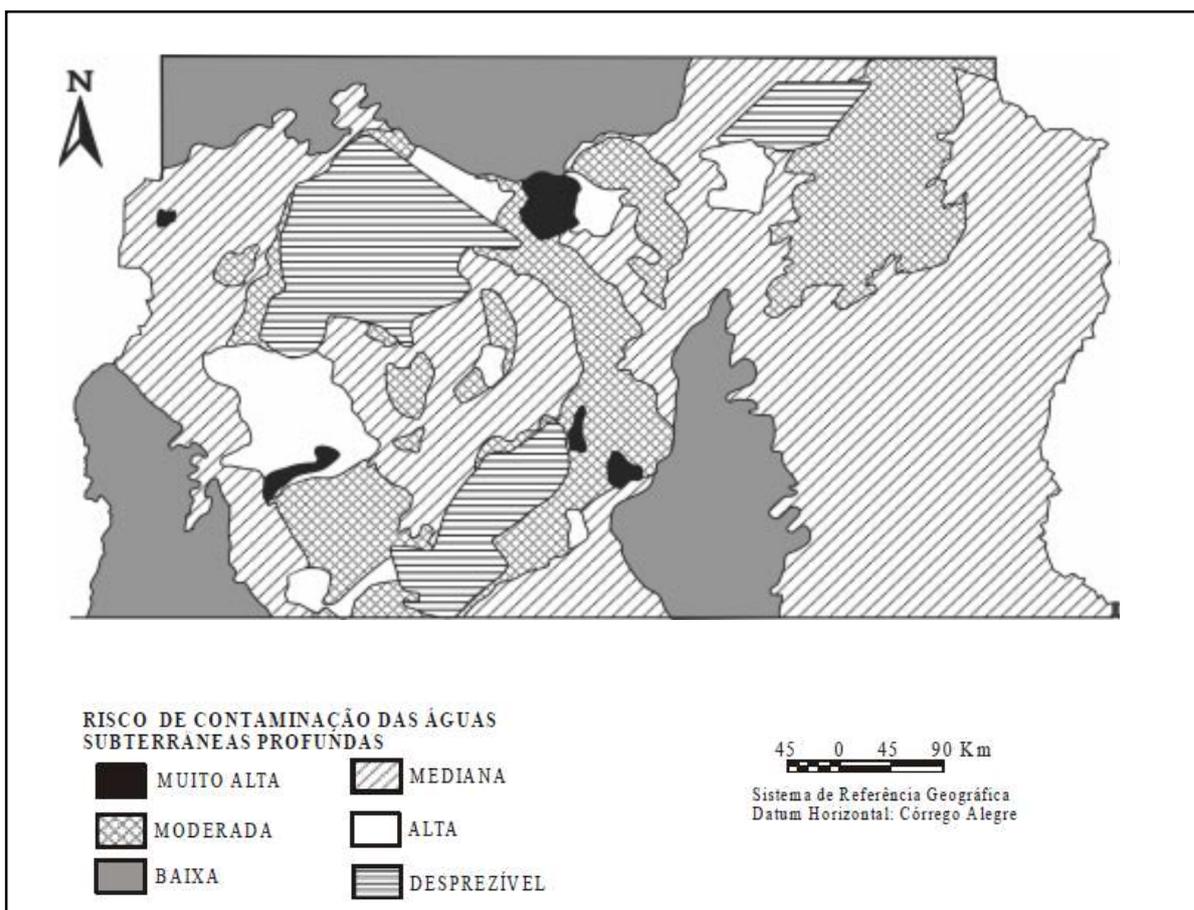


Figura 4.4 – Mapa de risco de contaminação das águas subterrâneas profundas do Distrito Federal. Adaptado de Campos e Freitas-Silva (1998).

A contaminação e uso descontrolado das águas subterrâneas ainda levam ao efeito em cascata sobre as águas superficiais. Os aquíferos são alimentadores da rede de drenagem superficial sendo responsáveis por manter a perenidade da rede hidrográfica nos meses com pouca ou nenhuma precipitação pluviométrica.

Entre as consequências relevantes das transformações territoriais acontecidas no Distrito Federal diretamente relacionada ao rápido crescimento populacional diz respeito ao consumo de materiais de construção utilizados nas construções civis de todo o território e Entorno.

A construção civil e arquitetura brasileiras têm por tradição edificar suas obras em alvenaria com vedação por cimento e argamassa, conhecida como construção convencional. Utiliza essencialmente recursos minerais rochosos ou agregados de construção³⁰ tipo argila, cascalho, areia e saibro.

No Distrito Federal, a atividade mineral para extração de areia, cascalho, argila, saibro e aterro é responsável pela totalidade das áreas degradadas, salvo raras exceções (SEBRAE, 2004). Esse tipo de mineração caracteriza-se pelo baixo investimento, pela ausência de aporte de tecnologia nas fases de produção, controle ambiental e recuperação das áreas mineradas. As jazidas localizam-se próximas aos centros urbanos e em zonas rurais. No DF as areias têm sido retiradas dos leitos de drenagem e da fragmentação de rochas areníticas friáveis.

Não menos impactantes são as atividades da mineração de calcário que ocorrem na RA da Fercal no norte do Distrito Federal. Além da retirada do Cerrado para instalação das frentes de lavras e plantas de processamento; utilização de água para beneficiamento do minério, as mineradoras enfrentam sérios problemas de poluição sonora e atmosférica. Vários casos de doenças pulmonares foram registrados por trabalhadores e moradores da região (MAURY; BLUMENSCHNEIN, 2012).

A alta densidade demográfica no DF acaba por provocar um *déficit* habitacional de 13,9%, superior às demais unidades federais, o que corresponde a 104 mil habitações, segundo dados do Ministério das Cidades (BRASIL, 2008)

A construção civil também é responsável por grande parte dos resíduos sólidos do DF que em geral compreendem 70% dos resíduos totais coletados no território. A propósito dos resíduos sólidos no Distrito Federal, talvez seja esse o problema ambiental mais grave dentre todos os existentes atualmente na região e que possui uma relação positiva direta com o aumento populacional.

Segundo dados do Serviço de Limpeza Urbana do DF (SLU/DF), os resíduos sólidos do Distrito Federal são depositados no Aterro do Jóquei Clube de Brasília, diretamente no solo, a céu aberto, causando sérios problemas ambientais. Denominado de “Lixão do Jóquei” está situado na via Estrutural que liga Brasília às Regiões Administrativas de Taguatinga e Ceilândia. Na parte leste, faz divisa com a maior unidade de conservação e proteção ambiental do DF, o Parque Nacional de

³⁰ **Agregados de construção civil:** materiais rochosos particulados em dimensões variadas que servem a diversos propósitos na construção civil como brita para fabricação de cimento ou para pavimentação; areia para concreto.

Brasília; a oeste o limite é o córrego do Valo e, ao sul, pela invasão da Estrutural. Esse depósito é considerado o maior lixão das Américas (SLU, 2016).

As suas precárias condições ambientais e sociais têm gerado inúmeras solicitações de interdição desde 1996, mas até o momento apenas foi decretado em maio de 2015 estado de emergência do local (GDF, 2011). Suas condições são paradoxais para uma cidade que possui o mais alto IDH do país, de 0,824, como Brasília (IBGE, 2010).

Em funcionamento desde 1970, o “Lixão do Jóquei” recebe 2.500 toneladas/dia de resíduos urbanos e mais de 6.000 toneladas/dia de entulho. Apesar da coleta domiciliar no DF atender 98% população (IBGE, 2008), apenas 8,9% do total de resíduos orgânicos coletados seletivamente são compostados e muitos resíduos sólidos são descartados ilegalmente em diversas localidades do DF. A estimativa de cerca de 33 milhões de toneladas de resíduos já acumulados há 46 anos e os pontos de descartes irregulares do DF, cuja quantidade não é estimada, sem qualquer controle ambiental gera um grande passivo para o meio ambiente. O chorume gerado no “Lixão do Jóquei” representa uma fonte potencial de contaminação do solo, vegetação e águas subterrâneas da região.

Além da correlação entre impactos ambientais e ocupação humana, o modelo de ocupação resultante do Distrito Federal tem sido apontado como um dos vetores amplificadores dos impactos ambientais.

Segundo Costa (2011), o avanço desordenado e o modelo polinucleado de segregação da população por nível social quando da criação da maioria das ocupações distritais têm trazido diversos tipos de impactos sociais e ambientais. A autora na análise do histórico das Regiões Administrativas, coloca:

(...)

observou-se que a história da criação, da localização, das delimitações, da valorização patrimonial e ambiental das trinta Regiões Administrativas do Distrito Federal tem sido marcada por uma sucessão de disputas ideológicas, políticas, jurídicas e especulativas que prejudicam negativamente o seu processo de desenvolvimento e planejamento (COSTA, 2011, p. 435).

(...)

O que se constata ... é a ocupação indiscriminada de reservas de aquíferos, RAs dentro de Área de Proteção de Manancial, ocupações em áreas de falha geológica, de lixões, de área *non aedificandi*, e assentamentos em parques ecológicos, aumentando significativamente a destruição do meio ambiente (COSTA, 2011, p. 437-438).

(...)

foram sendo criadas aleatoriamente, objeto de disputa política e eleitoreira, com a identificação de núcleos urbanos, sem qualquer investigação mais profunda de sua história, de suas vocações, ou de estudos de viabilidade

econômica que sustentassem as atividades produtivas, aumentassem a atratividade da região ou a melhoria da qualidade de vida. A falta desses estudos e atenção à moradia fez proliferar ocupações irregulares, invasões, e condomínios clandestinos nas áreas rurais das Regiões Administrativas, aumentando a subutilização da infraestrutura urbana, dos transportes coletivos, e pondo em risco as áreas ambientais sensíveis (COSTA, 2011, p. 438).

Paviani (2003) faz uma crítica mais severa à metropolização polinucleada que aconteceu no DF e a considera sinônimo de fracasso urbanístico do ponto de vista social e defende a preservação ambiental como prioridade na qualidade de vida da população.

O fracasso do planejamento urbano se materializa nas dezenas de núcleos esparsos no território, denotando apartação e exclusão sócio-espacial. Em outras palavras, o intenso trabalho de mais de quatro décadas dos construtores urbanos não resultou em uma democrática apropriação social dos bens e serviços socialmente produzidos. As tensões sociais geram urbanização em constante conflito e crise. Não se trata o espaço em um contexto de totalidade, compreensivamente. Ao contrário, a gestão incrementalista, ao atender uma dada clientela, paternalisticamente, exclui e desatende outros grupos, gerando contradições e controvérsias não esperadas para uma cidade que nasceu como modelo do urbanismo racionalista, depositária das esperanças do planejamento urbano. Ressalte-se ser esse não apenas um fracasso local ou regional, mas uma falência nos programas e projetos não levados a cabo com êxito no espaço nacional (PAVIANI, 2003, p.64).

As Regiões Administrativas que concentraram populações de baixa renda sofreram e ainda sofrem duplamente, pois distam muitos quilômetros do Plano Piloto e das RAs de população mais abastada, onde geralmente conseguem seus empregos. Essas ficam relegadas ao esquecimento por parte do poder público na destinação de recursos financeiros para infraestrutura urbana pública como água, esgoto e drenagem urbana, aumentando tantos problemas sociais como os ambientais. Exemplos são as RAs do Varjão, São Sebastião, Itapoã, entre outras.

A falta de fiscalização mais consistente, aliada aos interesses do poder econômico, não permite descartar a continuidade da especulação imobiliária, a grilagem de terras e, a ocupação irregular que agravam os conflitos entre os diversos atores, e influenciam negativamente o processo de ordenamento territorial organizado.

As expansões urbanas que aconteceram no Distrito Federal levaram à remoção da cobertura vegetal que gerou impermeabilizações do solo, que por sua vez provocou diminuições das taxas de infiltração de água pluvial. Isso incidiu no aumento do escoamento superficial das chuvas, facilitando os processos erosivos, inundações e o assoreamento dos cursos d'água. Nas áreas rurais onde também houve a substituição

do Cerrado por monoculturas de irrigação, além da redução do bioma, houve a utilização intensiva de recursos hídricos com possíveis contaminações de aquíferos.

Por outro lado, cabe ressaltar que a maior parte do território do Distrito Federal está inserida nos limites de Unidades de Conservação, de Proteção Integral e de Uso Sustentável, criadas por atos legais das esferas federal e distrital, o que evidencia uma preocupação dos gestores públicos com a manutenção dos ecossistemas e com o uso sustentável dos recursos naturais existentes. No entanto, a falta de corredores ecológicos entre as várias unidades ambientais gera descontinuidades que impossibilitam a transferência de material genético entre as áreas.

Com o crescimento populacional houve aumento progressivo da demanda por água, diminuição de oferta e geração de conflitos pelo uso da água. A construção civil elevou a exploração de materiais de construção, que utilizam em seus beneficiamentos água e descarte de resíduos em cursos d'água, solo ou no ar, causando problemas de poluição das águas superficiais e subterrâneas, dos solos e da atmosfera.

Ainda, o apelo da nossa cultura industrial de consumo pelo simples prazer de consumir em nome de uma suposta qualidade de vida, só tem provocado um crescimento exponencial do esgotamento de recursos naturais e produção de resíduos poluentes. Como fato recente dessa colocação pode-se citar o aumento incentivado ao consumo de automóveis, que nos últimos anos levou também a um aumento vertiginoso nos índices de partículas poluentes na atmosfera e ruídos no DF, além de problemas de locomoção nas regiões de maiores aglomerações humanas.

O exemplo de ocupação humana que vem acontecendo no DF, que difere essencialmente da maioria de outras ocupações ao redor do mundo apenas pela sua rapidez, possui a característica marcante de não levar em consideração o uso racional de recursos naturais. A ocupação do Planalto Central, do ponto de vista sustentável, deveria e deve tomar em consideração que o Cerrado, a savana tropical mais biodiversa no mundo, é por essa razão a de recuperação mais difícil.

Duas outras questões básicas sobre o meio físico do DF de suma importância, principalmente no que se refere às políticas públicas de ocupação humana, seriam tomar como premissa o funcionamento do ciclo hidrológico e a recuperação de áreas degradadas.

Mais recentemente essa preocupação apareceu nas diretrizes políticas dos planos Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT) (GDF, 2011) e Zoneamento

Ecológico Econômico (ZEE) (GDF, 2012), apesar da previsão da construção de novas regiões administrativas sem o respaldo de especialistas urbanísticos e ambientais.

Da leitura desses documentos, depreende-se uma preocupação bastante intensa com os recursos bióticos, com os recursos hídricos e com a utilização de curto prazo dos recursos naturais, em geral para consumo humano. O tempo máximo de prognóstico do ZEE é de 20 anos, tempo bastante curto comparado aos processos naturais que podem chegar a bilhões de anos.

Os aspectos abióticos sobre geologia, clima e solo são apresentados de maneira descritiva e correspondem apenas à configuração presente do meio físico. Inexiste ainda uma apresentação acerca dos processos que configuram o meio físico ao longo do tempo geológico, em milhares ou milhões de anos, bem como a interligação intrínseca de todos os seus aspectos. Também não está claro ainda, para a maioria da população, como as ações antropogênicas modificam esse meio físico e interferem de maneira muito mais rápida do que os processos naturais podem recuperar.

Uma compreensão mais realística de todos esses processos, de que todos são igualmente importantes, incluindo os aspectos geológicos, e que a duração temporal dos processos naturais pode variar de poucos segundos até bilhões de anos. Considerar esse fato, poderá levar a reformulações de políticas públicas que considerem a integração de todos os aspectos do meio físico e seus processos naturais ao longo do tempo nas decisões de uso e ocupação dos solos. E como possível consequência, levar à diminuição dos impactos ambientais no DF.

A divulgação científica exige uma multiplicidade de tarefas por ocupar um espaço entre diversas áreas do saber, mas com uma identidade própria resultante da mescla desses saberes. Como já mencionado anteriormente, é uma atividade transdisciplinar por princípio.

Em se tratando de divulgar conhecimentos científicos de meio físico, a transdisciplinaridade do próprio processo de divulgação se soma à transdisciplinaridade dos processos naturais que justificam o entendimento mais amplo do planeta como um ambiente sistêmico. As complexidades de ambas atividades são somadas.

Seria impossível imaginar que nossa percepção é capaz de compreender todas as nuances das inter-relações que acontecem no meio físico, que dirá do Sistema Terra. No entanto, estamos sempre tentativamente agregando novos conhecimentos para entender o funcionamento em rede dos processos planetários.

Assim, como ponto de partida para a presente divulgação partiu-se de alguns princípios para nortear o desenvolvimento metodológico do projeto. O primeiro desses princípios foi estabelecer o público alvo: pessoas com escolaridade ou letramento científico que correspondem ao nível médio do Ensino Básico brasileiro. Leigos que possuem um conhecimento básico tanto das Ciências Exatas como das Humanas.

Em suas pesquisas em Ensino de Geociências a autora desta tese acredita que a interatividade com o público alvo é fator de sucesso na educação científica desde os estágios iniciais de qualquer atividade de troca de informações. Acreditar que o quê se deve informar ou educar segue uma comunicação unilateral, do cientista até o receptor, seja ele o público leigo em geral ou estudante formal, não possibilita de fato manter a missão social da ciência de suprir os anseios da sociedade. No entanto, a grande complexidade acima comentada nos direcionou para um processo inicial de divulgação científica na qual a relação dialógica passar a ocorrer de fato num próximo estágio da pesquisa, quando meios multimídias serão utilizados para se estabelecer a comunicação bilateral.

Para se definir então o que divulgar, considerou-se as experiências e pesquisas em divulgação científica de outros pesquisadores e da própria autora e, principalmente, a questão atual de impactos ambientais e escassez crescente de

recursos naturais. A divulgação científica assume aqui um cunho predominantemente ambiental, menos dialógico, mais informativo.

No primeiro estágio da pesquisa que compreende esta tese se primou por esclarecer o pensamento científico sistêmico dos processos naturais das questões essencialmente geológicas. Não só por ser a área de formação da autora, no que facilita os esclarecimentos dos eventos geológicos, mas pela falta de compreensão crônica de não-geocientistas em assimilar as relações de causa e efeito a longo prazo que ocorrem no planeta; entender melhor o Tempo Profundo. Essas relações, como já explicitado no início dessa tese, são questões familiares às geociências, nas quais nós, seres humanos, estamos inseridos e somos grandes “impactores”. Afinal, somos também natureza, mas ainda não temos essa consciência. Acreditamos que ao entendermos melhor o Tempo Profundo nos sentiremos pertencentes e agentes atuantes na história do planeta.

Para cumprir esse propósito foi estabelecida uma sequência de procedimentos metodológicos. Reunir as informações pré-existentes do meio físico do Distrito Federal compreendeu o primeiro passo. Considerou-se como elementos centrais da história evolutiva do meio físico do Distrito Federal – História geológica e ambiental - os elementos abióticos, essencialmente o geológico; o meio biótico, representado pelo Cerrado, sem adentrar em suas especificidades, foi também considerado, mas como elemento condicionante dos processos evolutivos do meio abiótico e das ocupações humanas, que compreenderam então, o terceiro elemento.

O tempo em que transcorre essa história é de aproximadamente um bilhão e meio de anos, desde a formação das rochas até o presente. Para compor e confirmar alguns eventos geológicos ao longo desse tempo, pesquisas nas áreas de geocronologia e termocronologia foram realizadas, na maioria, em minerais das rochas do Grupo Paranoá, grupo que ocupa a maior área percentual do Distrito Federal e, em alguns minerais do Grupo Araxá. Os resultados dessas pesquisas foram agrupados aos dados anteriores da região, compilados na primeira fase dos procedimentos metodológicos, e transpostos numa linguagem facilitada ao público alvo, já especificado.

Uma vez que se trata da exposição de uma evolução histórica de diversos aspectos da região do DF, o levantamento bibliográfico para compor o Estado da Arte da área se tornou um dos pressupostos para a divulgação da história. Foram consideradas como fontes científicas confiáveis:

- i. Artigos científicos nacionais e internacionais publicados em periódicos com corpo editorial, na maioria das vezes;
- ii. Dissertações de mestrado e teses de doutorado de universidades brasileiras e internacionais;
- iii. Sítios eletrônicos de institutos e fundações de pesquisa nacionais e estrangeiras.

Foram selecionados preferencialmente sítios eletrônicos para facilitar conferência ou aprofundamento do leitor em algum assunto.

Os tópicos geocientíficos compilados compreendem aqueles publicados principalmente nas últimas três décadas sobre o meio físico do DF, do Proterozóico aos dias atuais, a respeito da:

- i. Litologia;
- ii. Geocronologia;
- iii. Evolução geotectônica;
- iv. Evolução geomorfológica, climática e hidrográfica, e
- v. Biogeografia.

Assuntos sociopolíticos sobre a ocupação humana da região e seus impactos foram considerados desde as primeiras aparições de civilizações no Cerrado no Cenozóico até, da mesma forma, aos dias atuais. No entanto, a maior quantidade de informações disponíveis e a nossa presença na participação da história atual, nos levaram a um detalhamento maior das ocupações humanas a partir do surgimento do Distrito Federal.

Os dados compilados são apresentados nos capítulos II e III. Nesses capítulos não houve preocupação maior em traduções facilitadas, mas uma organização sistemática, em ordem cronológica do mais antigo ao mais recente, e resumida dos

aspectos abióticos e bióticos que foram subdivididos em História Geológica no Capítulo II, informalmente definida no escopo desta tese como sendo os fatos que ocorreram desde a formação das rochas até o surgimento das primeiras ocupações humanas de que se tem registro. A História Ambiental considera o surgimento das ocupações antrópicas e seus impactos no meio ambiente.

5.2

PESQUISAS GEOLÓGICAS

Os novos estudos geológicos realizados se concentraram na área de isótopos radioativos com o intuito de responder à procedência dos minerais sedimentares das rochas do Grupo Paranoá e às condições termais de baixa temperatura dos processos geológicos a que essas rochas foram submetidas. As condições termais de alguns minerais do Grupo Araxá também foram analisadas.

Para obtenção desses dados é importante frisar que não foram realizadas pesquisas sobre os métodos isotópicos, apenas aplicação direta de métodos geocronológicos e termocronológicos já consagrados na literatura para confirmar dados geológicos anteriores e elucidar dúvidas de outros. O intuito foi de apresentar uma história com um maior grau de confiabilidade, baseada em vários dados e argumentações científicas, principalmente em tentar explicar lapsos da história ainda por serem mais bem entendidos como eventos de soerguimento regional.

Dois métodos isotópicos foram empregados nos minerais detríticos das rochas do Grupo Paranoá,

- i. Geocronologia de U-Pb em zircão para determinação da procedência de tais minerais, e
- ii. Termocronologia de baixa temperatura pelo método isotópico (U-Th)/He em zircão e apatita para estimar a história termal de soterramento, metamorfismo, resfriamento, soerguimentos e denudação do relevo.

Os procedimentos iniciais para obtenção desses dados envolveram uma primeira etapa de campo para coleta de amostras, seguida por separação em laboratório dos minerais de interesse. A sistemática das etapas obedeceu aos seguintes procedimentos:

- i. Coleta de 30 amostras de rochas areníticas no DF e arredores;

- ii. Trituração das amostras com moinho de mandíbula;
- iii. Separação de minerais pesados por processos mecânicos e magnéticos;
- iv. Separação de minerais pesados por líquidos densos;
- v. Separação visual com lupa binocular de grãos dos minerais apatita e zircão e,
- vi. Montagem das pastilhas para análise geocronológica.

A localização dos pontos de coletas é mostrada na *Figure 2*, do Capítulo VI. A trituração e separações mecânica e magnética foram realizadas nos laboratórios do Instituto de Geocronologia da Universidade de Brasília -UnB, enquanto a separação por líquidos pesados nos laboratórios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Na etapa de separação visual de minerais, constatou-se que o mineral apatita, especificamente, não apresentou concentração suficiente ou era inexistente na maioria das amostras de rocha coletadas. Com vistas a eliminar a possibilidade de má preparação das amostras como justificativa pela inexistência do mineral, uma segunda amostragem em campo foi realizada. Posteriormente, uma separação mais criteriosa ocorreu nos laboratórios de geologia da UFRGS, no que resultou na mesma condição. Essa não ocorrência, inesperada, haja vista que estudos anteriores já haviam utilizado o mineral apatita, restringiu o emprego do método de termocronologia de baixa temperatura apenas aos minerais de zircão.

Para as análises de geocronologia foram separados um número médio de 100 (cem) zircões de 5 (cinco) amostras de rochas de todas as formações do Grupo Paranoá aflorantes no Distrito Federal, com exceção para as rochas das formações Ribeirão Piçarrão e Córrego do Sansão. As amostras das formações coletadas, estratigraficamente da base para o topo, foram: AMO-11 da Fm. Serra do Paranã (única amostra com 41 zircões); AMO-18 da Fm. Ribeirão do Torto; AMO-17 da Fm. Serra da Meia Noite; AMO-19 da Fm. Ribeirão Contagem e, AMO-22 da Fm. Córrego do Barreiro (*Figure 2*). Os grãos de cada amostra foram acondicionados em pastilhas de epóxi nos laboratórios da UFRGS.

Os procedimentos seguintes consistiram na separação de zircões para termocronologia e análise química para quantificação dos isótopos de ambos métodos nos laboratórios da Universidade do Arizona em Tucson, EUA, sob a orientação do Dr. Peter Reiners.

Para as datações termocronológicas de (U-Th)/He foram selecionados cinco (5) zircões de 11 (onze) amostras de três diferentes perfis aproximadamente paralelos (B-B'; C-C'; D-D') e de direção SW-NE como mostrado na *Figure 2*, do Capítulo VI. A amostragem para termocronologia obedeceu aos critérios de coleta de rochas areníticas de níveis topográficos distintos, com o intuito de identificar possíveis exumações tectônicas.

No perfil B-B', mais a norte, foram coletadas as amostras AMO-15 e AMO-04 da Fm Córrego do Barreiro e, AMO-14, da Fm. Serra do Paranã. No perfil central C-C' 5 (cinco) amostras foram coletadas, sendo a AMO-31 a única amostra do Grupo Araxá analisada no presente estudo, além das amostras do Grupo Paranoá, AMO-16 da Fm. Serra do Paranã; AMO-18 da Fm. Ribeirão do Torto; AMO-17 da Fm. Serra da Meia Noite; AMO-33 da Fm. Ribeirão Contagem. No perfil D-D', mas a sul, 3 (três) amostras do Grupo Paranoá foram selecionadas, AMO-20 da Fm. Serra do Paranã e AMO-19 e AMO-34, ambas da Fm. Ribeirão Contagem.

A separação visual sob lupa binocular de zircões para o método (U-Th)/He seguiram o mesmo método descrito por Reiners (2005) para zircões ígneos, sabendo-se que erros seriam somados pela dificuldade em encontrar minerais euédricos em rochas sedimentares. No entanto, correções foram realizadas numa etapa posterior, comentada logo adiante no texto.

Assim, foram selecionados cristais prismáticos, sempre que possível com largura entre 60-90 μm (eixo *b* ou *a*) e comprimento de até 120 μm (eixo *c*). Os cristais selecionados foram então fotografados e suas dimensões mensuradas em duas direções perpendiculares, uma paralela ao eixo cristalográfico *b* e outra paralela ao eixo cristalográfico *a*. Essas medidas e a morfologia do cristal (prismático à arredondado) foram utilizadas para fazer o cálculo de correção de ejeção de partículas α (α -ejection), devido à perda de ^4He do cristal por conta do comprimento de paragem da partícula α (*long-stopping distance of α -particles*). Em zircões a média da distância de paragem é de aproximadamente 17 μm para a série do ^{238}U ; 19,67 μm para série do ^{235}U e, 19,3 μm para a série do ^{232}Th . As correções foram feitas segundo método de Hourigan *et al.* (2005). O cálculo da razão β , razão área superficial/volume, foi cálculo segundo Reiners (2005) para zircões detríticos comumente mais arredondados a esferoidais.

Após essas etapas de medições e correções, os cristais selecionados foram individualmente encapsulados em tubos de nióbio e seguiram para análise. As

análises para He seguiram os métodos descritos por Reiners (2005) que incluem aquecimento por *laser* (Nd:YAG e CO₂) para degaseificação de He, purificação criogênica e análise de ⁴He por espectrômetro de massa quadrupolo. Para as análises de U e Th empregou-se ICP-MS.

Datações de U-Pb em zircão foram efetuadas em um número de cem (100) zircões de cinco (5) amostras distintas de rocha por ablação de laser/ICP-MS, segundo Faure (2005).

A pesquisa realizada com fundamentação teórica e resultados obtidos e discussões encontra-se no artigo intitulado *Thermal and exhumation histories modeling of the Brasília Dome, Federal District, Brazil, constrained from high damage zircon (U-Th)/He and U-Pb dating*, submetido à publicação no periódico *Lithosphere* da *The Geological Society of America*, EUA (ANEXO I), que compreende o Capítulo VI a seguir.

5.3

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Nessa etapa levantaram-se dados sobre conceituação, historicidade, interesse do público brasileiro sobre a divulgação científica, as questões complicadoras desse processo e as opções de gêneros discursivos que foram apresentados no Capítulo IV sobre fundamentação teórica da divulgação científica.

Na elaboração propriamente dita da presente divulgação consideramos as colocações de Cataldi (2007) que diz que a divulgação científica é um processo reformulativo, de recontextualizar, o conhecimento científico para cada público. O autor apresenta três procedimentos discursivos característicos da prática divulgadora da mídia impressa que foram adotados nesta tese: **expansão**, **redução** e **variação**.

A **expansão** compreende a inclusão de explicações detalhadas, com a utilização de um número maior de palavras, publicamente mais conhecidas, em substituição a termos científicos com o propósito de lograr a efetiva compreensão do leitor leigo no assunto em discussão. Citamos como exemplo, o termo *orogênese*. Em textos para público com letramento científico, principalmente em geologia, o uso desse termo implica que o leitor saiba sua etimologia e sua significação nele imbuída não sendo necessária sua conceituação. Em divulgação científica esse termo é substituído

por sua explicação em linguagem facilitada e o vocábulo *orogênese* pode nunca ser utilizado no corpo do texto, ou se utilizado, deve ser acompanhado de sua explicação quando aparecer pela primeira vez. Uma vez explicitado o conceito logo de início na divulgação, o termo científico pode ser utilizado repetidas vezes ao longo do texto. Esse último procedimento é comum em qualquer texto descritivo ou narrativo onde novos vocábulos são introduzidos, não se restringindo apenas à divulgação científica. Para finalizar a exemplificação da expansão, o termo científico *orogênese* escrito com uma única palavra, seria substituído na divulgação pela explicação de seu conceito: conjunto de processos que levam à formação ou rejuvenescimento de cadeias de montanhas, produzidos por esforços compressivos que atuam na litosfera continental – com 22 palavras. Se necessário o termo científico *litosfera* pode também ser expandido.

De maneira oposta, a **redução** é o processo de supressão e condensação de informações científicas consideradas irrelevantes e desnecessárias à versão para divulgação (GRILLO, 2013). Consideram-se informações passíveis de redução, a título de exemplo, os detalhes de procedimentos científicos que exijam conhecimento técnico para sua compreensão; características de casos específicos; subdivisões detalhadas de classificações conceituais que também exigem letramento científico. Por exemplo, as subdivisões das rochas sedimentares em detríticas, químicas ou bioquímicas; em rudáceas, psamíticas, pelíticas ou lamitas; podem ser reduzidas a expressão geral “rochas sedimentares” ou rochas formadas pela acumulação de partículas.

O processo de **variação** compreende uma modificação gramatical maior entre a passagem do texto científico original para o texto divulgador, pois recai na seleção lexical, variação denominativa, modalidade enunciativa, entre outras (GRILLO, 2013).

Dentro desse último processo, inclui-se a escolha pelo gênero discursivo, no nosso caso o narrativo, cujos elementos dados pelo narrador, tempo, espaço, enredo e personagens foram assim caracterizados:

- i. **Narrador:** a autora dessa tese que conta os eventos da história por meio essencialmente de discurso indireto. E, por vezes, com discurso direto;
- ii. **Tempo:** o lapso de tempo de aproximadamente um bilhão e meio de anos em ordem cronológica que compreende desde o surgimento dos primeiros elementos físico do Distrito Federal, as rochas, até o presente; período de formação e evolução do meio físico do DF;

- iii. **Espaço:** o limite geográfico do Distrito Federal e seus arredores;
- iv. **Enredo:** trama que esclarece como cientistas entendem a evolução do meio físico do DF por meio de suas pesquisas e como esse conhecimento, se aprendido pelo público leigo, pode ajudar a resolver os problemas de impactos ambientais antropogênicos e,
- v. **Personagens:** os elementos abióticos e bióticos, seres reais, geradores de conflitos e ações por terem compartilhado ou por compartilharem o meio físico do DF.

Dentro do processo de variação com o intuito de provocar emoções no leitor, intercalamos trechos líricos do cancionero nacional ou poesias e poemas que fazem referências aos processos naturais abióticos ou a características do planeta. A intenção nessa provocação recai na premissa de que a assimilação, pode ser intensificada quando o domínio afetivo é considerado (NOVAK; GODWIN, 1996).

Na narração fazemos uso de algumas figuras de linguagem para facilitar o entendimento do conhecimento geocientífico tais como comparação, metáfora, personificação, apóstrofe e metonímia.

A divulgação científica resultante é apresentada como artigo a respeito do tema, intitulado “*A História Evolutiva do Meio Físico do Distrito Federal, Brasil, e a Presença Humana: contribuições sobre o Tempo Profundo para a Consciência Sustentável do Público Leigo*” a ser submetido, provavelmente, à publicação no periódico nacional *Terrae Didática*, apresentado no Capítulo VII.

THERMAL AND EXHUMATION HISTORIES MODELING OF THE BRASÍLIA DOME, FEDERAL DISTRICT, BRAZIL, CONSTRAINED FROM HIGH DAMAGE ZIRCON (U-TH)/HE AND U-PB DATING

Oliveira, A.M.¹ Carmelo, A.C.² Reiners, P.W.³ Farid, C. J.⁴ and Kumaira, S.⁵

¹University of Brasília, Brazil, Institute of Geosciences, anetemoliveira@gmail.com

²University of Brasília, Brazil, Institute of Geosciences, dricarmelo@gmail.com

³University of Arizona, USA, Departmente of Geosciences, reiners@email.arizona.edu

⁴University of Brasília, Brazil, Institute of Geosciences, faridchemale@gmail.com

⁵Federal University of Pampas, Brazil, Campus of Caçapava, sissakumaira@hotmail.com

ABSTRACT

Younger He ages on detrital zircons were interpreted for a long time as minimum age due to the not well understood He leaking out of the mineral. Anisotropic He diffusion, radiation damage and, in less extent, He zonation studies has demonstrated that misleading He dates can be explained by high parent nuclide concentration or long period over Partial Retention Zone (PRZ). In this study the Zircon Radiation Damage and Annealing Model (ZRDAAM) (Guenthner, 2013) developed to partially reset detrital zircon with inherited predepositional dates were applied to detrital zircons in order to better understand the thermal history of Proterozoic rocks of the Paranoá Group of the Federal District, Central Brazil. Provenance U-Pb dating were also performed on the same detrital zircon. The Paranoá Group is an anqui metamorphosed to low-grade greenschist metasedimentary sequence of sandstone, mudstones and siltstone interlayered with limestones deposited during the Meso to Neoproterozoic age on the passive margin of the São Francisco Paleocontinent, and deformed during the Brazilian Orogeny (Pan-African) 500 Ma ago. The results confirmed the previous well know geological events and highlight for the first time isotopic evidences of Mesozoic tectonic uplift reactivation, showing once more the reliable applicability of the model.

KEYWORDS: Zircon He thermochronology; Brasília Dome; high damage zircon; ZRDAA Model

INTRODUCTION

Among thermochronometers zircon (U-Th)/He radioisotopic system has been used more intensively in the last decade to constrain low-temperature cooling events. Its chronometric potential has been confirmed after systematic evaluation based on step-heating experiments taken on quickly and slowly igneous rocks (REINERS *et al.*, 2002; TAGAMI *et al.*, 2003; REINERS *et al.*, 2004), which is consistent with a minimum E_a for He diffusion of about 44 kcal/mol and a minimum closure temperature (T_c) about 180°C, for a cooling rate of 10°C/myr. Wolfe & Stockli (2010) also validated the He dating applicability as thermochronometer over geological timescale on basement rocks presenting laboratory He diffusion measurements coupled to a numerical thermal modeling to investigate He diffusion kinetics in zircon in nature. Vermeesch *et al.*, (2012) proposed a new simplified method for *in situ* He dating, which yields ages in agreement with conventional He measurements, demonstrating the effectiveness of He dating as themochronometer.

Despite the widely use of zircon He thermochronometer with reliable results most with Paleozoic or younger rocks, sometimes zircon He dates of Precambrian rocks display misleading results usually addressed either to the common high parent nuclide concentration in zircons or to long period over Partial Retention Zone (PRZ), which results in high amount of radiation damage. Crystallographic anisotropy diffusion and heterogeneous initial He distribution seem also to play a minor role on He ages dispersion compared to radiation damage.

Structural studies on Neoproterozoic zircons of Sri Lanka to seek a correlation between radionuclide content, degree of radiation damage and He age have been undertaken by Nasdala and co-workers (2001; 2004). According to their results, for unannealing zircons, low to moderate damage zircons show a nearly linear dependence on α -dose and high retentivity of radiogenic He, which in turn gives reliable He dates in accordance to laboratory experiments. In contrast, high damage zircons, with α -dose above a threshold of $2 \times 10^{18} \alpha/g$, exhibit low retentivity and significant He loss, producing too young ages, contrasting to previous laboratory works (REINERS *et al.*, 2004). Moreover, this correlation is strongly affected by temperature that leads to annealing of the radiation damage and consequent increase of uncertainties in multiple single-grains sample. In order to overcome the underestimation of radiation effects on partial annealed zircon the authors suggested an estimation of "effective α -dose" by multiplying total α -fluencies by a correction factor.

Guenther and co-workers (2013) after performed a series of detailed step-heating experiments on zircon with a wide range of self-irradiation doses (three orders of magnitude) from different location also stressed the major importance of α -dose and thermal sensitivity on He diffusivity kinetics compared to crystallographic anisotropy, which supports the work of Nasdala and co-workers. They addressed low zircon diffusivity to small damage domains created by low to moderate self-irradiation damage, which hamper He diffusion through the c-axis parallel pathways. Guenther and co-workers noted that between a certain amounts of α -dose, from 1.2×10^{16} α /g to 1.4×10^{18} α /g He, diffusion decreases while closure temperature increases from 140° to 220°C and He is retained in zircon. In this circumstance date-effective eU x He age correlates positive. Unlike and above $\sim 2 \times 10^{18}$ α /g He diffusion increase progressively in many orders of magnitude due to magnification and interconnection of damage zone, creating rapid easy pathways for He diffusion at lower temperature, eventually with total He loss. The high metamictisation in natural zircons gives in turn an inverse or negative correlation between eU and He age and much younger ages than expected.

In general, they observe that sample with higher eU concentrations and with older dates show frequently negative correlations. On the other hand, samples with lower eU concentrations and with younger dates often show positive correlations.

Further empirical investigations applying a mathematical damage annealing model, the Zircon Radiation Damage and Annealing Model (ZRDAAM), which parameterize the relationship between α -dose, radiation damage, and He diffusivity, to late detrital zircons were undertaken by Guenther and co-workers on old sedimentary rocks from Utah, US (2014). According to the authors, complicated thermal history of detrital zircon that share the same post depositional thermal history and were submitted to temperatures in or near the zircon He PRZ can be partially elucidated if the pre-depositional He history, or inherited history, of grains from distinct provenance is taking in account. Depending on pre- and post-depositional thermal history detrital samples suites of single-grains zircon may span a large distribution in eU with either positive or negative He-date correlation. Also possible are both correlations and no correlation at all in the same aliquot. In a date-eU correlation plot this like random distribution falls in a region namely "inheritance envelope" which theoretical encompass each zircon thermal history, inheritance or not, of the same sample.

In this context and applying the ZRDAAM the authors combined radiation damage (date-eU correlation), He inheritance and grain size to explain thermal history

of partially reset detrital zircon from Utah. Lately, Guenther and co-workers (2014) successfully attempted to constrain a sample's entire thermal and exhumation history of Precambrian to Neogene rocks of the Langmen Shan, China. Using the ZRDAAM to high damage zircons it was possible to interpret the wide variations of He ages accounting to radiation damage effects.

In this study we present a first thermochronological and exhumation history on detrital zircon of Proterozoic rocks from the Federal District, Brazil, using the ZRDAAM. The tectonic evolution of these rocks as testimonies of a tectonic inversion time lapse from a passive margin to an orogeny during the Meso-neoproterozoic, and to a finally cratonic stage has been well understood over the last decades with little disagreement in respect to strain deformation progress, precise moment of tectonic inversion, and a slow and long period of erosional exhumation. Mesozoic faults reactivation remains controversy and because of that their evidences are discussed in more detail. Despite of no previous investigation of possible zonation of the studied zircons, that can affect the He dating, the modeling showed once more the applicability of the ZRDAAM to high damage zircons.

Geological Settings

The rocks within the Federal District, Brazil, is a small enclosed part, further east, of a north-south roughly oriented orogenic belt, 400 km wide and 600 km long, namely Brazilian Fold Belt (BFB) (Figure 1), which comprises supracrustal rocks ranging in age from Archean to Neoproterozoic, accreted and deformed during the Brazilian/Pan-African Orogeny (900-550 Ma), accountable for the amalgamation of the West Gondwana (ALMEIDA *et al.*, 1973; 2000; BRITO *et al.*, 1999; 2014; VALERIANO *et al.*, 2004, 2008).

The orogeny agglutinated four minor paleocontinents in a progressive collision event (D'EL-REY *et al.*, 2011). An early eastward collision between the Amazon paleocontinent, located to the east, and the São Francisco-Congo, from west, followed by the north-northeastern ward collage of the Paraná block and the eastward of the Araguaia block to the southwest and northwest of the São Francisco paleocontinent, respectively. These last two continental blocks are viewed by the authors as minor continents detached from the prior Amazon paleocontinent, concurrently to the Amazon-São Francisco collision. The irregularities of both continental margins blocks caused a rotation in a locking point, which in turns induced enough strain distribution

to split the northeast (Araguaia block) and southeast portion (Paraná block) of the Amazon paleocontinent.

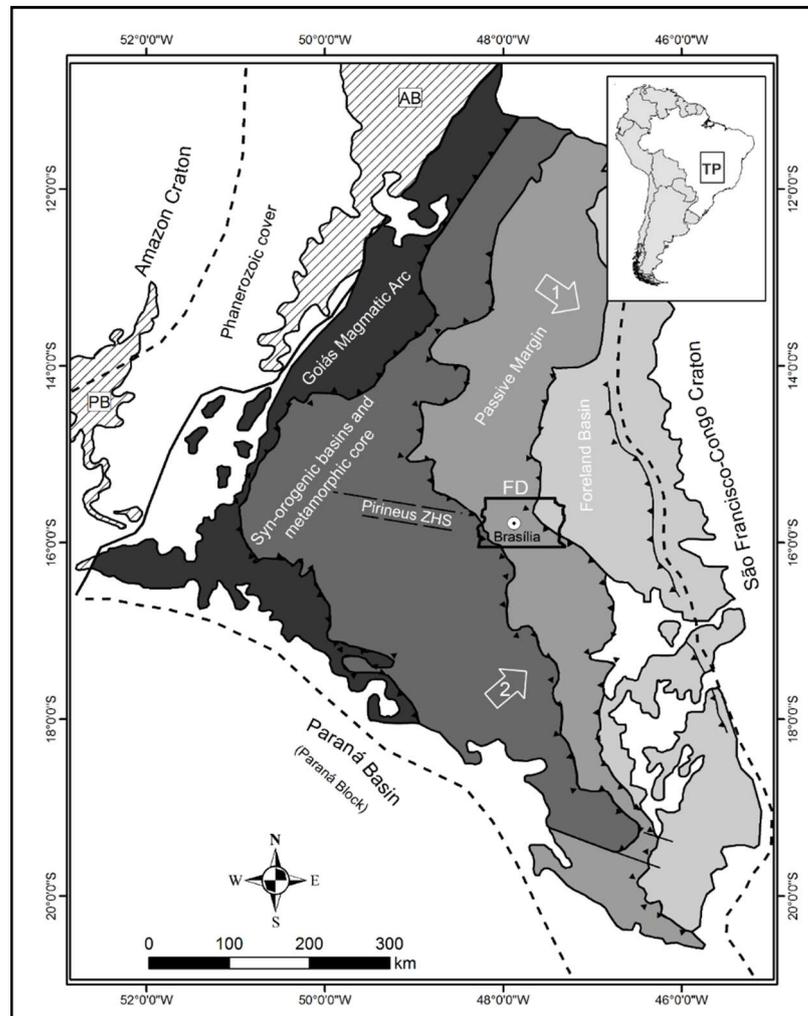


Figure 1 – Tectonic compartment of the central part of the Tocantins Province configured by the collision between the Amazon-São Francisco/Congo-Paraná (under Paraná Basin) cratons, showing the location of the Federal District (FD). Arrows indicate the tectonic motion to the East, against the São-Francisco/Congo (Arrow #1: early stage of collision; Arrow #2: late collision). From west to east: Goiás Magmatic Arc; Syn-orogenic basins and metamorphic core; Passive Margin; Foreland Basin (modified from Pimentel et al. 2011).

Large scale consequence in terms of structural features of this sequence of orogenic events is seen as the E-W bending of the Brazilian Fold Belt west of the FD. Within the FD limits the overprinting of the two almost perpendicular phases of strain, one with an overall E-W regional shortening and another one with an overall N-S regional shortening (FREITAS-SILVA and CAMPOS, 1995; 1998; LEMOS *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2008; D'EL-REY SILVA *et al.*, 2011), framed the prominent structural pattern of domes and box-junction (Figure 2). A final collision eastward of the remaining

Amazon paleocontinent against the São Francisco-Congo fastened together the four paleocontinents and the Archean Goiás Massif to form the actual Tocantins Province, central Brazil (VALERIANO *et al.*, 2004; D'EL-REY SILVA, 2011) (Figure 1).

In the FD, the collision gathered side by side by eastward thrust faults marine sediments of various settings, metamorphic grade and ages (Figure 2). Southwest of the area occurs the Neoproterozoic fore-arc sediments, metamorphosed to greenschist facies, of the namely Araxá Group. East of the Araxá Group, the Meso-Neoproterozoic anqui- to epi-metamorphosed platformal/fore-arc rocks of the Paranoá Group comprise the majority of the rocks of the FD, where the dome pattern is more conspicuous. The platformal rocks of the Canastra Group, a lateral correlated group of the Paranoá Group, made mainly of phyllites and quartzites greenschist-facies rocks, occupy a rough N-S sinclinal in the middle-east portion of the area. And finally, the Neoproterozoic epicontinental sediments of the Bambuí Group cover the most east portion of the FD.

The actual plateau landscape of the area of tablelands and valleys were forged by differential weathering over the dome structures of the Paranoá Group as well over the other groups during the Phanerozoic, establishing its drainage and aquifers systems (NOVAES PINTO, 1993; MARTINS; BAPTISTA, 1998; CARNEIRO, 1999; CARNEIRO; SOUZA, 2001; STEINKE, 2003; EMBRAPA, 2004; GOIÁS, 2006). The most resistant rocks like quartzites and rythmites of the Paranoá Group maintain the tablelands of highest altitude ranging from 1100 to 1300 m, while eroded bearing-silt and mud rocks of the Canastra and Araxá groups, and limestones of the Bambuí Group occur in depressions like dissecting valleys with the lowest altitude around 800 m. The mud and silt-bearing rocks of the Bambuí Group located at the easternmost part of the FD, as well as the formations of the Paranoá Group in- and outward of the domes structures of the area define an intermediate tableland between 1100 and 900 m high (MARTINS; BAPTISTA, 1998; IBGE, 2012). A suspicious tardy reactivation along thrust faults due to Mesozoic magmatism could also forge the actual landscape.

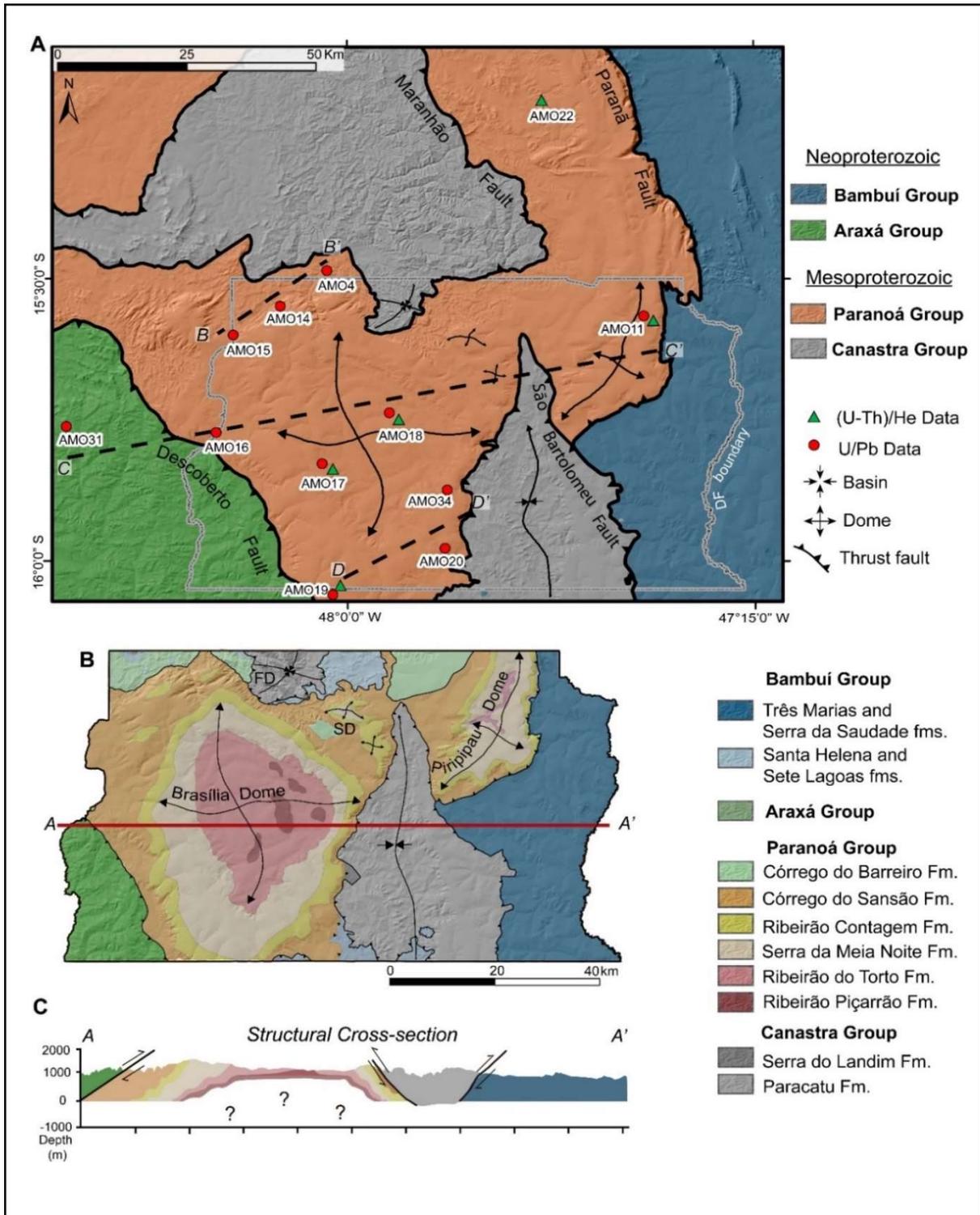


Figure 2 – (A) Digital elevation map of the Federal District with structural features and SW-NE profiles B-B', C-C and D-D', with location of hand samples collected. (B) Digital geologic map. The dominant structural feature is the Brasília Dome left center of the area as the result of coeval perpendicular shortenings throughout the Neoproterozoic Brazilian Orogeny. (C) Topographic profile A-A' across the FD derived from SRTM digital elevation data, showing the tectonic contacts by west-dipping thrust faults mostly.

Paranoá and Canastra groups

According to previous stratigraphic studies (DARDENNE, 1981; FARIA, 1995; GUIMARÃES, 1997; FREITAS-SILVA; CAMPOS, 1995; 1998; COSTA NETO, 2006; CAMPOS *et al.*, 2013) the majority and oldest rocks of the FD (Figure 2) are represented by low metamorphosed sedimentary marine rocks of the Paranoá Group and correlated Canastra Group (DARDENNE, 1979; 2000; CAMPOS NETO, 1984; PEREIRA *et al.*, 1994; FREITAS-SILVA, 1991), both partially represented in the area. The two groups were interpreted as representative of a passive margin sequence deposited during the Meso-Neoproterozoic, formerly to the Brazilian Orogenic Belt, on the western margin of the São Francisco-Congo paleocontinent. The dome pattern overprinted mainly these two groups.

The Paranoá Group is made up mainly of mature siliciclastic rocks represented, stratigraphically from bottom to top, by the Serra do Paranã, Ribeirão Piçarrão, Ribeirão do Torto, Serra da Meia Noite, Ribeirão Contagem, and Corrêgo do Sansão formations (CAMPOS *et al.*, 2013). Rhythmic variations of deeper water phyllites with tidal rhythmites and quartzites, storm rhythmites, limestones and stromatolitic dolomites, and many well preserved sedimentary structures reflect successive fluctuation of the sea level. On the other hand, the top most unit of the group, the Córrego do Barreiro Formation, records an inversion of the tectonic dynamics by syn-orogenic imature sedimentary rocks indicating deposition in a fore-arc basin (COSTA NETO, 2006).

The Canastra Group with platformal deposits is interpreted by Dardenne (2000) and Valeriano (2004) as a lateral equivalent of the Paranoá Group. In the FD the primary sedimentation structures are no longer preserved in these green-schists metasediments (SILVA, 2003), represented today by calciferous phyllites and quartzites of the Serra do Landim Formation, the basal and only unit of the group that occurs in the area.

Provenance studies carried out by Pimentel and others (2001), based on U/Pb and Sm/Nd dates for rhythms, shales and phyllites from both groups yielded a maximum depositional age of 1.2–0.9 Ga and a T_{DM} age ca. 2.3–1.9 Ga, indicating Paleoproterozoic continental rocks of the São Francisco–Congo Craton as main source (CORDANI; SATO, 1999).

Matteini and co-workers (2012) in a more detailed study on Paranoá Group obtained an U-Pb age of ~ 1.04 Ga as minimum depositional age on diagenetic xenotime overgrowth on zircon grains, and a maximal deposition age of 1.54 Ga. Combined U-Pb and Lu-Hf registered a most important population at 2.0-2.25 Ga, two others evident at 1.78 and 1.54 Ga, and various Archean-Paleoproterozoic minor populations. The wide variety of $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ indicated distinct magmatic settings as potential sources, with T_{DM} age ranging from Archean to Paleoproterozoic. The authors also identified the São Francisco Craton as the provenance source.

Silva and co-workers (2006) and Rodrigues and co-workers (2010), using combined U-Pb and Sm/Nd isotopic systems, investigated the Canastra Group in the southern BFB, 150 Km south from FD. The U-Pb dates by the first authors distinguished two U-Pb populations for the basal unit, the Serra do Landim, the main source of 2.1 Ga and a secondary contribution from a 1.8 Ga terrains. The Sm/Nd dates suggested a T_{DM} of 1.7-2.2 Ga and strongly positive $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ values indicate an old reworked crustal source, which was considered as the São Francisco-Congo paleocontinent. The age of metamorphism for the Canastra Group obtained by garnet-total rock Sm/Nd ranges between 543 ± 22 to 581 ± 12 Ma. Rodrigues and co-workers (2010) provide, for the Serra do Landim Formation, a main concentration U-Pb age between 2.1 and 2.25 Ga and various minor younger Proterozoic population. T_{DM} Sm-Nd ages yielded ages ranging from 1.8 to 2.4 Ga, corroborating the previous work that suggested the zircons were derived from São Francisco Craton and deposited in a distal platform of a passive margin. A maximal deposition age of ~ 1.03 Ga was advocated for the group.

Araxá Group

The Araxá Group is a high deformed and tectonically imbricated assemblage of green-schists-amphibolite metasediments and metaigneous rocks, which complicate the determination of its stratigraphy and tectonic settings. Isotopic interpretation pointed out diverse tectonic settings, sediments provenance and ages for these rocks from different portions of the Brasília Belt. Seer and others (2001) performed a detailed REE geochemistry and Nd isotopes investigation on amphibolites from the southern Brazilian Fold Belt that showed an E-MORB signature, supporting an oceanic crust settings. Two distinct Sm/Nd T_{DM} ages obtained from metasediment rocks of the southern BB rocks gave an age of 1.9 and 1.3 Ga (SEER *et al.*, 2001), and 1.76–2.26 Ga and 1.04–1.5 Ga (NAVARRO *et al.*, 2013). Furthermore, these ages are in

agreement with metasediment samples of the northern BB, which provide ages of 1.8-2.1 Ga and 1.0-1.3 Ga (PIMENTEL *et al.*, 2001) as well. The authors justified these bimodality by two contrasting source terrains, one older in the east, represented by the São Francisco-Congo Craton, and a younger in the west, given by a volcanic arc, the Goiás Magmatic Arc, suggesting that the sediments were accumulated in a back-arc basin. Piuzana *et al.*, (2003) reported the youngest detrital zircon U-Pb age of ca. 643 Ma from both mafic and felsic igneous source rocks of the southern portion of the BFB as the upper limit for deposition of the original detrital sediments.

However, Valeriano & Simões (1997), Valeriano and co-workers (2004) and Silva and co-workers (2006), studying the metasediments of the southern portion of the BFB, proposed a distal platform or talude of the eastern São Francisco-Congo paleocontinent as the deposition site for these rocks. Despite the bimodal Sm/Nd T_{DM} of 1.1-1.3 and 1.9-2.1 Ga defined by Silva and co-workers (2006), the authors consider a massive contribution of continental sediments with subordinate input of magmatic arc material, and a metamorphic Sm/Nd age of 612 ± 6 Ma. Metamorphic U-Pb yielded ages varying between 631-650 Ga (VALERIANO *et al.*, 2004). Isotopic U-Pb dates in detrital zircon from Araxá (VALERIANO *et al.*, 2004) and Paracatu (RODRIGUES *et al.*, 2010) Formation yielded a 1040 Ma as maximal deposition age.

Bambuí Group

The Bambuí Group (DARDENNE, 1978; 2000; THOMAZ FILHO *et al.*, 1998) unlike the other groups in the FD is a non-metamorphosed to anquimetamorphosed sequence of Neoproterozoic sediments deposited in a foreland basin, east of the BFB and not included as part of it, covering large areas of the São Francisco-Congo Craton (PARENTI-COUTO *et al.*, 1981; CHANG *et al.*, 1988)

The transition from a shallow and restricted marine condition, evolving to costal reef and finally to alluvial environment suggest sedimentation of the group in an epicontinental platform (MARINI *et al.*, 1984; DARDENNE, 2000; SANTOS *et al.*, 2000).

The Bambuí Group were divided in six formations from bottom to top: Jequitáí, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade, and Três Marias formations. The two basal units, Sete Lagoas and Serra de Santa Helena

formations, are exposed north of the FD. East of the area occur rocks of the Serra da Saudade and Três Maria formations.

The Sete Lagoas Formation is made up mostly of carbonatic rocks interlayered with mudstones and siltstones, laminated and stromatolitic dolomite, intraformational breccias, dolarenite and oolitic limestone. Shales and laminated siltstones of the Santa Helena Formation overlies the Sete Lagoas Formation. Locally occur layers of very fine sandstone with cross and parallel stratification. Both formations were deposited in shallow and restricted marine conditions during two successive regressive megacycles, each of megacycles started with a rapid transgression.

The age of sedimentation of the Sete Lagoas Formation performed on shales by Thomaz Filho and co-workers (1998) with Rb-Sr and K-Ar data yielded 640 Ma, while Babinski and others (2007) obtained a Pb-Pb isochron on carbonates of ca. 740 Ma. Carbon isotope data for carbonates of the Sete Lagoas Formation were interpreted as post-glacial sequences, associated to the Sturtian Glaciation (720-660 Ma) (CHANG *et al.*, 1993; MISSI *et al.*, 2005; SANTOS *et al.*, 2004; BABINSKI *et al.*, 2007). The Sr isotopic compositions of carbonates of the same formation is similar to water values of 650-610 Ma (BABINSKI *et al.*, 2007; HALVERSON, *et al.*, 2007), more specific after the Marinoana Glaciation ca. 635 Ma (BABINSKI, 2012). Cunha (2015) also investigating Sr isotopes behavior and consider 630 Ma as the maximum depositional age, and 575 Ma as the minimum, which correlates to the Ediacarian Period.

U-Pb zircon analyses reported by Rodrigues (2008) for the entire group show a strong dominance of Neoproterozoic age around 600 Ma, indicating sediment derivation from the BFB itself.

Although the well comprehended regional tectonic evolution of the area as a whole, no thermochronologic dates have been taken so far in the old rocks of the FD. A thermochronological investigation could bring details about the historic evolution of this rocks in respect to time of deposition, burial time lapse, time and temperature of deformation, what kind of exhumation took place in the Phanerozoic and if there were any tectonic reactivation during the Mesozoic.

In order to highlight those questions a first thermochronologic studied was carried out mainly on the Paranoá Group, which comprises the majority of the rocks of the FD and defines well the dome, and also due to the absence of well-preserved outcrops of the other groups within the area.

ANALYTICAL PROCEDURES

A total of 11 rock samples for He thermochronology studies, most of them meta-sandstone, with average weight of ten kilograms were collect along three subparallel SW-NE transects as showed in Figure 2. Five others were sampled for U-Pb analyses in order to check both the provenance, age of deposition and to constrain the early stages of the history.

The northern most transect encompass three samples from the top sequence of the Paranoá Group. Two samples, at the west and east extreme of the transect, are from the highest stratigraphic unit, the Córrego do Barreiro Formation. The AMO-15 is a fine-grained malm, and AMO-04 is a coarse-grained sandstone as thin layers that occur intercalated within the formation. In the middle of the transect, AMO-14 is a medium-to-coarse-grained meta-sandstone of the Córrego do Sansão Formation. The three samples are ~240m difference in altitude.

The middle transect comprises five samples, four samples of the middle-to top units of the Paranoá Group and one of the Araxá Group, beyond the west little of the FD, where a good sample of the group were available. All samples of the Paranoá Group are meta-sandstone. From west to the east of the transect, the AMO-31 is a medium-coarse white mica-quartzite of the Araxá Group. The sample AMO-16 is a massive yellowish quartzite of the Córrego do Sansão Formation. Samples AMO-17 and 18 are medium-to-coarse-grained white meta-sandstones, the first one from the Serra da Meia Noite Formation, and the second of the Ribeirão Piçarrão Formation. The AMO-33 is a fine conglomeratic reddish meta-sandstone of the Ribeirão Contagem Formation. The altitude difference between these samples are no more than 60m.

The southern transect enfolds three meta-sandstone of the top sequence of the Paranoá Group as well. Sample AMO-19 is a massive fine-to-medium-grained meta-sandstone of the Ribeirão Contagem Formation, sample AMO-20 is a massive fine-to-medium-grained quartzite of the Córrego do Sansão Formation, and the AMO-34 is a massive medium-grained quartzite of The Serra da Meia Noite Formation. All samples are within ~140 m difference in altitude.

Samples AMO-11, 17, 18 19, and 22 were analyzed for U-Pb. Sample AMO-11 (U-Pb) is equivalent to AMO-33 (He). Both are from the same outcrop, but collect in different location. AMO-17, 18, and 19 were analyzed for both method, and AMO-22 were analyzed only for U-Pb. Nevertheless, the choice of the same sample for both

isotopic analyses in four outcrops, double-dating was not investigated, owing to the picking up of different zircon aliquots for each method. However, both methods were correlated to constrain the thermal history.

The mineral separation followed the standard routine, which includes standard crushing, sieving, and magnetic and density separation procedures. Zircon and apatite were separated at the University of Brasília (UnB) and at the University of Rio Grande do Sul (UFRGS), both in Brazil. Regarding the two attempts to separate apatite, the low concentrations of the mineral in the collected samples, in accordance to mature sandstone, makes its analyses impracticable. Like this, only zircon results are reported.

U-Pb dating were performed with LA-ICP-MS at the University of Arizona, US.

The final zircon separation for He and the (U-Th)/He analyses and were performed at the University of Arizona, US, following methods described in Reiners and co-workers (2005). Under the optical microscopy the zircon samples showed distinct optical features, i.e. transparent to very dark, and hard to brittle, which were tentatively interpreted as a result of different degrees in radiation damage (Figure 3). We previously assumed dark and brittle grains as high metamict zircons, while transparent and hard ones as low metamict to well crystallized zircons, and any variation in between as low-to intermediate metamict zircons. Taking this in account, five single-grain aliquots of each sample were assorted whenever possible as follows: two high-damage zircons, one intermediate, and two low or non-damage zircons. Therefore, three sets of zircons for each sample were discriminated as A (high damage), B (intermediate-damage), and C (low/non-damage).

Thus five zircon aliquots of each samples, whenever possible, were analyzed using diode Nd:YAG and CO₂ laser heating, cryogenic purification, and quadrupole mass-spectrometry for ⁴He analysis. In order to avoid any risks of contamination the A, B, and C sets of zircons were analyzed separately. U and Th were analyzed by isotope-dilution high resolution–inductively coupled plasma–mass spectrometry (HR-ICP-MS). Alpha ejection corrections followed Hourigan and co-workers (2005).

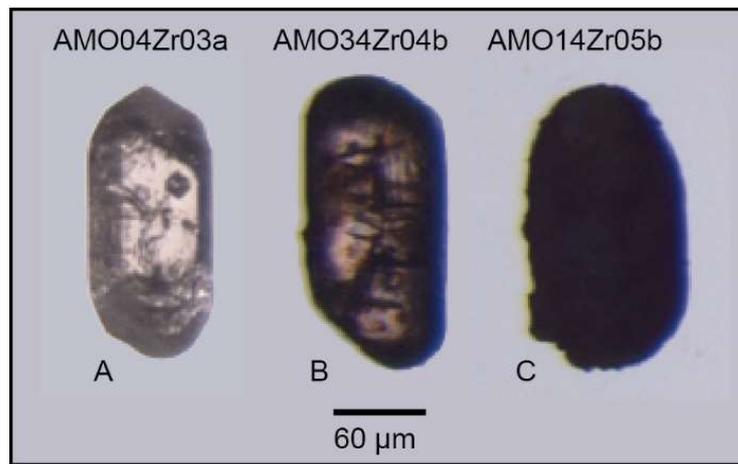


Figure 3 – Optical classification of zircons of the FD, prior to He analysis, according to their clarity and friability when handled with tweezers: A – Light and transparent, low friability; B – Medium brown translucent; medium friability; C – Dark brown and opaque; high friability. Class B is by far the most common type of zircon in all hand samples. Class A zircons are very rare and appear essentially on the Córrego do Barreiro Formation, the top most unit of the Paranoá Group, while Class C, the second typical, occur in the majority of the samples.

RESULTS

U-Pb data

The detrital zircon U-Pb data in Figure 4 show a provenance that goes from more erratic age distributions on the lower units at the FD, to a distinct bimodal contribution on the top units. However and in general, all samples have important detrital material from Paleoproterozoic source terrains either with ages ranging between 1.8-1.9 and/or 2.0-2.2 Ga. Less evident but also common for all samples are Mesoproterozoic populations ranging from 1.2 to 1.6, as well as scattered Paleoproterozoic to Archean populations. Individual data are discussed below in a stratigraphic ascending order.

Sample AMO-11 (Serra do Paranã Formation), the lowest stratigraphy unit sampled for this study, has a major Paleoproterozoic zircon contribution of 2.1 Ga and a well registered Mesoproterozoic population of ~1.55 Ga. Two other Paleoproterozoic populations of 1.8 and 1.95 Ga are also clear, and five Archean populations at 2.5, 2.65, 2.7, 2.85, and 3.2 Ga are less evident.

Sample AMO-18 (Ribeirão Piçarrão Formation) has three distinct remarkable populations. The two most important Paleoproterozoic contribution at ~2.1 Ga and at ~1.95 Ga. Two others evident Neoproterozoic populations and unique for this sample are

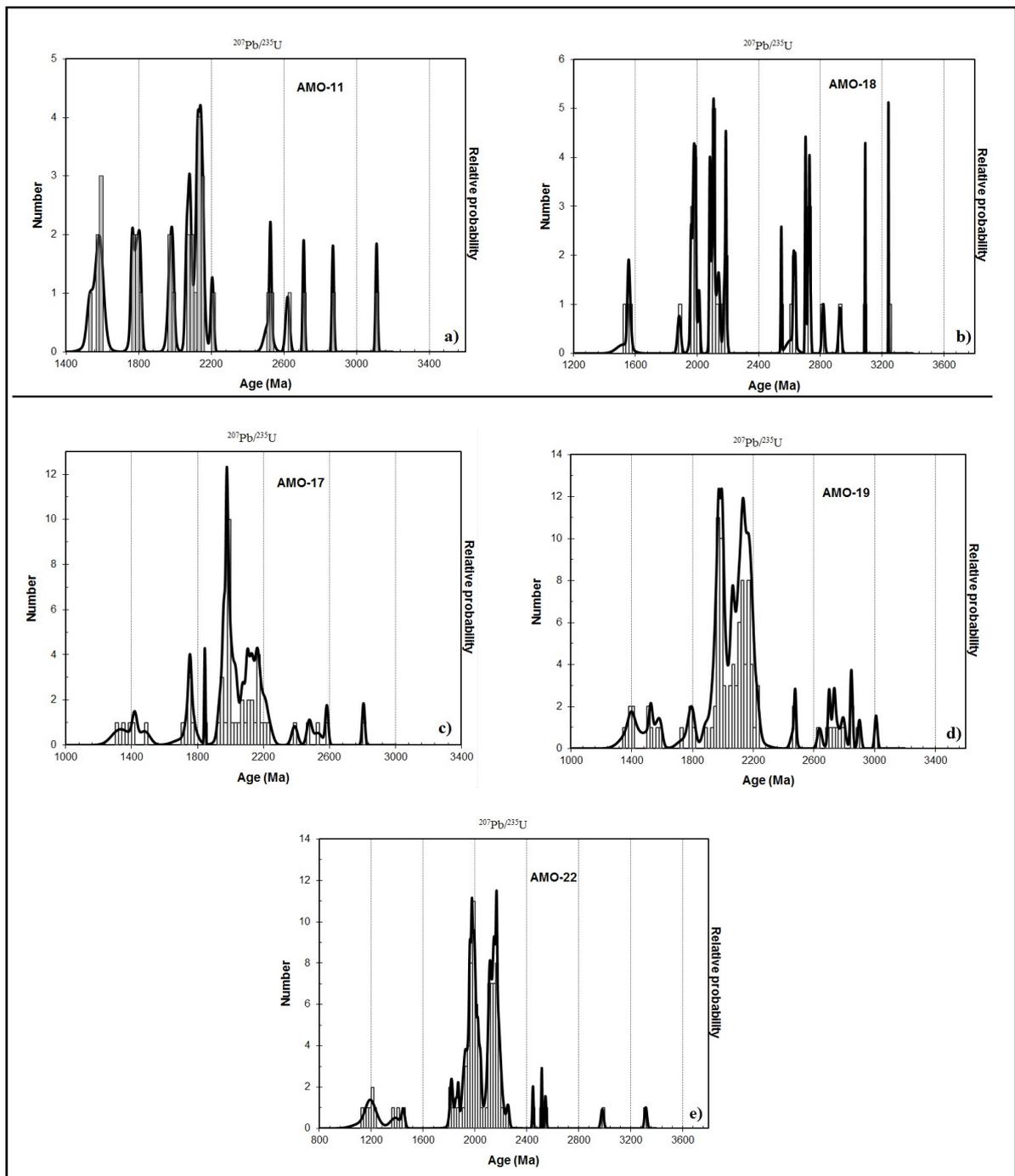


Figure 4 – U-Pb ages of the Paranoá Group, Federal District, showing a more scattered distribution of zircon populations in the two basal unit samples, AMO-11 and AMO-18, from Archean to Mesoproterozoic ages, with a most important Paleoproterozoic population. In the upper units, AMO-17, AMO-19, and AMO-22 Paleoproterozoic populations between 1.8-2.2 Ga are by far the most conspicuous.

represented at ~2.6 and 2.75 Ga. One small population at 1.55 Ga and four Meso- to Paleoproterozoic populations also occurs.

Sample AMO-17 (Serra da Meia Noite Formation) has an outstanding provenance of zircons from a 1.9 Ga source and two minor contributions from terrains of ~2.1 Ga and ~1.75 Ga. Two small Mesoproterozoic populations at ~1.35 and ~1.47,

two other Paleoproterozoic at 2.4 and 2.5 Ga, and two zircon Archean population at 2.6 and ~2.85 Ga are present in the sample.

A bimodal Paleoproterozoic distribution is evident in sample AMO 19 (Ribeirão Contagem Formation) at 1.9 and ~2.1 Ga. Detrital material from younger Proterozoic terrains of 1.4, 1.5, and 1.8 Ga, and from older Archean sources of 2.5-3.0 Ga are both less representatives.

In sample AMO-22 (Córrego do Barreiro Formation), the highest sequence unit of the Paranoá Group, a bimodal Paleoproterozoic dominance is by far the most remarkable distribution, at 1.95 and 2.1 Ga. In contrast to the other samples AMO-22 shows the youngest Mesoproterozoic population of 1.2 Ga and also a less expressive population at ~1.55 Ga. Also Archean contribution is more scattered in this sample compared to the others.

He data

At first, the previous optical classification between high metamict and low metamict had no consistent correlations to U-Pb or He ages after comparison with the analytical results.

The multi-grain aliquots dataset for each sample of the FD are shown in date-eU plots in Figure 5. Most of the samples shows low concentration of eU as well as low He age for detrital Proterozoic zircons. The trends reveals all kind of correlation, when none. A slight positive trend is seen in samples AMO-31, 16, and 33, whereas in samples AMO-15, 18, and AMO 34 the tendency seems to be negative. Sample AMO 14 shows either positive or negative trends. Sample AMO-20 shows a quite flat trend. Two others, AMO-04 and 17, exhibit a cluster with no trend at all.

Due to little variation in elevation of ~100 m in average, no correlation between date and elevation were either unable to be reported.

The full date spread show inverse date-eU correlation (Figure 6), suggesting influence of radiation damage.

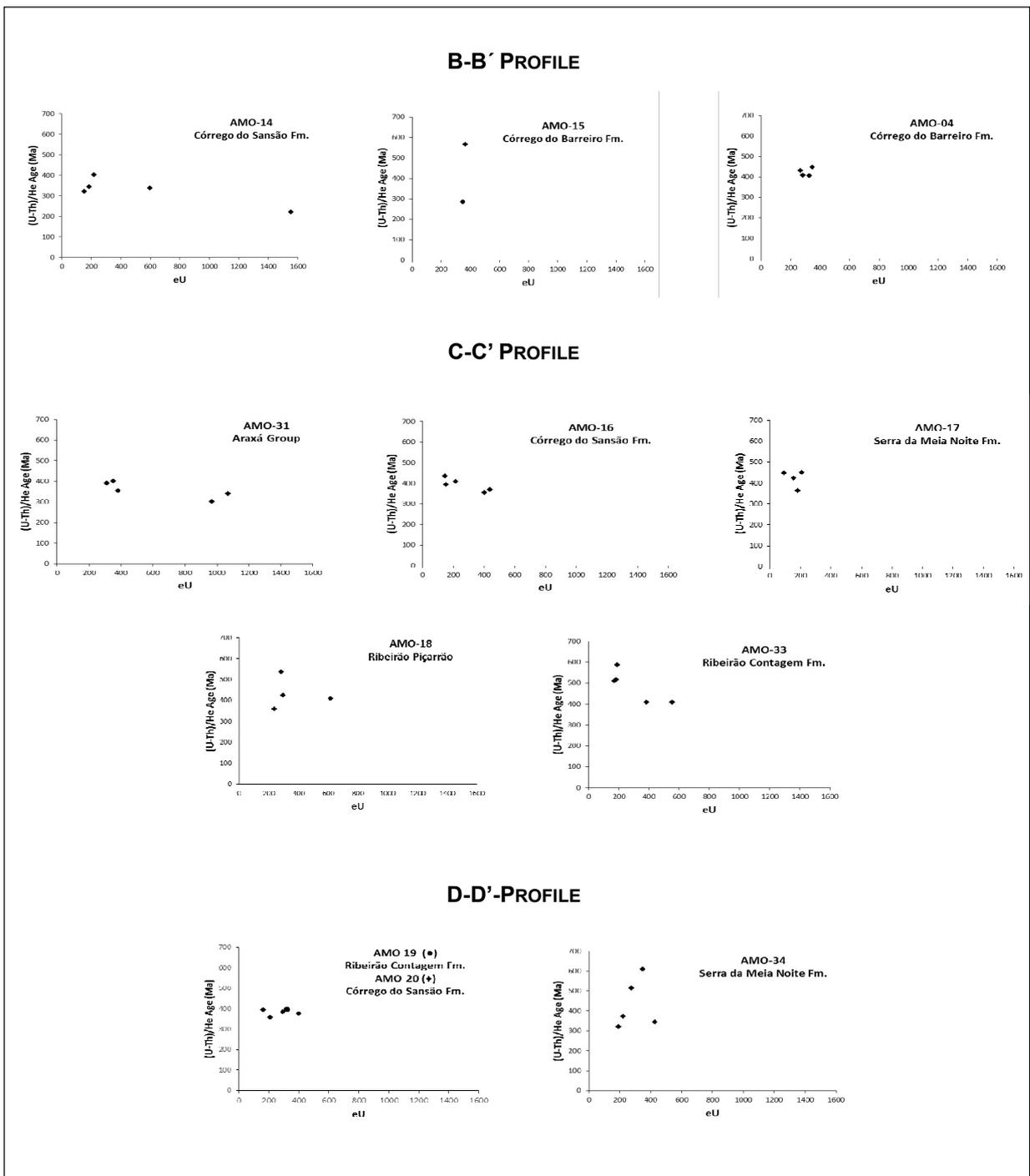


Figure 5 – Zircon (U-Th)/He date-eU plots for each individual samples of the three transect showed in Figure 2. The majority of the samples comprise a five-grains aliquot, few of them (AMO-04, 15, 17) contain four grain and only one, AMO-19, has just one grain, and for that reason were treated together with AMO-20, the closest sample of the same transect. The inequality of zircon amount in each sample came from discharge of result of no significance. Almost all samples display no remarkable correlation due to the narrow range of eU between 200 Ma and ~600 Ma, compared to their age and burial timelapse. Exception for AMO-14, which has the oldest He age of 1600 Ma, giving a negative correlation between ~220 Ma and 1600 Ma that switches to a short positive tendency form 220 Ma to 180 Ma. For a more detailed description see text.

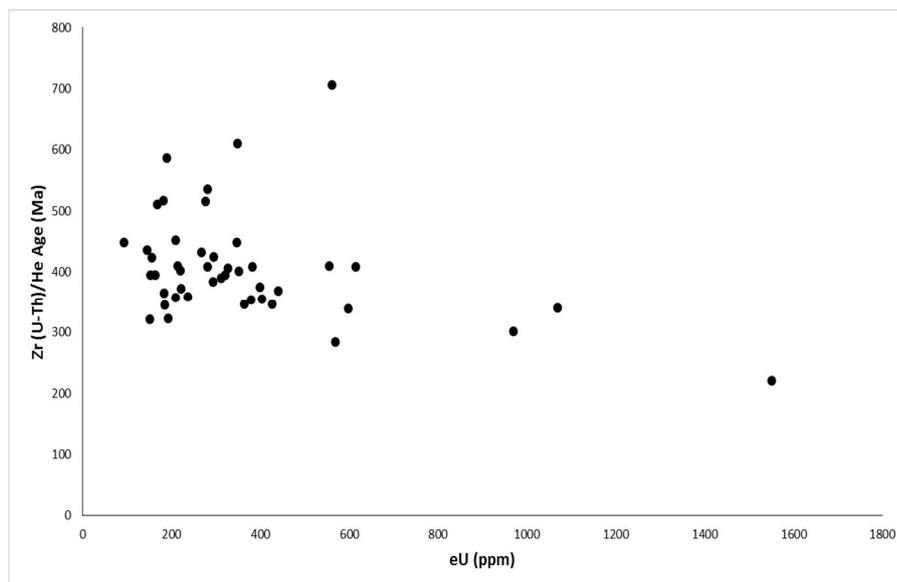


Figure 6 – ZRDAAM forward date-eU correlation for all sample in one dataset. Despite the higher concentration of samples at lower eU and a significant date dispersion, a slight negative trend can still be distinguish. This is in agreement with high damage zircons that has experienced long-term burial and/or were submitted to temperatures close to zircon T_c temperatures.

In order to figure out any common thermal history for these samples the modeling ZRDAAM (Zircon Radiation Damage and Annealing Model) proposed by Guenther and others (2013) for high damage detrital zircons was applied. It was taking in account that all sample underwent the same thermal history after burial and that zircons experienced a long period over Partial Retention Zone (PRZ), confirmed by the span between burial and metamorphism of ~500 Ma. In addition to that, the low-grade metamorphism was not enough to complete reset the inheritance thermochronological history of the detrital zircons, which can be tentatively understood by the modeling.

A forward modeling approach was applied and the model input data were both eU bins at 100, 300, 500, 700, 1200, and 2800, as the mean of effective spherical crystal radius at each bin with an equivalent surface-to-volume ratio for each zircon grain. No inversion model was investigated to confirm the provided results.

To constraint plausible tT paths for zircon He dates from the FD we rely primarily on the well-constrained tectonic history reported by previous researchers and the new U-Pb ages as follow: (1) a predeposition stage starting at 2.2 Ga, taken as the upper limit of the most prominent population of detrital zircon given by U-Pb data; (2) prolonged burial at low temperature, below the PRZ, over 570 Ma, starting at 1.2 Ga (maximum age of deposition) and ended at 1.0 Ga (minimum age of deposition); (3) undergoing anqui- to low metamorphism between 630-550 Ma (metamorphism date)

along Brazilian Orogeny; (4) long term slow cooling erosional exhumation from 550 to ca. 100 Ma; (5) a rapid cooling by tectonic uplift in the lower to upper Cretaceous ca. 100 Ma, as the most recent tectonic activity in the area under investigation by other colleagues, and included here as a possibility to be checked.

Five distinct geological constrained tT paths were evaluated and their forward-model date-eU results were plotted in figure 7. Figure 8 shows the same date-eU curves for the best-fit paths with their zero-inheritance curves. Aside from one end-member scenario (tT path 1), which simulate a longer thermal history with a predeposition period within a timing span of 1000 Ma, all other forward models paths start with a burial at 1200 Ma. The hypothesis of rapid cooling in the Cretaceous by tectonic exhumation is tested and compared to other paths showing constant cooling rate either up to the present or at 100 Ma.

The step prior to deposition of scenario 1 consists of 2200 Ma at 20°C and was set in order to test the degree of full retention of He and damage at surface conditions prior to the burial of the zircon grains. To further evaluate these two conditions in scenario 1 the metamorphic temperature at 180°C for low grade metamorphic rocks was considered, assuming this as the closure temperature of zircon (U-Th)/He thermochronometer (REINERS *et al.*, 2004) as well. At last, a constant rate of cooling after orogeny up to the present is the final constraint of the scenario. The date-eU curve of scenario 1 shows no good correspondence with the FD. Scenario 5, on the other hand, simulate full resetting of high damage zircons in detrital sample when metamorphosed at 300°C during the Brazilian Orogeny, still under low grade metamorphism. A final constraint is the onset of cooling at 100 Ma to represent the final tectonic exhumation (60-20°C). Over again, and ever worse, no matches is found between the model solution and the zircons He data of FD, except for two grains.

Scenarios 2-4 represent tT paths of partial resetting of He, distinguished from each other in terms of their metamorphic temperature, within the ZPR, and in respect to final exhumation stage, if tectonic or erosional in the last 100 Ma. The thermal history of scenario 2 was constrained by metamorphic temperature at 200°C and a long and constant erosional exhumation up to the present. Higher metamorphic temperature of ~220°C during orogenic efforts, followed by slow cooling interrupted at 100 Ma by tectonic uplift constraint the model of scenario 3. While in scenario 4, slow cooling achieved present conditions at 100 Ma after underwent metamorphism at 250°C.

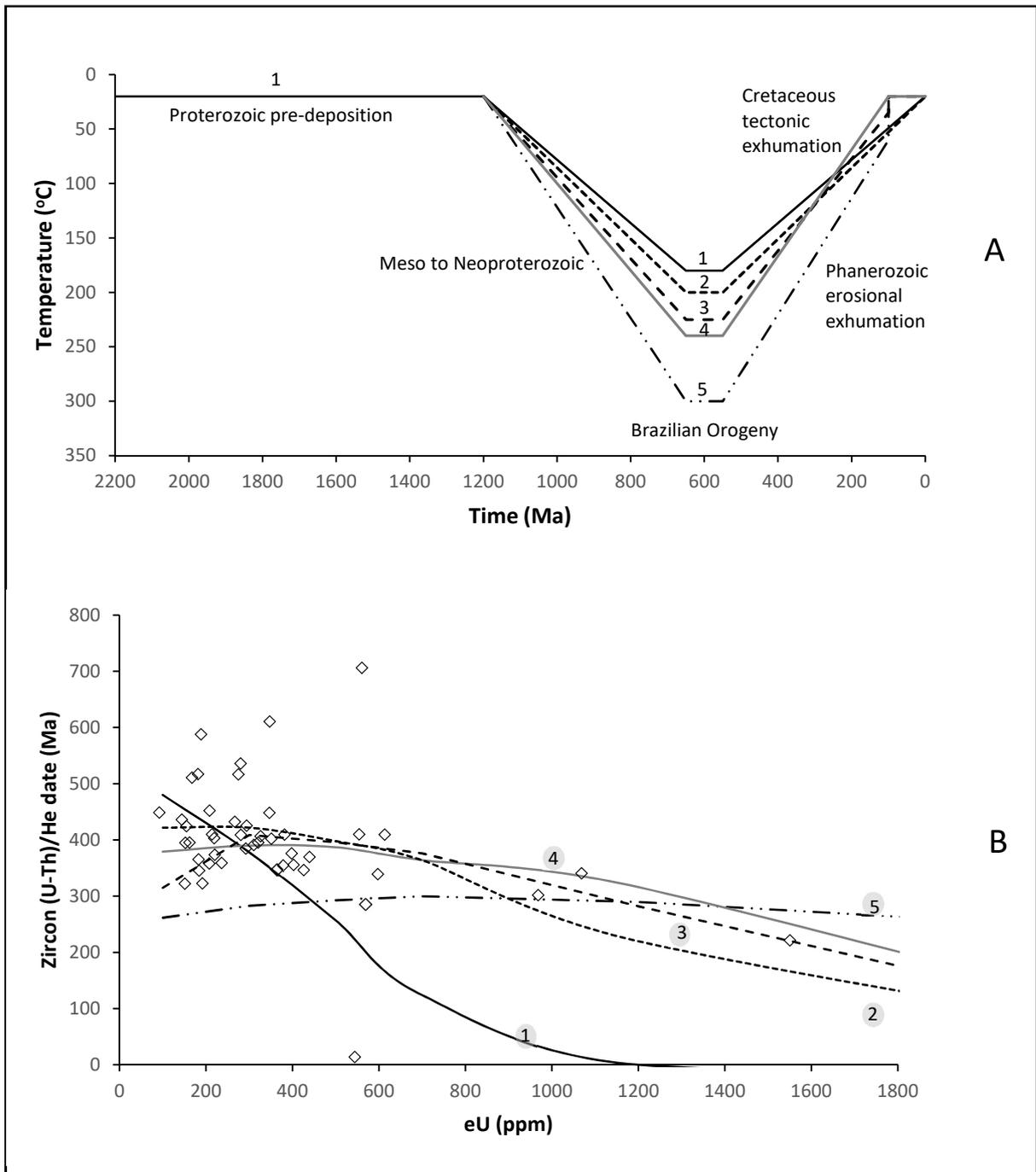
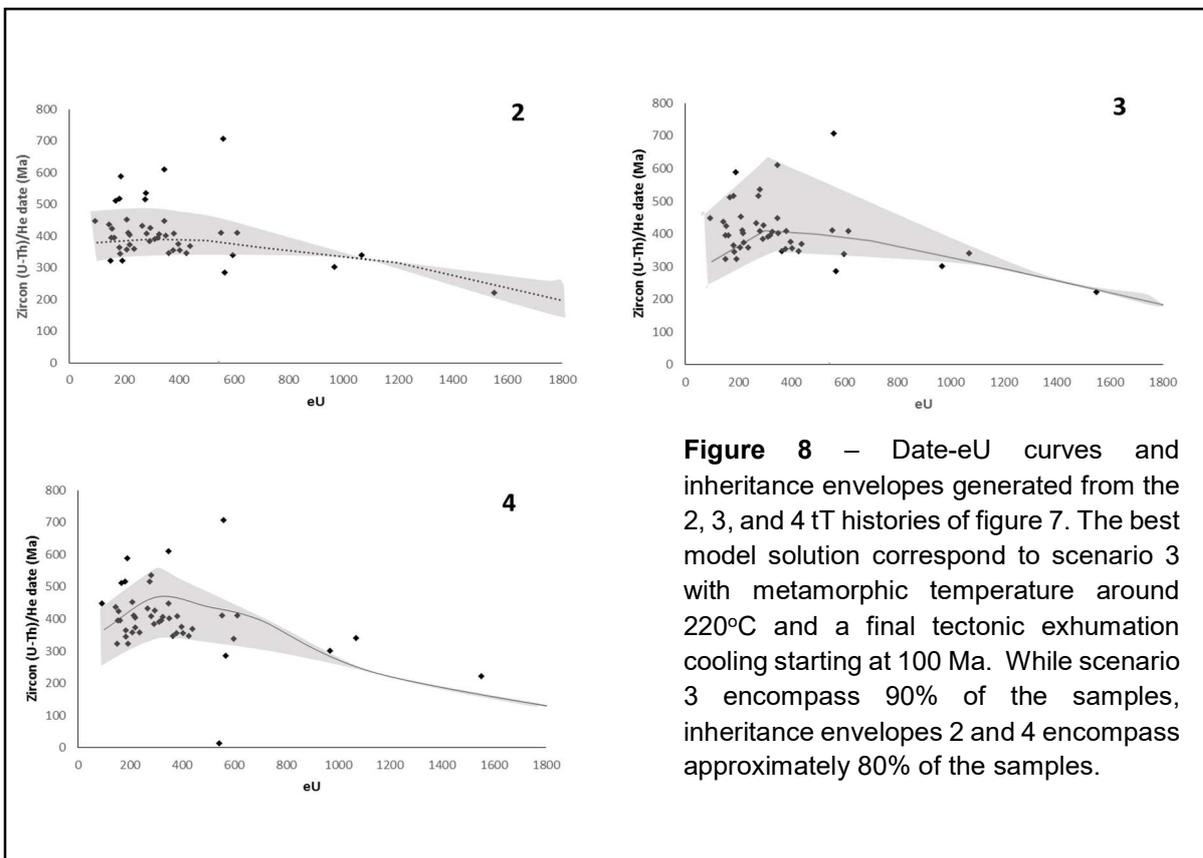


Figure 7 – (A) Thermal histories shown in the top panel simulate burial along ~570 Ma, starting at 1200 Ma, except for scenario 1 with a pre-deposition step starting at 2200 Ma submitted to a long superficial conditions. All scenarios underwent to the Brazilian Orogeny, for ~120 Ma, between 630 to 550Ma under constant temperatures, but at distinct temperatures for each scenario. Subsequently, a long period of erosional exhumation took place until Lower Cretaceous at ~100 Ma for scenario 2 and 5. A constant erosional exhumation after the metamorphic event up to the present was considered for scenario 1 and 2 and, up to 100 Ma for scenario 4, since then superficial conditions took place. (B) The lower panel shows the forward modeled date-eU curves. The long-term superficial pre-deposition of scenarios 1 and the total reset of scenario 5 have no good correlation. Scenarios 2, 3, and 4 showed the best-fit and further considerations on inheritance envelopes generated for each tT histories is displayed in figure 8.



The best correlations whose envelop surfaces encompass more data are the thermal histories of model 3. The date-eU envelope in scenario 3 with a final tectonic exhumation cooling starting at 100 Ma captures almost 90% compared to scenario 2 and 4 with ~80% of the samples. Thus, the best thermal history that fits to the data consist of an initial burial event that goes from 1200 Ma to 630 Ma at a rate of ~0.36°C/my, followed by anqui- to low grade metamorphism (220°C), within the RPZ during 80 Ma. Soon afterwards, a long term cooling up to 100 Ma at a rate of ~0.42°C/my took place, and finally a tectonic uplift at 100 Ma exposed the rocks to superficial temperature up to the present.

DISCUSSION

U-Pb

A comparison with the study of Matteini and co-workers (2012), which performed a more detailed geochronological date on the Paranoá Group 100 km north of the FD, is discussed here in order to highlight the similarities and divergences of the same group from different, but very close locations. Matteini and co-workers (2012) reported U-Pb ages (Figure 9) for samples of the Ribeirão São Miguel (PR01), Serra da Boa Vista (PR02), Serra do Paranã (PR03), Ribeirão do Torto (PR04), Córrego do

Sansão (PR05), and Ribeirão Contagem formations (PR06). The majority of the samples (PR02, PR03, PR05, and PR06), except for PR04, analyzed by those authors shows a strong unimodal distribution at ~2.1 Ga. Samples PR01, PR05 and PR06 have still small and scattered contributions of terrains of Meso- to Paleoproterozoic and Archean ages.

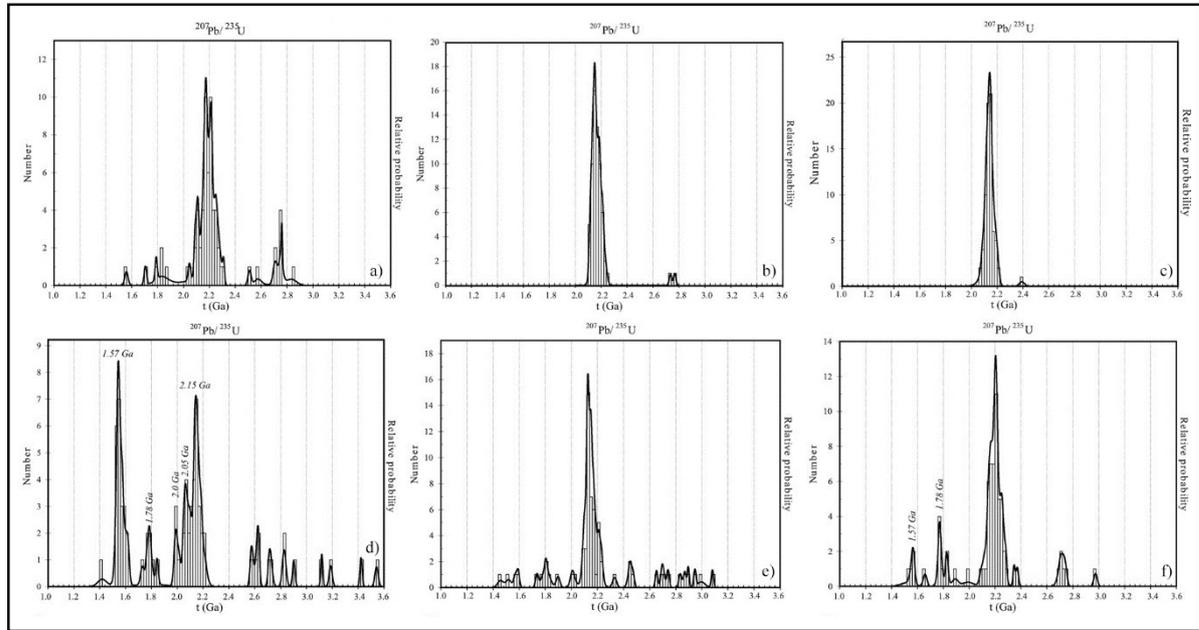


Figure 9 – U-Pb provenance zircon ages for samples of the Ribeirão São Miguel (PR01), Serra da Boa Vista (PR02), Serra do Paranã (PR03), Ribeirão do Torto (PR04), Córrego do Sansão (PR05), and Ribeirão Contagem formations (PR06) (Matteini *et al.*, 2012). A unimodal distribution is clearer in most of these samples northern of FD compared to the samples within FD, showing contributions from various sources for the FD region. Notwithstanding, both set of samples confirm the São-Francisco-Congo Craton as the main source of detrital zircons.

Sample PR03 is equivalent stratigraphically to AMO-11, whereas PR05 and PR06 are correspondent to AMO 17 and 19, respectively. The most conspicuous difference in their samples compared to ours is the already mentioned outstanding population at ~2.1Ga in the first. Samples PR05 and PR06 are similar to ours due to small contributions younger and older than 2.1 Ga.

Sample PR04 exhibits a unique bimodal distribution with a higher pick at 1.57 Ga and a second one between 2.0-2.2 Ga. Of less importance is a population of Paleoproterozoic age at 1.78 Ga, and several Archean population ranging from 2.6 to 3.55 Ga. Although from different stratigraphic level, sample PR04 (Ribeirão do Torto Formation) and AMO-11 (Serra do Paranã Formation) are quite similar in respect to their source terrains. Both samples have two major contribution at 1.57 Ga and at 2.0-

2.2 Ga, but the first are richer in Mesoproterozoic zircons than the second, richer in Paleoproterozoic ones.

Nevertheless the unlike distributions for most of the compared samples of the two studies it is possible to confirm the São Francisco-Congo Craton as the main source for all samples. However the Paranoá rocks in the FD received more detrital zircons from different sources of the same paleocontinent, compared to the rocks north of the FD. Matteini *et al.*, (2012) define a maximum depositional age of 1.54 Ga a minimum depositional age of ~1.04 Ga, the latter obtained on diagenetic xenotime overgrowth on zircon grains. In the FD a maximum depositional age of 1.3 Ga taken from the youngest zircon age.

He

Knowing that all samples underwent the same thermal history after burial, one can assume no similarity in tendency among individual samples of the FD. Aside from the low range of eU, the little altitude difference between samples also complicates a clear definition of a trend. Nevertheless, treated as a whole the date-eU correlation showed, despite their clear erratic distribution, a more conspicuous negative tendency, suggesting a strong influence of radiation damage in He diffusivity, and a positive tendency after undergone metamorphism, which supported the use of the ZRDAAM model (GUENTHNER *et al.*, 2014). Although, some distinctions between both investigations should be mention. Whereas the high damage zircons studied by Guenther and co-workers show in general negative correlations for eU over 2000ppm and ages ranging from 100 to 1000 Ma, the FD metamict zircons display lower eU, <1800ppm, but older ages from Archean to Mesoproterozoic and a longer thermal history.

The combination of geological constraint with the zircon radiation damage and annealing model used in this investigation confirmed the previous burial and orogenic events of Proterozoic age. Moreover, the modelling highlights for the first time a tectonic exhumation in the dome area, much probably, at 100 Ma (Albian Age), which can be tentatively correlated to wide spread Cretaceous magmatic events in south Brazil which originated expressive uplift, subdividing and delimitating sedimentation basins, in particular the Bauru Basin (BATEZELLI; LADEIRA, 2016).

The close matches obtained in the FD modeling, despite the contrast with the former modeling of Guenthner and others (2013) mentioned above, suggest the applicability of the ZRDAAM in a wider range of high damage zircon conditions.

CONCLUSIONS

The present study on U-Pb dating and (U-Th)/He thermochronology of the detrital zircon from the Paranoá Group in the FD corroborates mostly to the previous known tectonic evolution of the Paranoá Group described in other parts of the Brasília Fold Belt by many researches. Despite the little difference in altitude of the sampled spots and the old age of the rocks the thermochronological history obtained using the ZRDAAM showed very reliable results, consistent with the previous geological evidences.

Our provenance investigation is in good agreement with the São Francisco Craton as the primary terrain source for the Paleo-Mesoproterozoic sedimentary rocks of the FD. The zircon grains of the lower units of the Paranoa Group show provenance mainly from Archean to Mesoproterozoic terrains, while the top sequence has more zircon contribution from Paleo-Mesozoic terrains. Despite of this variation a remarkable contribution between 2.1 and 1.9 Ga is common along the stratigraphic sequence studied in the area.

The complex detrital zircon He date distribution displayed for these rocks that share a common post-depositional thermal history can be well understood in regarding to predepositional inheritance age, radiation damage effects, and annealing due to heating to temperatures in or near the He ZRP. As so, the use of the ZRDAAM (GUENTHNER *et al.*, 2013) demonstrates its applicability, explaining that a common tT path, based on geological constraints, can include almost the date-eU dataset. Besides, the modelling can also check hypotheses and supplement information yet under investigation, as the final Cretaceous tectonic exhumation data herein simulated. Moreover, the FD modeling showed that ZRDAAM is also reliable for high damage zircons with lower values of eU and upper Pb ages as advocated by Guenthner and others (2013).

According to this study and the previous works, the sediments that originated the rocks of the Paranoá Group in the FD came from the São Francisco-Congo Craton, from Archean to Mesoproterozoic terrains within the paleocontinent that

accumulated for more than 600 Ma (from 1200 to 630 Ma) in a continental platform. The long-term burial of detrital zircons with different original U content enabled a variety of radiation damage and consequently different behavior of He diffusivity, which in turn can respond partially to the negative correlation of date-eU. The temperatures within the zircon partial retention zone, from 200 to 240°C, to which these rocks were submitted during the Brazilian Orogeny (630-550 Ma), also contributed to this correlation and to the complex distribution of He date, due to partial resetting. Along more 450 Ma, from 550 to ~ 100 Ma, these rocks experienced a slow cooling erosional exhumation, interrupted by a plausible tectonic uplift at ~100 Ma, tentatively correlated to uplift exhumation caused by Mesozoic continental magmatic events in southern Brazil. While the final tectonic exhumation was brought to light for the first time by the modelling, the other parts of these thermal history confirm the previous works made on the Paranoá Group along the Brasília Belt.

Very likely a detailed zircon zonation study, which also plays a very important role on He diffusivity, can meliorate the understanding of the zircon thermal history of these rocks and is suggested for future works. The already reported zoned zircons from Paranoá Group northern of the FD by Matteini and others (2012), emphasized the importance of more detail study of the influence of variable concentration of parents nuclides in the dispersive date-eU distribution showed by these rocks.

ACKNOWLEDGEMENTS

The work was sponsored by the Brazilian Federal Agency for Support and Evaluation of Graduate Education – Capes, grant BEX 3814/14-9. The authors gratefully acknowledge the discussions with Kendra Murray and Devon Orme. We appreciated the analytical and technical support of Uttam Chowdhury, Erin Abel, Gilbézio Santana, and Adilson Santana. The authors thank the helpful field assistance of Igor Vasconcelos, Hudson Queiroz, Caroline Freitas and Samara dos Anjos da Costa.

REFERENCES CITED

- ALMEIDA, F. F. M., BRITO, N., CARNEIRO, C. D. R. Origin and evolution of the South American platform. **Earth Sci. Rev** **50**, p. 77–111, 2000.
- BABINSKI, M.; VIEIRA, L. C., TRINDADE, R. I. F. Direct dating of the Sete Lagoas cap carbonate (Bambuí Group, Brazil) and implications for the Neoproterozoic glacial events. **Terra Nova**, v. 19, p. 401–406, 2007.

BABINSKI, M., PEDROSA-SOARES, A. C., TRINDADE, R. I. F., MARTINS, M., NOCE, C. M., LIU, D. Neoproterozoic glacial deposits from the Araçuaí orogen, Brazil: Age, provenance and correlations with the São Francisco craton and West Congo belt. **Gondwana. Research** 21, p. 451–465, 2012.

BATEZELLI, A., LADEIRA, F. S. B. Stratigraphic framework and evolution of the Cretaceous continental sequences of the Bauru, Sanfranciscana, and Parecis basins, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v, 65, p. 1-24, 2016.

BRITO-NEVES., BENJAMIM, B., NETO, M, DA, C. C., FUCK, R. A. From Rodinia to Western Gondwana: An approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. **Episodes**, v. 22, no. 3, 1999.

BRITO-NEVES., BLEY, B. DE., FUCK, R. A., PIMENTEL, M. M. The Brasiliano collage in South America: a review A colagem Brasileira na América do Sul: uma revisão. **Brazilian Journal of Geology**, v. 44, no, 3, p. 493-518, 2014.

CAMPOS, J. E. G., DARDENNE, M. A., FREITAS-SILVA, F. H., MARTINS-FERREIRA, M. A. C. Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília. **Braz. J. Geol.**, São Paulo, v, 43, no, 3, p. 461-476, 2013.

CAMPOS NETO, M. C. Litoestratigrafia, relações estratigráficas e evolução paleogeográfica dos grupos Canastra e Paranoá (região de Vazante-Lagamar, MG). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 14, p. 81-91, 1984.

CARNEIRO, P. J. R. Mapeamento Geotécnico dos materiais naturais de construção do Distrito Federal: uma base de dados para o planejamento e gestão. Brasília, 209 f. **Tese** (Doutorado em Geotecnia) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. 1999.

CARNEIRO, P. J. R, SOUZA, N. M. Compartimentos geomorfológicos do Distrito Federal. **Revista Universa**. Brasília: v. 9, n. 2. p. 339-348. 2001.

CHANG, H. K., MIRANDA, F. P., MAGALHÃES, L., ALKMIM, F. F., Considerações sobre a evolução tectônica da Bacia do São Francisco. In: **Anais do 35 Congresso Brasileiro de Geologia**, Belem, v. 5, p. 2076- 2090, 1988.

CHANG, H. K., KAWASHITA, K., ALKIMIN, F. F., MOREIRA, M. Z. Considerações sobre a estatigrafia isotópica do Grupo Bambuí. In: **II simpósio do Craton do São Franciso**, p. 195-196, 1993.

CORDANI, U. G., SATO K. Crustal evolution of the South American Platform, based on Nd isotopic systematics on granitoid rocks. **Episodes**, v. 22, p. 167-173, 1999.

CORDANI U. G., MILANI E. J., THOMAZ FILHO A., CAMPOS D. A. (eds.). Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro, **31st International Geological Congress**, 855 p.2000.

COSTA NETO. Ritmito Superior do Grupo Paranoá e o fim da deposição na margem passive. **Dissertação** [Mestrado em Geologia]. Universidade de Brasília. Instituto de Geociências. Brasília, 136p. 2006.

CUNHA, R. B. da. Isótopos de SR, C e O dos carbonatos das Formações Sete Lagoas e Lagoa Jacaré implicações para a idade deposicional e reconstrução paleoambiental da Bacia Bambuí. **Dissertação** [Mestrado] – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS, BR, 92p., 2015.

- DARDENNE, M. A. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: **SBG, Congr. Bras. Geol.**, 30, Recife, Anais, v. 2, p. 507-610, 1978.
- DARDENNE, M. A. Les minéralisations de plomb, zinc, fluor du Protérozoïque Supérieur dans le Brésil Central. **Tese de Doutorado**, Universidade de Paris VI, Paris, 251p, 1979.
- DARDENNE, M. A. Os grupos Paranoá e Bambuí na Faixa Dobrada Brasília. In: **Simp. Sobre o Craton do São Francisco e suas Faixas Marginais**. Anais. Salvador, SBG/BA. p. 140-156, 1981.
- DARDENNE, M. A. The Brasília fold belt. In: CORDANI, U.G., MILANI, E. J., THOMAZ FILHO, A., CAMPOS, D. A. (Eds.), Tectonic Evolution of South America. **31st International Geological Congress**, Rio de Janeiro, p. 231-263, 2000.
- D'EL-REY SILVA, L. J. H., OLIVEIRA, I. L. DE., POHREN, C. B., TANIZAKI, M. L. N., CARNEIRO, R. C., FERNANDES, G. L. D. F., ARAGÃO, P. E. Coeval perpendicular shortenings in the Brasília belt: Collision of irregular plate margins leading to oroclinal bending in the Neoproterozoic of central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 32, p. 1-13, 2011.
- D'EL-REY SILVA, L. J. H., KLEIN, P. B. W. Detlef Hans-Gert Walde. The Caldas Novas dome, central Brazil: structural evolution and implications for the evolution of the Neoproterozoic Brasília. **Belt Journal of South American Earth Sciences** 17, 153–169, 2004.
- EMBRAPA. Evolução Geomorfológica do DF. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. **Documentos Embrapa Cerrados**. 57 p. INSS: 1517- 5111.2004.
- FARIA, A. Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João da Aliança-Alto Paraíso. Unpubl. [**Doctorate Thesis**], Universidade de Brasília, 199p. 1995.
- FREITAS-SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. Geologia do Parque Nacional de Brasília -df. **Boletim de Geociências do Centro-Oeste**, v.18, no.1-2, p. 32-43.1995.
- FREITAS-SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: Campos, J. E .G.; Freitas-Silva, F. H. (eds.). **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Parte I. IEMA-SEMATEC/Universidade de Brasília. 86 p. (Relatório Inédito). 1998.
- FREITAS-SILVA, F. H. Enquadramento litoestratigáfico e estrutural do depósito de ouro do Morro do Ouro, Paracatu (MG). **Dissertação** [Mestrado], Instituto de Geociências. Brasília. 151p. 1991.
- GOIÁS. **Secretaria de Indústria de Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração**. Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Por Edgardo M. Latrubesse, Thiago Morato de Carvalho. Goiânia. 2006.
- GUENTHNER, W.R., REINERS, P.W., KETCHAM, R.A., NASDALA, L., GIESTER, G. Helium diffusion in natural zircon: radiation damage, anisotropy, and the interpretation of zircon (u-th)/he thermochronology. **American Journal of Science**, v. 313, p. 145–198, doi: 10.2475/03.2013.01.2013.
- GUENTHNER, W. R., REINERS, P. W., DE CELLES, P. G., KENDALL, J. Sevier belt exhumation in central Utah constrained from complex zircon (U-Th)/He data sets:

Radiation damage and He inheritance effects on partially reset detrital zircons. **GSA Bulletin**. v. 127, p. 323–348; doi: 10.1130/B31032.1. 2014.

GUIMARÃES, E. M. Estudos de proveniência e diagênese com ênfase na caracterização dos filossilicatos dos Grupos Paranoá e Bambuí na Região de Bezerras Cabeceiras, GO. Unpublished. [Doctorate Thesis], Universidade de Brasília, 269p, 1997.

HALVERSON, G.P., FO, D., MALOOF, A., BOWRING, S.A. Evolution of the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ composition of Neoproterozoic seawater. **Palaeogeogr, Palaeoclimatol, Palaeoecol**, v. 256, p. 103-129, 2007.

HOURIGAN, J.K., REINERS, P.W., BRANDON, M.T. U-Th zonation-dependent alpha-ejection in (U-Th)/He chronometry. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v, 69, No. 13, p. 3349–3365, 2005.

IBGE. **Mapa Físico do Estado de Goiás. Ministério Planejamento, Orçamento e Gestão** (MPOG). 2012. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/fisico/unidades_federacao/go_fisico.pdf. Acess. em nov. de 2015.

LEMOS, M. V. F., MORAIS, B. M., LOPES G. C., PEREIRA, K. M. DA S., PERIN, D. H. N., SILVA, H. L., FREITAS, L. L., D'EL-REY SILVA, L. J. H., CARREIRO, S. A. DE A., SILVA, H. Q. V., OLIVEIRA, F. C., KOTH, L. B. Evolução Estrutural da área do Distrito Federal (Parte II): Relativa simplicidade e implicações tectônicas adicionais na evolução tectônica da Faixa Brasília, Brasil Central. **Congresso Brasileiro de Geologia**, Curitiba, Abstract also in CD-ROM, 2008.

MARINI, O. J., FUCK, R. A., DARDENNE, M. A., DANN, M.C. Provincia Tocantins. Setores Central e Sudeste. In: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (coords.) **0 PTi-Camhriano do Bruil**. Sio Paulo, Edgard Blocher, p. 205-264, 1984.

MARTINS, E. DE S., BAPTISTA, G.M DE M. Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. In: **Inventário hidrológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília: IEMA, p. 89-137, 1988.

MATTEINI, M., DANTAS, E. L., PIMENTEL, M. M., ALVARENGA, C. J. S., DARDENNE, M. A. U-Pb and Lu-Hf isotopes study on detrital zircons from the Mesoproterozoic Paranoá Group, Brasilia belt, Brazil: constraints on depositional age. In: **South American Symp. On Isotope Geology**, SSAGI 7., Brasília, CD-ROM. 2012.

MISI, A., SANCHES, A. L., KAUFMAN, A. J., VEIZER, J., AZMY, K., POWIS, K., TEIXEIRA, J. B. G. Phosphorites and the chemostratigraphic correlation of the neoproterozoic sequences of the São Francisco Craton and the Brasília Fold Belt. In: **III Simp. São Francisco Craton**. Salvador, BA. Brazil, p. 291-294, 2005.

NASDALA, L., WENZEL, M., VAVRA, G., IRMER, G., WENZEL, T., KOBER, B. Metamictisation of natural zircon: accumulation versus thermal annealing of radioactivity-induced damage. **Contrib Miner Petrol**, v.14, p. 125–144, 2001.

NASDALA, L., REINERS, P.W., GARVER, J.I., KENNEDY, A.K., STERN, R.A., BALAN, E., WIRTH, R. **Incomplete retention of radiation damage in zircon from Sri Lanka**. **Am Miner**, v. 89, p. 219–231, 2004.

NOVAES PINTO, M. Caracterização Geomorfológica do Distrito Federal. In: NOVAES PINTO. (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2ª ed. Brasília: UnB, 1993. p. 285-320,1993.

PARENTI-COUTO, J. G., CORDANI, U. G., KAWASHITA, K., IYER, S. S., MORAES, N. M. P. Considerações sobre a idade do Grupo Bambuí, com base em análises isotópicas de Sr e Pb. **Revista Brasileira de Geociências**, v, 11, no, 1, p. 5-16, 1981.

PEREIRA, L. F., DARDENNE, M. A., ROSIÈRE, C. A., PEDROSA-SOARES, A. C. Evolução Geológica dos Grupos Canastra e Ibiá na Região entre Coromandel e Guarda-mor, MG. **GEONOMOS**, v. 2, no.1, p. 22-32, 1994.

PIMENTEL, M. M., DARDENNE, M. A., FUCK, R. A., VIANA, M. G., FISCHER, D. P. Nd isotopes and the provenance of sediments of the Neoproterozoic Brasília Belt. *Jour. South Am. Earth Sci.* 14, p. 571-585, 2001.

PIUZANA, D., PIMENTEL, M.M., FUCK, R.A., ARMSTRONG, R.A. SHRIMP UePb and SmNd data for the Araxá Group and associated magmatic rocks: constraints for the age of sedimentation and geodynamic context of the southern Brasília Belt, central Brazil. **Precambrian Research**, v, 125, no, 139, p. 160/8, 2003.

REINERS, P. W., FARLEY, K. A., HICKES, H. J. He diffusion and (U–Th)/He thermochronometry of zircon: initial results from Fish Canyon Tuff and Gold Butte. **Tectonophysics**, v. 349, p. 297-308, 2002.

REINERS, P. W., SPELL, T. L., NICOLESCU, S., ZANETTI, K. A. Zircon (U-Th)/He thermochronometry: He diffusion and comparisons with ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating, **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 68, no. 8, p. 1857-1887, 2004.

REINERS P.W., CAMPBELL, I. H., NICOLESCU, S., ALLEN, C. M., HOURIGAN, J. K., GARVER, J. I., MATTINSON, J. M., COWAN, D. S. (U-Th)/(He-Pb) double dating of detrital zircons. **American Journal of Science**, v. 305, p. 259-311, 2005.

RODRIGUES, J. B. Proveniência de sedimentos dos grupos Canastra, Ibiá, Vazante e Bambuí e Um estudo de zircões detríticos e Idades Modelo Sm-Nd. [**Doctorate Thesis**], Universidade de Brasília, 141p. 2008.

RODRIGUES, J.B., PIMENTEL, M.M., DARDENNE, M.A., ARMSTRONG, R.A. Age, provenance and tectonic setting of the Canastra and Ibiá groups (Brasília belt, Brazil): implications for the age of a Neoproterozoic glacial event in central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v, 29, p. 512-521, 2010.

SANTOS, R. V., ALVARENGA, C. J. S., DARDENNE, M. A., SIAL, A. N., FERREIRA, V. P. Carbon and oxygen isotope profiles across Meso-Neoproterozoic limestones from central Brazil: Bambuí and Paranoá groups. **Precambrian Research**. v, 104, nº 3 e 4, p. 107-122, 2000.

SANTOS, R. V., ALVARENGA, C. J. S., BABINSKI, M., RAMOS, M. L. S, CUKROV, A. N., FONSECA, M. A., SIAL, A. N., DARDENNE, M. A., NOCE, C. M. Carbon isotopes of Mesoproterozoic-Neoproterozoic sequences from Southern São Francisco Craton and Araçuari Belt, Brazil: Paleographic implications. **Journal of South American Earth Science**, v. 18, p. 27-39, 2004.

SEER, H. J., BROD, B. A., FUCK, R. A., PIMENTEL, M. M., BOAVENTURA, G. R., DARDENNE, M. A. Grupo araxá em sua área tipo: um fragmento de crosta oceânica

neoproterozóica na faixa de dobramentos Brasília. **Revista brasileira de geociências**, v. 31, n.º 3, p. 385-396, 2001.

SILVA, C.H. Evolução geológica da Faixa Brasília na região de Tapira, sudoeste de Minas Gerais. [**Tese de Doutorado**]. IGCE-UNESP. 102 p. 2003.

SILVA, C. H., SIMÕES, L. S. A., KRYMSKY, R., MACAMBIRA, M. J. B. Proveniência e Idade do Metamorfismo das Rochas da Faixa Brasília, na Região de Tapira (SW de Minas Gerais). **Revista do Instituto de Geociências - USP Geol.** USP Sér. Cient., São Paulo, v. 6, n. 1, p. 53-66, julho 2006. Available on-line at www.igc.usp.br/geologiausp

SILVA, K. M., CARREIRO, S. A., LEMOS, M. V. F., KOTH, L. B., VALENTE, H. Q., PERIN, D. H. N., FREITAS, L. L., CALACIA, F. O., D'EL-REY SILVA, L. J. H., NASCIMENTO, B. M., LOPES, G. DE C., SILVA, H. L. Evolução Estrutural da área do Distrito Federal (Parte I): Complexidade e implicações na Evolução Tectônica da Faixa Brasília, Brasil central. Poster presented In: 440. **Congresso Brasileiro de Geologia**, Curitiba, Anais SBG, Abstract in p.762, also in CD-ROM. 2008.

STEINKE, V. A. Uso integrado de dados digitais morfométricos (altimetria e sistema de drenagem) na definição de unidades geomorfológicas do Distrito Federal. Brasília, **Dissertação**. [Mestrado em Geologia]. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 101 p. 2003.

TAGAMI, T., FARLEY, K. A., DANIEL, F.S. (U-Th)/He geochronology of single zircon grains of known Tertiary eruption age. **Earth and Planetary Science Letters**, v, 207, no, 1-4, p. 57-67, 2003.

THOMAZ FILHO, A., KAWASHITA K. E CORDANI U. G. A origem do Grupo Bambuí no contexto da evolução geotectônica e de idades radiométricas. An. **Acad. Bras. Ciên.**, v. 70, no, 3, p. 527-548, 1998.

VALERIANO, C. M., SIMÕES L. S. A. Geochemistry of proterozoic mafic rocks from the Passos Nappe (Minas Gerais, Brazil): tectonic implications to the evolution of the southern Brasília Belt. **Rev. Bras. Geoc.**, v, 27, no, 1, p. 99-110, 1997,.

VALERIANO, C. M., MACHADO, N., SIMONETTI, A., VALLADARES, C. S., SEER, H. J., SIMÕES, L. S. A. U Pb geochronology of the southern Brasília belt (SE-Brazil): sedimentary. Université du Québec à Montréal, Montréal, Que., Canada. **Precambrian Research**. v, 130, no. 1, p. 27-55. doi: 10.1016/j, 2004^a.

VALERIANO, C. M., DARDENNE, M. A., FONSECA, M. A., SIMÕES, L. S. A., SEER, H. J. **A Evolução Tectônica da Faixa Brasília. In book: Geologia do Continente Sul-Americano. Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.**, Chapter: 32, Publisher: Beca, São Paulo, Editors: Virgínio Mantesso Neto, Andrea Bartorelli, Celso Dal Ré Carneiro, Benjamim Bley de Brito Neves, p. 575-592, 2004.

VALERIANO, C. M., PIMENTEL, M. M., HEILBRON, M., ALMEIDA, J. C. H., TROUW, R. A. J. Tectonic evolution of the Brasília belt, central Brazil, and early assembly of Gondwana. In: PANKHURST, R.J., TROUW, R.A.J., BRITO NEVES, B.B., DE WIT, M.J. (Eds.), West Gondwana: Pre-cenozoic Correlations across the South Atlantic Region. Geological Society, London, **Special Publications**, v. 294, p. 197-210, 2008.

VERMEESCH, P., SHERLOCK, S. C. ,ROBERTS, N. M. W., CARTER, A, A. simple method for in-situ U–Th–He dating. **Geochimica et Cosmochimica Acta** 79. p. 140–147, 2012.

WOLFE, M. R., STOCKLI, D. F. Zircon (U–Th)/He thermochronometry in the KTB drill hole, Germany, and its implications for bulk He diffusion kinetics in zircon. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 295, 69-82, 2010.

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A EVOLUÇÃO DO MEIO FÍSICO DO DISTRITO FEDERAL, BRASIL: CONTRIBUIÇÕES SOBRE O TEMPO PROFUNDO PARA A CONSCIÊNCIA SUSTENTÁVEL

Anete Maria de Oliveira¹, Adriana Chatack Carmelo²

¹Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina, Campus Planaltina, 73.300-000, Planaltina/DF, Brasil, anetemoliveira@gmail.com

²Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Campus universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, 70910-900, Brasília/DF, Brasil, dricarmelo@gmail.com

ABSTRACT. POPULARIZATION OF THE PHYSICAL ENVIRONMENT EVOLUTION OF THE FEDERAL DISTRICT, BRAZIL: CONTRIBUTIONS OVER DEEP TIME FOR SUSTAINABLE CONSCIOUSNESS. The approximate 1.5 Ga evolution history of the physical environment of the Federal District (FD) built upon scientific knowledge is here diffused for non-scientific public with a minimum mid-level scientific literacy. Considerations on the biota, mainly in respect to human presence, is also included. Our main goal is sit an environmental awareness in the citizens of the FD. Emphasis is given: (1) to Deep Time and its importance to contextualization of current impacts; (2) to transdisciplinary; (3) to the systemic relationships of the natural process which built the physical environment of the FD. The epistemology of the geoscience is presented to approach the non-scientific public to Science.

Keywords: Scientific diffusion; physical environment; Deep Time; transdisciplinary; sustainability.

RESUMO. A história evolutiva do meio físico do Distrito Federal (DF) com aproximadamente 1,5 bilhão de anos, construída com base em conhecimento científico, em especial o conhecimento geológico, é apresentada numa linguagem para um público leigo com nível de escolaridade mínima de nível médio. Considerações do meio biótico e em especial da presença humana são incluídas nessa história por ser o objetivo principal do trabalho semear uma consciência ambiental na população do DF. Ênfase é dada (1) à importância do Tempo Profundo e sua contextualização na compreensão dos impactos ambientais atuais; (2) à transdisciplinaridade e, (3) às relações sistêmicas que regem os processos naturais que configuraram o meio físico do DF. Procurou-se aproximar o público leigo da Ciência em se apresentar o pensamento geocientífico para justificar os eventos naturais e a cronologia da história.

Palavras-chaves: divulgação científica; meio físico; Tempo Profundo; transdisciplinaridade; sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

O meio físico, por definição, é o conjunto do ambiente caracterizado pela interação dos componentes predominantemente abióticos, quais sejam, materiais terrestres (solos, rochas, água e ar) e tipos naturais de energia (gravitacional, solar, energia interna da Terra e outras), incluindo suas modificações decorrentes da ação biológica, dentre elas, a ação humana (Fornasari Filho et al. 1992). Mas, mesmo em se tratando do meio abiótico, não é possível dissociar totalmente a influência da vida, ou do meio biótico, sobre os componentes do primeiro.

Todos os recursos naturais inorgânicos de que precisamos seja para produção de alimentos, construção civil, indústria tecnológica, lazer, saúde, dentre tantas outras necessidades humanas, têm o meio físico como fonte primária. A despeito de sua importância para a vida, frequentemente a ideia de que seres biológicos são mais importantes leva a uma desconsideração de quão importante e dependente os seres humanos, em especial, são do meio físico. Muitos impactos ambientais têm emergido nas últimas décadas justificados por essa desconsideração.

Uma das razões, mas não única, que poderia explicar essa desconsideração seria a falta de conhecimento de quão complexa e longa é a evolução do meio físico. Muitos pesquisadores já defendem há algum tempo que o conhecimento científico a esse respeito, muito comum nas áreas das Ciências da Terra, em especial da Geologia e Geografia, necessita ser compartilhado com o maior número de pessoas possível com o intuito de paramentar o cidadão frente às questões ambientais (Potapova 1968, Carneiro et al. 2004, Bolacha 2008, Bacci 2009, Kasten et al. 2009, Frodeman 2010, Cervato e Frodeman 2013, Frodeman 2013).

Em termos gerais, o meio físico evolui por períodos de tempos muitas vezes mais longos do que o meio biótico. Por conseguinte, faz-se necessário mudar a maneira de contabilizar o tempo decorrido e passar, também, a imaginar a evolução em tempos que seres humanos não vivenciaram, quando nem sequer existiam. Deixa-se de focar no tempo de existência humana e passa-se então a falar do tempo de existência da Terra. Adentramos em terreno pouco comum ao nosso raciocínio humano, adentramos no Tempo Geológico e no Tempo Profundo.

E ao sequenciar os fatos cronologicamente, constrói-se uma história de fatos interdependentes e não linear, da qual seres humanos também são partícipes pois os processos naturais operam de maneira sistêmica em todo o planeta (Westbroeck 2002).

Como geóloga e pesquisadora de Ensino e Divulgação de Geociências da Universidade de Brasília, a autora pretende com esse trabalho contribuir com a divulgação das geociências. Com base na compilação de décadas de pesquisas científicas e em pesquisas próprias, apresenta-se aqui a história evolutiva do meio físico do Distrito Federal (DF), Brasil, numa linguagem facilitada ao público leigo. Paralelamente à história, é apresentado o pensamento geocientífico que possibilita a compreensão de como fatos e eventos naturais são interpretados pela ciência. Da parte do público leigo espera-se um nível mínimo médio de escolaridade que o possibilite acompanhar a história com mais facilidade.

Ao divulgar as informações geocientíficas do DF busca-se, em acordo com o ponto de vista dos educadores Mathews (1998) e Pérez et al. (2001) e também dos geocientistas Potapova (1968), Carneiro et al. (2004), Bolacha (2008), Bacci (2009), Kasten et al. (2009), Frodeman (2010), Cervato e Frodeman (2013), Frodeman (2013), também desmistificar jargões atribuídos às ciências em geral que foram repetidos durante séculos. Dentre eles: que a ciência detém verdades absolutas; que a natureza é imutável, fixa e seus recursos infindáveis do ponto de vista humano e, que o ser humano encontra-se à parte e senhor comandante da natureza. Hoje percebe-se que os saberes científicos estão vinculados a evolução cultural e tecnológica, portanto, são dependentes e direcionados à população e pela população, cujas “verdades” evoluem constantemente; sabemos também que os processos naturais se engrenam de maneira sistêmica que necessita de uma visão transdisciplinar para serem compreendidos e, finalmente e por consequência, Homem e Natureza são um só.

O intuito maior é mostrar a importância do conhecimento geocientífico e a importância da perspectiva do Tempo Profundo no despertar de uma consciência sustentável na população do Distrito Federal.

O TEMPO GEOLÓGICO E O TEMPO PROFUNDO

O reconhecimento de acontecimentos naturais antigos e de que longos períodos de tempo foram necessários para suas ocorrências surgiram inicialmente no século XVIII. Proeminentes cientistas da época, ao analisarem registros naturais semelhantes, tentaram justificar os processos passados pelo método comparativo

dedutivo com fenômenos atuais da natureza. Baseados no pressuposto de que “ o presente é a chave do passado”, utilizaram indistintamente o princípio do Atualismo, mesmo quando suas explicações eram notoriamente antagônicas (Faria 2014).

O geólogo suíço, Jean André Deluc (1727-1817), quem primeiro propôs o termo “geologia” moderna, com base em seus estudos de seres vivos extintos, os fósseis, defendeu que a cronologia da natureza se dividia numa história antiga, pré-humana, cujo tempo era imensurável. E, numa segunda etapa, na história humana moderna, que se iniciou após o Dilúvio do Gênesis da Bíblia, quando na sequência uma “revolução” gerou os continentes. Deluc argumentava que as taxas atuais dos processos abióticos naturais como erosão, vulcanismo, e deposição, por exemplo, seriam cronômetros naturais irrefutáveis para comprovar que a história moderna compreendia poucos milhares de anos. A despeito de argumentar somente sobre o tempo humano mais recente e não apresentar explicações para a formação dos continentes, seu método de determinar a cronologia terrestre se baseava nas evidências naturais atuais (Rudwick 2001).

Da mesma forma seu contemporâneo, o naturalista britânico, James Hutton (1726-1797), considerado o pai da geologia, buscou desvendar o passado ao decifrar as feições registradas nas rochas. No entanto, Hutton foi mais além ao se desvencilhar dos dogmas religiosos, concentrando sua argumentação nos processos geológicos. Ao “ler” as rochas de maneira sistematizada como ninguém havia feito até então, reconheceu que as taxas dos processos superficiais não poderiam por si só explicar o relevo terrestre, pois rochas primordiais presentes na atualidade não teriam sido preservadas (Carneiro et al. 2012). Hutton sugere uma renovação do relevo antes de sua total erosão, por meio de movimentos de soerguimento que levariam as rochas às regiões elevadas, formando então os continentes. Para tanto, longos intervalos de tempo, da ordem de centenas de milhões de anos, seriam necessários. Mesmo sem explicar as causas desses soerguimentos, Hutton defendeu uma ciclicidade lenta, gradual e contínua que possibilitaria justificar eventos dos passados aos modos dos atuais. A caracterização dessa ciclicidade se daria pela intercalação entre eventos de destruição, épocas de mais intensa erosão do relevo, e eventos de construção, épocas de soerguimentos com formação dos continentes (Carneiro et al. 2012).

Contestadores às explicações de Hutton existiram, o mais famoso, o naturalista francês, Georges Cuvier (1769-1832), baseado em extensos estudos de fósseis, principalmente naqueles que desapareceram em curto intervalo de tempo, advogava

também que os eventos atuais se repetiram no passado, mas, de maneira mais rápida, drástica e intensa para explicar as extinções dos organismos. Sua ideia se consagrou como o princípio do Catastrofismo.

Anos mais tarde, o geólogo britânico, Charles Lyell (1797-1875), defensor das ideias de Hutton e contemporâneo ao naturalista britânico, Charles Darwin (1809-1882), ordenou e subdividiu o Tempo Geológico em eras de milhões de anos (Carneiro et al 2014). Até então, os cientistas conseguiram estabelecer uma sucessão cronológica dos eventos naturais em mais antigos e mais jovens, sem precisar idades específicas.

Isso só veio a acontecer no século XIX, após a descoberta pela química polonesa, Marie Curie (1867-1934), da propriedade de alguns elementos químicos de se transformarem em outro elemento químico, fenômeno natural conhecido como decaimento radioativo. Ao constatar que a taxa de decaimento de um mesmo elemento era sempre constante e, principalmente, que muitos elementos como urânio, tório, estrôncio, potássio entre outros, demoravam milhões até bilhões de anos para transformar-se em outros elementos, foi possível usá-los como cronômetros. As rochas possuem, dentro dos seus constituintes básicos, os minerais, tais elementos que, uma vez quantificados em laboratórios, comprovaram de fato que a Terra possuía bilhões de anos. Mais precisamente 4,56 bilhões de anos (citação).

A quantificação da idade das rochas, também conhecida como datação geocronológica, confirmou e ajustou as observações de campo feita pelos cientistas dos séculos anteriores. Uniformitaristas e catastrofistas, utilizando do princípio do Atualismo, interpretaram corretamente os fenômenos naturais, mas de maneira limitada.

Ambos métodos cronológicos, o mais antigo, considerado relativo (lógico-dedutivo), enquanto o segundo (datação), tido com absoluto, continuam a serem aplicados no estabelecimento dos eventos geológicos e corroboram as primeiras ideias de que “o presente é a chave do passado” (Faria 2014); que os processos que geram os eventos são cíclicos e que, por essas razões, é possível entender o presente como consequência do passado e que o futuro poderá ser então consequência dos eventos atuais (Carneiro et al 2014).

Essa lei universal uma vez reconhecida possibilitou conectar e integrar, como causa e consequência uns dos outros, todos os eventos terrestres numa escala de tempo muito mais longa, a escala do Tempo Geológico e a escala do Tempo Profundo.

A escala do Tempo Geológico, termo creditado a James Hutton, é então o calendário da história do planeta, estabelecido pela Comissão Internacional de Estratigrafia, ramo das ciências geológicas que se preocupa, dentre outras funções, em estabelecer a cronologia dos eventos naturais. Esse calendário é subdividido em Éons, que são subdivididos em Eras e assim sucessivamente em Períodos, Épocas e Idades, cuja representação gráfica é esquematizada na Tabela Cronoestratigráfica Internacional (Cohen et al. 2015). Essas subdivisões são estabelecidas com base em eventos geológicos e/ou biológicos. O Tempo Geológico inicia-se com a formação do planeta e termina no dia de hoje. É, pois, todo o tempo de existência da Terra, cujas unidades comumente mais utilizadas variam desde milhares, milhões (no inglês *Mega-age*: Ma) a bilhões de anos (do inglês, *Giga-age*: Ga) (Carneiro et al 2012).

Difere-se, por sua vez, da escala do Tempo Profundo. A designação de Tempo Profundo, termo cunhado por Thomas Carlyle em 1832 e mais tarde popularizado por McPhee em 1981, se refere somente ao tempo da história terrestre anterior às culturas humanas. É assim, uma fração do Tempo Geológico e compreende desde a formação do planeta até o surgimento das primeiras culturas humanas, há aproximadamente 200 mil anos. Mesmo sendo uma fração da história total, o Tempo Profundo, também em milhões e bilhões de anos. A partir dos humanos modernos, o restante do tempo transcorrido até os dias de hoje, bem mais recente, é mais detalhado por estudos das áreas sociais e mais conhecido popularmente.

CONTRIBUTOS DO TEMPO PROFUNDO À CONSCIÊNCIA PLANETÁRIA

O entendimento dessas grandes escalas de tempo e de que os eventos que as caracterizam são sistematicamente interconectados são de grande valia para entendermos os eventos atuais e prever ou evitar eventos não desejáveis num futuro (Carneiro et al. 2004, Frodeman 2010).

No entanto, esse conhecimento geralmente está restrito a geocientistas e estudantes de Geociências. A compreensão social dessa inter-relação ainda fica a desejar, como nos coloca Cervatto e Frodeman (2013) ao discutirem a importância do Tempo Geológico sobre os desdobramentos cultural, educacional e econômico:

A descoberta do tempo geológico revolucionou o pensamento científico e conduziu ao desenvolvimento das modernas Ciências da Terra. Apesar disso, pouca atenção é dada para as consequências culturais e sociais de longo alcance do tempo geológico, que vão bem além de sua influência sobre as Geociências (Cervatto e Frodeman 2013, p. 67)

A interconectividade dos fatos bióticos e abióticos que caracterizam a evolução do planeta, levam a compreensão do tempo geológico de maneira não unidimensional, comum nas historicidades que descreve fatos isolados, mas de forma multidimensional (Dodick, 2007).

Os eventos terrestres são observados sequencialmente com o passar do tempo, muitas vezes de maneira cíclica e em espiral crescente, ao mesmo tempo, com variações laterais, como numa árvore filogenética³¹ (Cervatto e Frodeman, 2013). A possibilidade de estabelecer causa e efeito, entre eventos que aconteceram num passado longínquo com consequências atuais, permite a contextualização³² no que facilita a compreensão dos tempos Geológico e Profundo (Potapova 1968, Bolacha 2008, Kasten et al. 2009, Frodeman 2010, Carneiro et al 2012).

Cervatto e Frodeman prolongam essa discussão ao instigar o cidadão a respostas que exigem conhecimento das taxas de processos geológicos na previsão de recursos e desastres naturais, colocando em evidência a contextualização dos eventos atuais com o Tempo Profundo:

Quanto tempo é necessário para a matéria orgânica em decomposição se transformar em combustíveis fósseis? [...] Qual é a velocidade das placas tectônicas, produzindo terremotos e mudanças na paisagem? Qual a frequência de inundações em grande escala? (CERVATTO; FRODEMAN, 2013, P. 70).

O Tempo Profundo amplia nossa noção de temporalidade de poucos anos para milhares e milhões de anos, permite estabelecer uma cronicidade vertical e lateral entre todos os fatos e, principalmente, nos faz pertencer à história da Terra como atores influenciados por ela, ao mesmo tempo que somos atores que influenciam essa história. O Tempo Profundo permite assim ampliar nossa consciência de realidade.

Contudo, no comportamento humano a compreensão inovadora, sistêmica e integradora, não acontece de maneira tão simples assim, quer seja por motivos culturais religiosos, quer seja pela falta de conhecimento, ou por negligência em se propagar adequadamente esses conhecimentos.

³¹ **Árvore Filogenética:** é uma representação gráfica, em forma de uma árvore, das relações evolutivas entre várias espécies ou outras entidades que possam ter um ancestral comum. Em uma árvore filogenética, cada nodo (ou nó) com descendentes representa o mais recente antepassado comum, e os comprimentos dos ramos podem representar estimativas do tempo evolutivo. Apesar do exemplo utilizado aqui ser biótico, essa representação exemplifica as variações temporais laterais de fatos com raízes comuns que também acontecem em eventos abióticos.

³² **Contextualizar:** De forma geral, é o ato de vincular o conhecimento à sua origem e à sua aplicação. Do ponto de vista do discurso, contextualizar é colocar um texto dentro do outro a partir de um determinado tema, sendo que cada discurso se submete a um determinado tipo de regras e interage com outros sobre o mesmo tema (BAHKIN, 2003)

No entanto, as consequências advindas dos impactos ambientais nas últimas décadas têm impulsionado esse movimento comportamental e despertado o interesse da população sobre o que a ciência sabe a respeito dessa visão integradora. E, sobretudo, os cidadãos têm demonstrado interesse em saber como a aplicação dos resultados de pesquisas científicas podem auxiliar na distinção entre impactos antropogênicos ou não, para que, responsabilidades sejam compartilhadas e políticas públicas possam ser melhor implementadas com o intuito de mitigar esses impactos (SEILERT, 2012).

Quanto a compartilhar responsabilidades, Frodeman (2013) levanta a discussão de que a premissa cartesiana de que a ciência possui ou possuirá as soluções para as resoluções dos impactos ambientais globais de maneira unidirecional e que, como um juiz, poderá responsabilizar os culpados, não é mais uma verdade atual. As próprias questões ambientais comprovaram que ciência e tecnologia podem ser tanto benfeitores como malfeitores (Matthews 1998, Pérez et al. 2001) . E a tarefa árdua de apontar os causadores do aquecimento global ainda demorará a ser compreendida frente ao atual estado científico e tecnológico da humanidade, haja vista as grandes controvérsias entre os próprios cientistas. O mais importante, segundo o autor, de cuja opinião compartilhamos, é que enquanto permanecemos na ignorância científica de obter tais respostas, devemos nos concentrar na remediação e na prevenção dos impactos ambientais que nos afetam diretamente, sem buscar culpados.

Para tanto, continua Frodeman (2013, p. 145), “viver de maneira sustentável significa aprender a pensar em termos da perspectiva geológica de tempo” e que cabe, na atualidade, aos geocientistas fazer a ponte entre ciência e público leigo na divulgação desse conhecimento. Essa colocação tem sido preocupação de estudos anteriores (Potapova 1968, Carneiro et al. 2004, Bolacha 2008, Bacci 2009, Kasten et al. 2009, Frodeman 2010) e vem de encontro aos anseios da sociedade brasileira, mesmo que ainda não ciente da perspectiva geológica, segundo dados publicados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação sobre a percepção pública dos brasileiros sobre a ciência e a tecnologia (CGEE, 2015).

Dentre os dados levantados, está o interesse da maioria da população brasileira por temas correlacionados a Ciência e Tecnologia (C&T) e Meio Ambiente, que aparecem em 78% das preferências. Em se tratando de meio ambiente, o respaldo do

conhecimento do funcionamento do Sistema Terra, em especial dos processos do meio físico comum às ciências geocientíficas como geologia, geografia, climatologia entre outras, que operam na escala do Tempo Profundo, são bastante relevantes.

Para tanto, surge a figura do divulgador das ciências geológicas como agente de ligação entre o cientista e o não-cientista que possibilite o nivelamento e assimilação do conhecimento pretendido. Segundo a opinião dos brasileiros questionados na pesquisa sobre percepção pública da ciência e tecnologia (CGEE, 2015), os cientistas ligados a instituições públicas foram considerados a fonte de mais alto grau de confiança entre os atores sociais pesquisados, acima de jornalistas e médicos.

Segundo o mesmo levantamento (CGEE, 2015) a maioria dos brasileiros concorda em alguns tópicos de grande relevância tanto no processo de fazer ciência como no de divulgação, quais sejam: a necessidade de se estabelecer padrões éticos sobre o trabalho dos cientistas; a obrigatoriedade da publicidade dos riscos decorrentes da Ciência e Tecnologia (C&T) por parte dos cientistas; a publicidade do conhecimento científico em linguagem compreensível para o público e, a inclusão da participação da população nas tomadas de decisão sobre os rumos da C&T. Nos resultados de pesquisa semelhante realizada em 2003, quase a totalidade dos brasileiros, 97%, já declarava ser importante a participação pública em temas ligados a C&T. Mas, somente 7,4% manifestou possuir engajamento efetivo, sinalizando que a falta de conhecimentos suficientes não lhes permitiam a participação nas discussões (VOGT; POLINO, 2003).

O DISTRITO FEDERAL

O DF é a menor unidade federativa do Brasil (IBGE, 2014) com área de 5.779,99 km², equivalente a 0,06% da superfície do país, localizado na região política do Centro-Oeste, geograficamente como um enclave a leste do estado de Goiás (Figura 1).

Diferentemente das outras unidades federativas, o DF não tem caráter de estado e nem possui municípios, mas é um território autônomo com 31 Regiões Administrativas (RA), governadas por administradores regionais e secretários, segundo a Lei Orgânica do Distrito Federal de 8 de junho de 1993.

O DF surgiu, em 1960, da concretização de um planejamento arquitetônico para abrigar a nova capital federal, Brasília, que foi construída num tempo recorde de cinco anos. A crença no Eldorado que o Distrito Federal poderia oferecer fez com que muitos

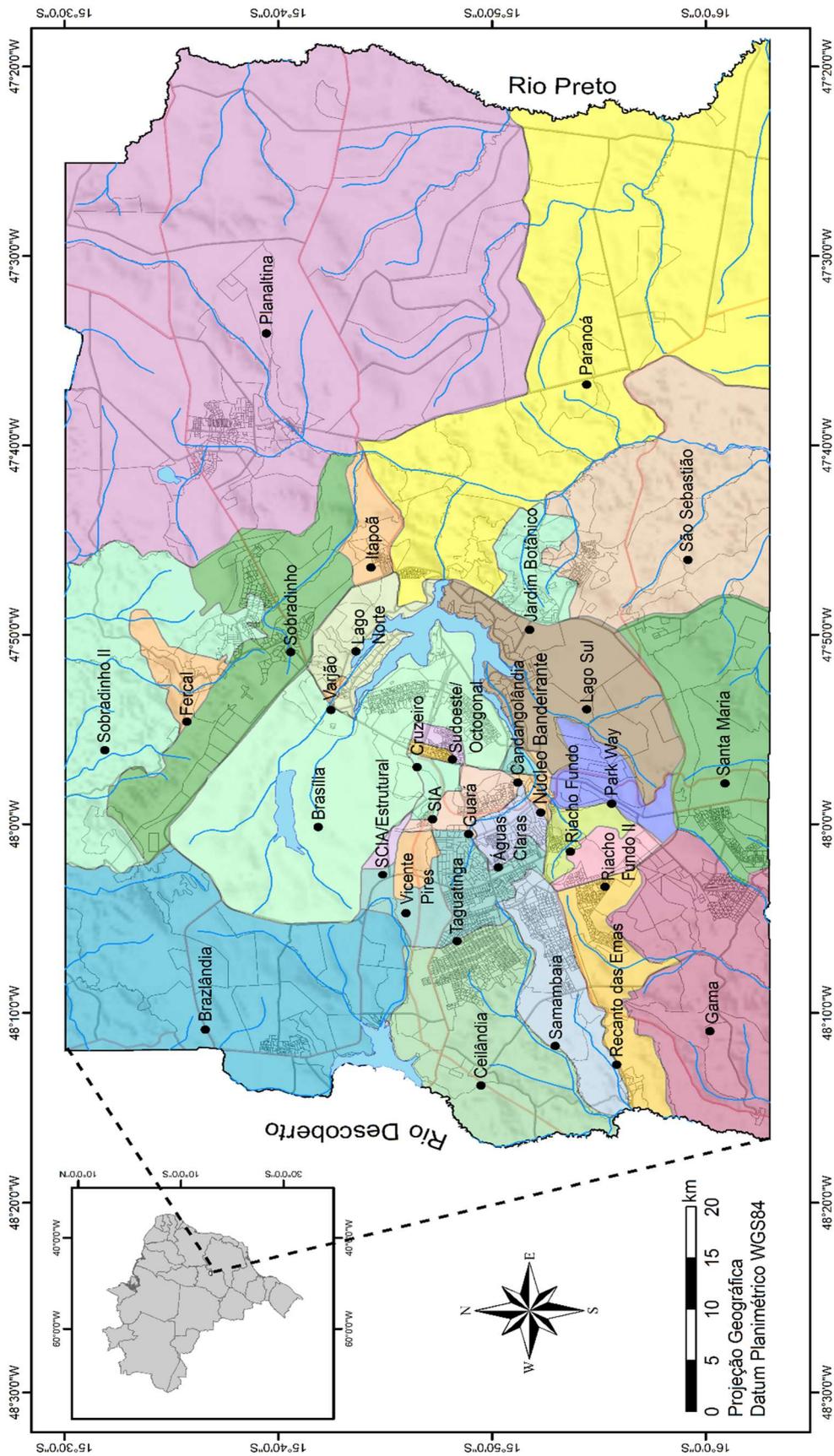


Figura 1 – Mapa geopolítico do Distrito Federal e suas Regiões Administrativas

imigrantes que construíram Brasília permanecessem no local, após sua construção. Essa permanência, não prevista inicialmente, provocou o assentamento dos imigrantes em cidades planejadas e construídas tão rapidamente quanto Brasília havia sido e ao mesmo tempo dessa (Costa 2011).

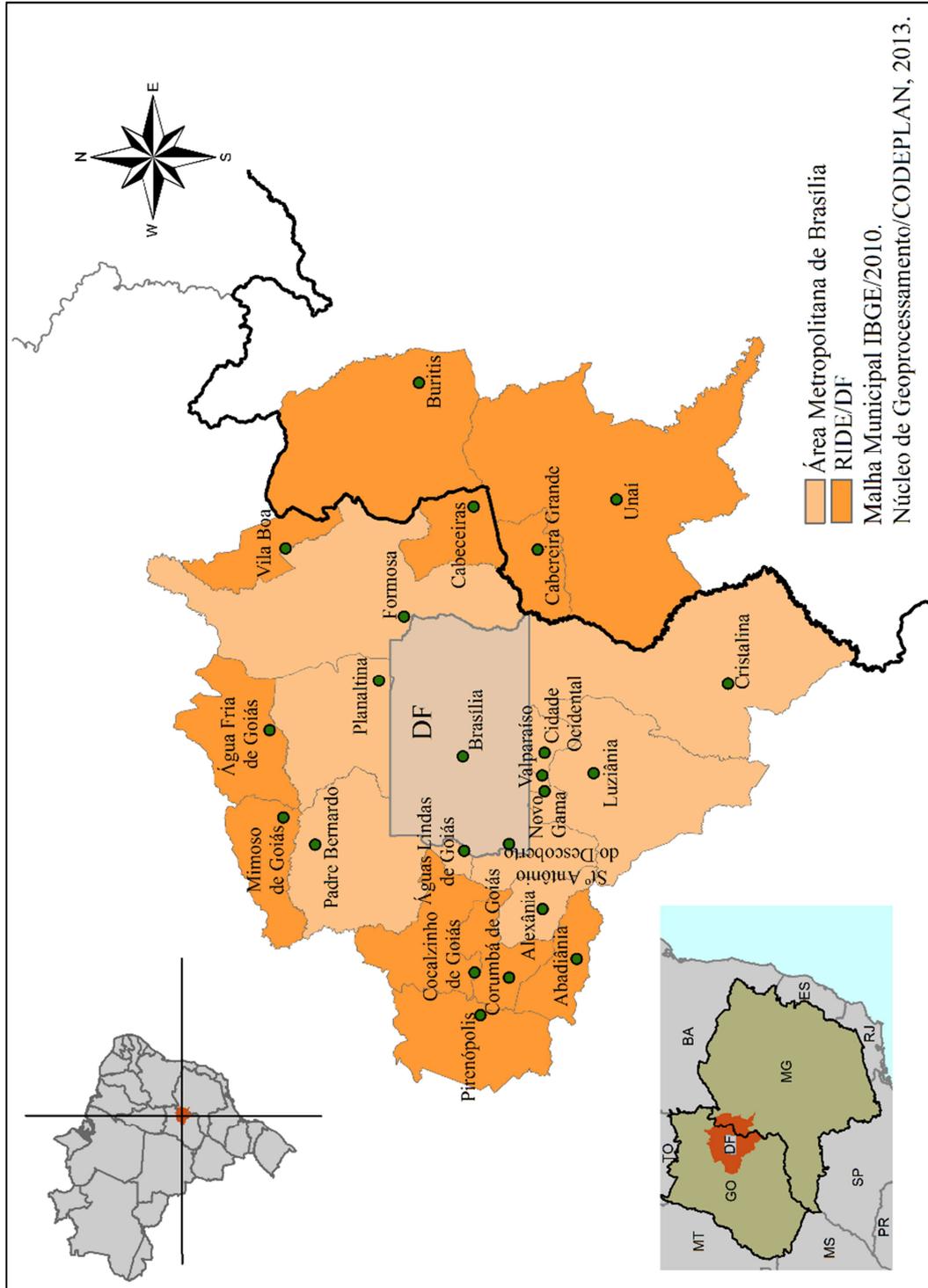
O contingente populacional sempre crescente de imigrantes nas próximas décadas levou não somente a criação das cidades distritais e suas Regiões Administrativas (Entorno) como impôs a mesma ocupação acelerada nos municípios próximos ao DF, nos estados de Goiás e Minas Gerais (Costa 2011; CODEPLAN 2013) que compreende a “Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE/DF). A RIDE/DF é composta por 22 municípios, sendo 19 municípios pertencentes ao Estado de Goiás e 3 pertencentes ao Estado de Minas Gerais (Figura 2).

Em seu projeto inicial previa-se uma população de 500 mil habitantes no ano de 2000 e, segundo dados do IBGE (2000), o DF já possuía nesta data 2,05 milhões, sendo 1,96 milhões na área urbana e cerca de 90 mil na área rural. Em 1960, a RIDE/DF em seu princípio possuía quase 70 mil habitantes e em 2000, pouco mais de 700 mil. No último censo de 2010 (IBGE, 2010) a população total do DF superava os 2,5 milhões de habitantes, 2,47 milhões nas cidades e 86 mil na zona rural, colocando o território como a unidade da federação de maior densidade demográfica do país e com o maior índice de ocupação urbana (Costa 2011; IBGE 2010; CODEPLAN 2013). A RIDE/DF por sua vez, já totalizava mais de 900 mil habitantes (IBGE, 2010).

Novas ocupações estão sendo previstas para os próximos anos com estimativas de incremento da população. A estimativa da população prevista para o DF pelo IBGE para 2015 foi de 2.914.830, atualmente a população é de 2.970.000. A contabilização atual em tempo real disponível *on line* prevê um contingente de 3.773.400 habitantes no DF para 2030 (IBGE, 2016).

Augustin *et al.* (2014) demonstram que o crescimento populacional não gera crises ambientais, mas a agrava sensivelmente na ausência de uma racionalidade produtiva sustentável. Acreditamos que o intenso processo de adensamento populacional, de caráter essencialmente político (Costa 2011), ocorrido na região do DF nos últimos 60 anos não permitiu ocupações e usos de solo baseados em estudos ambientais preliminares que garantiriam uma racionalidade produtiva.

Figura 2 - Mapa do Distrito Federal e municípios vizinhos dos estados de Goiás e de Minas Gerais com a delimitação da região metropolitana e da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno - RIDE/DF. (Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Malha municipal (IBGE, 2010). Elaboração: Núcleo de Geoprocessamento/ Comp Distrito Federal (CODEPLAN, 2013)).



No DF as ocupações aceleradas das demais RA e Entorno, deixaram muito a desejar no que se refere a ocupação sustentável no DF, uma vez que as características do meio físico, sejam bióticas e abióticas e suas inter-relações, não foram devidamente observadas. Têm-se registrado ao longo dos anos um aumento crescente da remoção do cerrado, do uso de recursos naturais abióticos e de desastres ambientais por causas tanto antropogênicas como naturais (SEBRAE, 2004). O passivo ambiental do Distrito Federal demanda uma consciência ambiental de sua população.

A EVOLUÇÃO DO MEIO FÍSICO DO DISTRITO FEDERAL

PRÓLOGO

Era uma vez...

"Final de tarde de um dia quente há mais ou menos 1,5 bilhão de anos. Raios solares rompem uma barreira de gases atmosféricos mais densos que os atuais, mas não densos o suficiente para impedir que atinjam a superfície terrestre, iluminando continentes, oceanos e mares de então. Ainda não há vida em nenhuma das diversas massas continentais que se espalham pela superfície da Terra, cujas dimensões são menores que os continentes atuais. Algumas em regiões mais frias, enquanto outras em regiões mais quentes do planeta. Vulcões e geleiras em constante evolução. Os seres minerais dominam soberanos nos continentes. As rochas expostas dos continentes são esculpidas pelos rios e os ventos sopram grãos e mais grãos de areias por longas distâncias. Sob as águas, seres microscópicos formados apenas por uma única célula representam a forma dominante de vida no planeta dessa época. Oceanos e mares infestados por aqueles que serão os precursores de todas as outras formas de vida que ainda surgirão na Terra. A maioria vivente nas profundezas das águas, nos escuros dos oceanos. Mas alguns não perdem a oportunidade de se adaptarem às águas superficiais iluminadas pelo sol. É nestas águas mais quentes que determinados seres unicelulares passam a usar um gás comum na época, dióxido de carbono, e a energia solar em seu ciclo de vida, para a sorte da vida complexa que ainda está por vir, produzindo como um dos resultados a liberação de oxigênio nos mares. Energia solar, dióxido de carbono, microrganismos, água e oxigênio em conjunto foi uma adaptação de sucesso e o estopim para uma das maiores contaminações ambientais da história do planeta, a oxigenação dos mares e oceanos de então. Lentamente, durante os 500 milhões de anos seguintes, as proporções dessa contaminação serão de tal forma abrangente que conseguirão, após saturar as

águas, contaminar também a atmosfera. Mas, durante mais 500 milhões de anos ainda não haverá vida sobre os continentes."

1 DO PRINCÍPIO, ... LÁ NO PROTEROZÓICO, ROCHAS EM CONSTRUÇÃO!!!

Esse é um dos possíveis cenários que as pesquisas científicas de décadas nos fornecem do que seria o planeta Terra há 1,5 bilhão de anos, no Proterozóico (do grego *protero*, anterior, *zoikos*, animais, vida). E foi num cenário similar ao apresentado acima que as rochas mais antigas que ocorrem no DF começaram a se formar.

Em termos de áreas emersas, havia vários continentes com formas, tamanhos e localização nada parecidos com os atuais. A região litorânea à oeste de um dos continentes menores da época, denominado por nós de São Francisco-Congo foi o sítio de origem da maioria das rochas que se encontram hoje nos limites geográficos do DF. Graças à geografia, cartografia e os sistemas de informação geográficas e estudos geológicos estimamos a posição desses continentes no passado.

...

*"O sertão vai virar mar, dá no coração
O medo que algum dia o mar também vire sertão"*

...

Sobradinho de Sá e Guarabyra

Até parece que os compositores e cantores brasileiros Luíz Carlos Pereira de Sá e Guttemberg Nery Guarabyra Filho se inspiraram num passado longínquo de nosso país para compor a canção Sobradinho. Hoje, não temos mais o mar banhando nossas rochas, mas elas já tiveram o prazer das ondas e da brisa do mar em suas vidas.

Então, alguém pode entender que as rochas que porventura existiam nesse antigo litoral são as rochas que estão hoje na região centro-oeste. Não exatamente, pelo menos não nesse princípio da história, mas seriam mais tarde. Há tantos milhões de anos, na região litorânea desse continente, estavam por enquanto presentes os elementos básicos para formar as rochas, os minerais. Estes iriam ainda precisar de um certo tempo para se tornar rochas. Mas, observando as rochas de hoje e identificando todas as suas características, ao mesmo tempo que as comparamos com rochas de ambientes similares atuais, é que podemos interpretar esse ambiente litorâneo antigo. Não é "achismo", mas uma interpretação baseada em evidências. E como achar essas evidências? Lendo as rochas, que são livros preciosos do passado da Terra.

Os geocientistas, especialmente os geólogos, que frequentemente interpretam o passado histórico do planeta utilizam procedimentos parecidos com os de um perito policial ao investigar uma cena de crime ocorrido, mas não presenciado por testemunhas. O geólogo ao se deparar com uma rocha, que é o registro preservado de algum acontecimento ocorrido no passado para o qual não foi testemunha, o que equivaleria ao local do crime para um perito, utiliza seu conhecimento e toda tecnologia de análises disponíveis, compara com acontecimentos atuais que se assemelhe ao acontecido, simula situações em laboratório e apresenta também o seu laudo. Essas interpretações não são imutáveis, podem ser reinterpretadas ao longo do tempo à medida que novos conhecimentos sobre as rochas são obtidos, geralmente acompanhados pelo avanço da tecnologia. Numa visão mais ampla, podemos dizer que são esses os procedimentos seguidos em todas as áreas das ciências naturais e que estarão implícitas nas descobertas apresentadas aqui sobre a história do DF.

Retornando à história...

Na margem ocidental do continente São Francisco-Congo, em suas praias com milhares de quilômetros chegavam sedimentos vindos do interior do continente, trazidos pelos rios, ventos ou gravidade, que ali ficavam por longo tempo sendo rolados pelas ondas do mar.

Um momento!! O nome São Francisco é nacionalmente conhecido, mas Congo? Congo? Não é um país africano? Sim! É porque nesta época a área continental desse continente se estendia mais para leste, mas essa porção acabou indo parar na África, quando da abertura do Atlântico. Ficou no Brasil a porção oeste. Então ao denominarmos assim, sabemos que o Congo já esteve colado na região do São Francisco hoje no Brasil.

Então, durante milhões de anos os sedimentos chegavam constantemente e se empilhavam uns sobre os outros, os recém-chegados e mais superficiais ficavam brincando com as ondas, para lá e para cá, enquanto os experientes de praia e mais antigos saíam de cena porque acabavam sendo soterrados pelos mais jovens. Ora, minerais são pesados e, uns sobre os outros, acabaram por compactar os que iam ficando cada vez mais soterrados em profundidade. O tempo decorrido para acumular alguns milímetros? Um ano, se compararmos com a taxa de sedimentação atual na plataforma continental brasileira³³, afinal o mar não dá trégua com suas ondas que

³³ Plataforma Continental brasileira: região litorânea submersa com profundidade média entre 200 m, cuja largura começa na linha de costa e se prolonga até o talude continental (onde o declive do fundo do mar se acentuada) e que se estende ao longo de todo litoral brasileiro.

ficavam movimentação os grãos sem parar. Não é tão rápido acumular esses grãos. E durante milhões de anos os sedimentos foram empilhados e após soterrados se tornaram rochas, as quais denominamos então de rochas sedimentares.

Se olharmos de perto as rochas sedimentares do DF, na realidade se olharmos os registros do ambiente pretérito nelas preservadas, reconheceremos as evidências desse tempo de moradia litorânea dos minerais. Lembramos que muitas vezes os registros podem ser obliterados por eventos posteriores que podem mascarar ou mesmo eliminar totalmente tais feições. Nesses casos, a perda parcial ou total nos faz ficar na pura imaginação do que tenha acontecido.

Diversos tipos de sedimentos, de tamanhos e composições químicas diferentes, foram reconhecidos nessas rochas. Suas características indicaram que foram acumulados em regiões de praias expostas ao sol e chuvas e também sob as águas. Mas, não muito distante da linha de praia, no máximo numa distância após as arrebentações das ondas e onde a luz do sol podia penetrar. Na região plataformal de uma margem continental como conhecemos hoje.

As marcas de ondas que vemos quando andamos nas praias atuais, as marcas de movimentação por tempestades na areia ou pelo escoamento de águas de canais ficaram registrados em muitas dessas rochas, para citar alguns exemplos de registros; em outras rochas é possível encontrar registros de que houve épocas que esses sedimentos ficaram muito tempo expostos aos sol, pois marcas de cubos de sais estão lá como evidências; outras vezes, em outro nível de rochas, vemos minerais que só se formam sob as águas, como os carbonatos e, por vezes, eles aprisionaram fósseis de algas fotossintetizantes, aquelas responsáveis pelo início de produção de oxigênio. Por sorte, essas evidências também encontradas nas praias atuais, nos auxiliam em muito a interpretar o passado.

Após anos de observações e estudos laboratoriais os geólogos sugeriram uma sequência de empilhamento dessas rochas litorâneas, em muitos lugares ficou preservada a passagem de um tipo de rocha para outro, e ao fazerem isso também descobriram algo curioso: uma alternância cíclica. À medida que mais rochas eram empilhadas, reconheceu-se evidências de que ora as rochas eram depositadas sob as águas, ora não e depois novamente a deposição era sob as águas e assim sucessivamente. Isso foi o pulo do gato para confirmar que houve épocas de deposição de sedimentos quando o nível do mar estava mais alto e também, o contrário, quando o nível do mar havia regredido. As rochas depositadas na

transgressão, quando o nível do mar avança sobre o litoral, são geralmente de grãos bem miúdos que dão à rocha o nome de siltitos ou argilitos. E as rochas que caracterizam a regressão têm o grão um pouco maior, igual areia de praia, por isso denominadas de arenitos. São comuns também rochas que indicam águas quentes e rasas com incidência solar como os calcários, com ou sem fósseis indicativos daqueles organismos fotossintetizantes.

Imagino quantas mudanças climáticas os sedimentos não viram? Ora frio, ora calor, ora ondas calmas, tempestades, tempos submersas sem ver o raiar do sol, por vezes num calor escaldante, anos após anos, séculos após séculos, milhares de anos e até hoje estão testemunhando tantas transformações que já aconteceram e que estão acontecendo entre os céus e as profundezas da Terra. Se além de lermos o geólogo entrelinhas aprisionado nos e entre os minerais, seaaaah!!!! Se as rochas falassem!!! Escutaríamos por anos a fio segredos nunca antes revelados. Quanta curiosidade!!!!

Tá, tudo bem! Mas o que nos restaram de evidências?

As relações cronológicas dessas rochas, qual veio primeiro, qual foi empilhada depois, também foram passíveis de determinar observando as feições sedimentares preservadas. Mas, o tempo de deposição de toda essa pilha de rochas só foi possível determinar com análises químicas de determinados minerais que são cronômetros geológicos. *Ainda bem que eles existem!! Geólogos são eternamente agradecidos.* Alguns minerais, existentes em quase todas as rochas, possuem um dispositivo de contagem do tempo que diz quando eles foram formados ou quando sofreram modificações posteriores. Graças aos nossos bons amigos químicos, que descobriram esse cronômetro, foi possível quantificar o tempo que levou para essa sequência de rochas empilhar. Nada mais nada menos do que 500 milhões de anos...aproximadamente!! *Também não precisamos ser mais precisos do que isso para dizer que foi durante muuuuuuuito tempo e que é praticamente impossível ao nosso cérebro humano assimilar um número tão grande, se compararmos ao nosso ínfimo tempo de vida. Pois então...*

Outra coisa, foi possível também saber, usando os mesmos minerais cronômetros.....

Aah! Zircão, é o nome do mineral cronômetro que foi utilizado para datar essas rochas.

Mas, continuando, é possível saber a idade dos mesmos e por dedução lógica, a idade das rochas onde se encontravam antes de se tornarem sedimentos. Mas, como cada zircão solto pode ter vindo de qualquer rocha, suas origens e idades podem ser variadas. Isso de fato acontece.

Recorremos então à estatística para estimar essas idades ao selecionarmos uma população de 100 grãos de zircão e, analiticamente, determinarmos todas as suas idades. Frequentemente comentam-se as idades mais representativas, que se repetiram mais.

Os zircões que ficaram aprisionados nas rochas litorâneas do Continente São Francisco-Congo foram na sua maioria originados entre 1900 a 2500 milhões de anos, ou em outras palavras há 1,9 a 2,5 bilhões de anos, ou ainda, há 1.900.000 a 2.500.000 de anos. *Independente da escrita, todos os números expressam a mesma quantificação, que é de tempo demais!!!!* Mais ou menos quando o planeta estava na metade de sua existência.

Zircões aprisionados em rochas que ainda estão em regiões consideradas afastadas da praia no continente daquela época e que são analisados hoje, confirmam a origem interiorana dos zircões de praia. Muito comum nas ciências, é o cruzamento de dados, feitos por pesquisas distintas, como é o caso das datações recém comentadas, para confirmar ou descartar alguma hipótese. A Ciência está em constante construção.

As rochas mais antigas do DF ocupam a maior área do seu território hoje. A ocorrência superficial das rochas no Distrito já foi demarcada cartograficamente, após geólogos percorrerem toda sua área, como no mapa geológico da Figura 3. *Não é uma linda pintura abstrata de fazer inveja a grandes nomes da pintura? Mas essa foi feita por geólogos... vamos entende-la!!!* As diferentes cores indicam as regiões onde rochas diferentes ocorrem e aparecem na superfície do terreno. Então, as rochas mais antigas aparecem agrupadas sob a denominação de Grupo Paranoá. As variações cíclicas das rochas anteriormente comentadas foram diferenciadas no mapa por cores diferentes e são denominadas por formações, cujos nomes foram retirados de algum canal de drenagem ou serra das proximidades. Na realidade, o Grupo Paranoá tem mais formações do que estas que ocorrem no DF, mas as demais ocorrem fora dos seus limites geográficos.

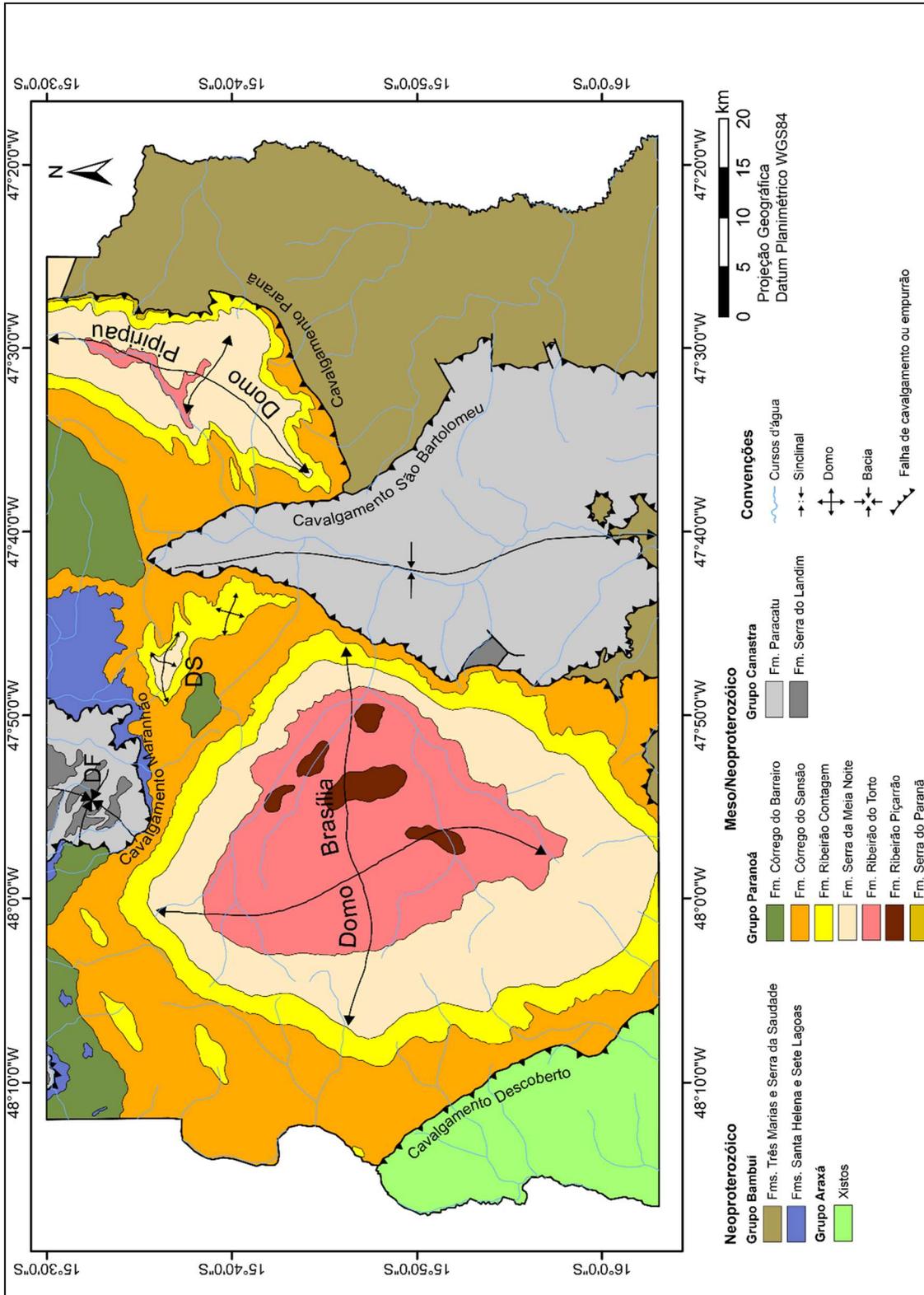


Figura 3 – Mapa geológico do Distrito Federal (Modificado de Campos, 2010).

Existe ainda uma outra sequência de rochas sedimentares no DF com história muito similar à do Grupo Paranoá. Essa sequência foi interpretada como depositada ao longo do mesmo litoral, num lugar lateralmente distante do primeiro grupo. A interpretação de suas rochas diz que essa sequência começou a se formar em águas marinhas mais profundas e com o tempo o mar recuou lentamente, empilhando rochas em águas mais rasas, até bem rasas. O recuo caracterizou a sequência como depositada ao longo de um megaciclo regressivo, diferente da intercalação de transgressões e regressões do Grupo Paranoá. Devido a modificações posteriores, sofridas por essas rochas milhares de anos depois e que falaremos mais adiante, as feições sedimentares primárias dessas rochas foram bastante obliteradas. Essas semelhanças e a correspondência de idades, entre 1,9 a 2,5 bilhões de anos, avaliadas pelos mesmo métodos nos dois grupos, levaram os geólogos a dizer que os grupos se formaram na mesma época e são correspondentes laterais um do outro, ou seja, enquanto as rochas de um estavam numa porção do litoral, as rochas do outro em algum outro lugar também, mas distantes entre si.

As rochas dessa sequência correspondem ao Grupo Canastra. Da mesma forma que o Grupo Paranoá, nem toda a sequência do grupo está exposta no DF, somente as formações de águas mais profundas. A maior parte dessas rochas ocorrem no vale do Rio São Bartolomeu e numa pequena porção a norte (Fig. 3).

Bom, dissemos que as rochas desses dois grupos se formaram no litoral do continente São Francisco-Congo, predominantemente na região de uma plataforma continental, o que significa que esse ambiente não esteve sob a influência tectônica direta. Por essa razão foi lhe concebido o nome generalizado, em geologia, de margem passiva.

*Pausa para um grande parêntese!!! Você já percebeu que falamos que continentes estiveram em outras posições no globo terrestre e percebeu o termo tectônica no texto. Agora tentaremos explicar a grande teoria unificadora das geociências que revolucionou o pensamento humano e comprovou o caráter sistêmico dos processos naturais do planeta, a Teoria da Tectônica de Placas (do grego *tektovikóç*, construção), defendida até a morte por seu idealizador, Alfred Wegener (1880-1930), geógrafo e meteorologista alemão.*

Wegener defendia que os continentes se moviam, afastando e se aproximando uns dos outros ao longo do tempo geológico. Ele pesquisou e encontrou diversas evidências geológicas e fossilíferas, mas não conseguiu comprovar em vida o

mecanismo que gerava a movimentação dos continentes. Os físicos só não o queimaram na fogueira por tal heresia no início da década de 1990 do século passado, mas o desacreditaram por completo, porque era um absurdo supor que alguma força poderia mover massas rochosas de tal monta.

Ledo engano e ironia do destino!!!! Foi a própria física que mais tarde prestou homenagens póstumas às ideias de Wegener. Ele deve ter dado pulos de alegria, onde quer que estivesse rsrsrsr.

A afastamento e aproximação de continentes é culpa da convecção mantélica, processo que leva o resfriamento interno da Terra !!! Descoberta por pesquisas do fundo oceânico que casaram com as evidências de Wegener. A Termodinâmica, uma das áreas da Física, explica bem isso. *Funciona assim, óh!*

Um momento, um momento! Primeiro uma breve descrição do interior da Terra, vamos precisar! A Terra é subdividida em camadas concêntricas, como uma cebola. *Essa descoberta também foi feita de maneira indireta pelos..., pasmem!!! Físicos e geofísicos (rsrs)!!*

A camada mais externa e bem estreita com espessura média de 35 Km é a camada onde pisamos, denominada de Crosta. Fazem parte dela todos os continentes (40 km de espessura média) e fundos oceânicos (6 km de espessura média). A próxima camada, logo abaixo da Crosta e a mais espessa, é o Manto, com aproximadamente 3000 km de espessura. *Uau!!! Muito mais espessa que a Crosta, só 100 vezes mais!!!!* Ambas camadas, Crosta e Manto, são formadas por rochas sólidas. *Não acredite quando você ler por aí que o Manto é pastoso, ok? Falso!!!*

Abaixo do Manto está o núcleo do planeta. São dois, um externo com aproximadamente 2000 km de espessura formado por ferro e níquel em estado líquido; outro interno com aproximadamente 1200 km de diâmetro também de ferro e níquel, mas no estado sólido.

Agora retornamos à convecção mantélica. Calor excessivo do núcleo da Terra, similar ao calorzinho do sol, uns 7000°C, esquentando a camada rochosa logo acima dele, o Manto. *Lembre-se que o manto rochoso é a camada mais espessa da Terra.* Lá na base de sua camada sua temperatura próxima ao núcleo é da ordem de 4000°C, mas, próximo da superfície, a temperatura, nem se compara, é bem mais fria, só uns 1200°C. *Ok! Continua alta, não é tão frio assim, concordo!* Mas, a diferença de temperatura é bastante significativa. Ela é responsável por fazer mover o manto

rochoso, com pouquíssimo material fluido entre seus minerais, uns 3%, que fazem com que ele tenha um comportamento plástico.

O calor faz com que os materiais se movam para locais de mais baixa temperatura para se resfriarem, como o ar numa geladeira ou o ar num ambiente com ar-condicionado. Assim, as rochas mais quentes em profundidade no manto, migram ou sobem para as regiões mais frias da superfície do planeta. Lá no topo, elas forçam a Litosfera (do grego *lithos*, pedra) - camada formada pela Crosta e mais uns 100 km superiores do Manto – provocando fraturas quilométricas. As fraturas provocam a despressurização das rochas em subsuperfície, que passam para o estado líquido/pastoso, o magma (*magma*, do grego "pasta", no caso, material rochoso fundido) e acabam aproveitando as rachaduras para subir e chegar até a superfície na forma de rocha fundida, agora denominada de lava vulcânica. Aqui na superfície a temperatura é baixíssima comparada com as outras camadas da Terra, só 25°C em média!!!

Então, rachou-se a superfície terrestre!!! O magma ascende e expele lava na superfície, somando-se à crosta!!! Quando isso acontece...pode acontecer por milhões de anos!!!

Se esse fenômeno perdurar assim, novos pulsos de lavas chegarão continuamente e se cristalizarão (solidificarão) em superfície, formando rochas. Rochas formadas pela cristalização de rocha fundida são chamadas de rochas magmáticas ou ígneas (do latim *igneus*, relativo ao fogo; que é da natureza do fogo; que tem a cor do fogo). As rochas ígneas aí formadas são, na sua maioria, denominadas de basaltos³⁴. Novas lavas que chegarão, precisarão de espaço e como dois corpos não ocupam o mesmo lugar no espaço, ... as lavas vão empurrar lateralmente os basaltos para a esquerda e para a direita da linha das fraturas, ganhando espaço para também se cristalizarem em basaltos. *Eis a força capaz de mover continentes que os físicos do século passado não acreditavam existir, mas Wegener já apregoava!!*

O movimento ascendente do manto pode literalmente rachar continentes e fazer com que suas partes fragmentas se afastem umas da outra. Os continentes

³⁴ Basaltos: rochas formadas pela cristalização de lava (rocha fundida) que possui as características de ser escura, quase preta, maciça (não é possível ver os minerais que a compõem sem a amplificação de lentes de aumento de um microscópio), densidade (quantidade de massa de um material por seu volume) de 2,9g/cm³, comumente formam o assoalho oceânico. *Curiosidade: aqueles bloquinhos de pedra preta usados para fazer as calçadas portuguesas são de basalto*

fragmentados podem se afastar tanto um dos outros que águas oceânicas acabam por ocupar o espaço entre eles. Formam-se novas áreas oceânicas e regiões litorâneas nos continentes, muitas vezes de praias. Os fundos oceânicos são formados principalmente de basaltos, formados na separação da Litosfera. Os continentes são formados de rochas ígneas mais leves que os basaltos de fundo oceânico, principalmente por granitos, com densidade média de 2,75 g/cm³.

A movimentação que faz resfriar o manto ou o interior da Terra não acaba aí. Se pensarmos que os basaltos criam nova crosta, alguém pode pensar que a Terra vai se expandindo, se tornando uma bola maior. Isso não acontece porque o movimento convectivo que resfria materiais quentes é circular (*lembre-se do funcionamento de um ar-condicionado!*). Em algum momento as rochas mais frias da superfície devem voltar para o interior da Terra. Como isso acontece? Tenha em mente que em vários lugares do planeta o Manto força a Litosfera, rachando-a, introduzindo mais rochas basálticas. Isso fragmenta toda a superfície terrestre, mais precisamente toda a litosfera terrestre em placas, as denominadas Placas Litosféricas, que como a crosta, pode ser placa oceânica ou continental.

Os movimentos de separação das placas são aleatórios, ou seja, têm direções e sentidos diversos. Uma placa que se afasta de outra placa numa região do planeta pode se confrontar com uma outra placa de outra região do planeta que tenha um sentido contrário ao da primeira. É aí que aparece a possibilidade de retorno ao interior da Terra. Ao se chocarem, a placa que tem rochas mais densa, a placa litosférica oceânica, vai mergulhar de volta para o manto, num movimento denominado de subducção. Na subducção são formados os vales mais profundos da superfície terrestre, as fossas marinhas. Resiste ao retorno uma outra placa oceânica, mais jovem que a anterior e por isso menos densa, ou uma placa continental. Mas, não antes de provocar na borda da outra placa que resistiu seu enrugamento por conta desse encontro. *Imagine dois corpos rochosos batendo de frente, como uma batida de carro. Os materiais sólidos se amassam bastante e se elevam.* Nas bordas das placas continentes são formadas cadeias de montanhas continentais e nas bordas de placas oceânicas as elevações geram ilhas, denominadas de arcos de ilhas. *Tchanaaaaam! Eis como se formam as montanhas continentais e as maiores ilhas oceânicas.*

Em resumo, quando placas tectônicas divergem no ponto de ascensão do manto, nova crosta oceânica é formada em uma de suas bordas, afastando continentes e abrindo oceanos; quando placas tectônicas convergem, enquanto a

crosta oceânica retorna ao manto, caracterizando o movimento descendente da convecção, formam-se montanhas continentais nas bordas de placas continentais e arcos de ilhas nas bordas de placas oceânicas e fossas oceânicas associadas. Quando o encontro é entre duas placas continentais, nenhuma desce ao manto e continentes se juntam formando uma grande massa continental e o oceano entre eles se fecha.

A poderosa força da convecção mantélica, além de manter o processo de resfriamento do planeta, é responsável também pela construção do relevo da crosta!!! E a movimentação dos continentes para lá e para cá ao longo do tempo geológico, caracteriza a Deriva Continental, que deverá se manter até o interior da Terra se resfriar. *Previsão da geofísica?? Mais 4,5 bilhões anos, o dobro da idade atual da Terra. Não se preocupe, você não estará mais aqui!!!* Um ciclo de abertura e fechamento de um oceano leva em torno de apenas 250 milhões de anos ou 250.000.000 anos.

Na nossa história existem dois momentos da deriva continental que nos interessam. O primeiro você provavelmente percebeu e que já comentamos no texto lá atrás, quando dissemos que as rochas do DF se formaram inicialmente num litoral de um continente que estava num movimento de afastamento, movimento divergente. Em geologia esse tipo de margem continental é chamada de margem passiva, porque as forças tectônicas só ficam movimentando tranquilamente essa região pelo planeta. O segundo momento acontece quando continentes resolvem marcar um encontro. Esse encontro já não é tão passivo, digamos que é bastante efusivo e chamativo. Por isso as bordas desses continentes são chamadas de margens ativas, tectonicamente ativas. Como dito anteriormente é um encontro no estilo batida de carro, quando há um grande amasso. Em geologia dizemos que os materiais se dobram. Podem também se quebrar, trincar, verbos que em geologia são substituídos por fraturar, deixando cicatrizes de poucos centímetros até muitos quilômetros de distâncias. Às cicatrizes dá-se nomes como juntas, diaclases, fraturas e falhas. No final, essas deformações acabam por sobrepor os materiais rochosos e os elevando às alturas com a formação de montanhas.

O litoral do nosso antigo continente passou pelos dois momentos.

... momentaneamente, a margem estava passiva, mas a movimentação das placas tectônicas, cedo ou tarde, mudaria esse cenário de calmarias e ótimo para férias.

Pensando bem, não sei se seria muito bom para férias, pois nos continentes dessas antigas praias ainda não existia qualquer forma de vida. Imaginem vocês, um cenário de continentes menores que os atuais, alguns em pontos mais gélidos do planeta outros mais próximos da linha do Equador, mas todos, sem exceção, todos formados só por rochas, poeira e rios estéreis de vida. Se você estivesse lá sozinho, na praia do nosso continente São Francisco-Congo, dependendo do seu momento, poderia se sentir totalmente livre ou totalmente isolado e sozinho, na mais profunda solidão. Algo próximo como o atual planeta Marte, ... mas com água.

E foi o que aconteceu! Esse cenário calmo começou lentamente (*lentamente nesse caso também significa milhões a milhares de anos*) a ser perturbado pela aproximação de continentes.

As últimas rochas depositadas no topo da sequência do Grupo Paranoá, sob o nome de Formação Córrego do Barreiro, são os registros encontrados dessa mudança tectônica ou inversão tectônica. A desorganização de suas feições sedimentares primárias mostra que a calma das praias havia passado e que uma festa tectônica intensa e ativa estava se aproximando. O assoalho oceânico, a oeste do continente, estava retornando para o interior do planeta numa subducção, como manda a Tectônica de Placas.

Nesse tempo os sedimentos que estavam na praia não ficaram mais tanto tempo rolando para lá e para cá para depois serem tranquilamente empilhados. A subducção e a aproximação de continentes começou a comprimir as rochas e aconteceu o que aconteceria com qualquer material sólido em compressão. As rochas dobraram e fraturaram. E ao invés de praias passamos a ter lentamente a formação de montanhas na borda continental que antes tinha somente praias largas e tranquilas. Em geologia e retirado da língua grega, a formação de montanhas recebe a denominação de orogênese (*oros, montanha e gênese, formação*).

Quando as rochas começam a se elevar formando as montanhas, essas montanhas em posições mais altas no relevo passam a ser a fonte de novos sedimentos que vão rolar para o mar que está se fechando. Aqueles sedimentos que vinham lá do interior do continente vão perder espaço para esses sedimentos mais próximos e gerados em regiões litorâneas altas.

As rochas da Formação Córrego do Barreiro denunciam isso porque mostram sedimentos que não percorreram longo caminho para chegar às praias. Estudo

recente em zircões dessa unidade mostra também uma diminuição da contribuição de grãos de fontes mais antigas, típicas do interior do continente.

Com a evolução desse movimento convergente, não é só a aproximação de continentes com formação de montanhas, os processos geológicos que aí acontecem. No fundo do oceano que estava se fechando chegavam também sedimentos, ou seja, não só acumulavam sedimentos próximo à praia, mas também em regiões mar adentro. Existe uma hipótese de que rochas sedimentares acumuladas então lá no fundo desse oceano, mar adentro, sejam representantes de uma sequência de rochas, denominada de Grupo Araxá, que acontecem hoje no extremo sudoeste do DF como está no mapa geológico da figura 3.

É uma hipótese a origem desse grupo, que é mais comum fora dos limites do DF, pois a bagunça tectônica que a convergência ou orogênese provocou nessas rochas nos deixou um quebra-cabeça complexo de ser desvendado. Os dobramentos e falhas embaralharam diferentes tipos de rochas, deslocando-as de suas posições originais e apagando as feições indicativas do ambiente em que se formaram. Acontece que junto às rochas sedimentares ocorrem outras rochas muito semelhante àquelas que normalmente formam o assoalho oceânico. Como existem rochas sedimentares e ígneas, muito provavelmente de fundo oceânico, a hipótese dessas rochas terem vindo do fundo oceânico à frente da zona de colisão, é bem plausível.

Outra informação que contribui ainda mais com essa hipótese é a idade de formação obtida de zircões dessas rochas ígneas por volta de 800 Ma (milhões de anos), mais recente que aquelas dos grupos de rochas mais antigos do DF.

Só recapitulando...

Na margem passiva do Continente São Francisco-Congo foram depositadas e formadas as sequências sedimentares plataformais dos grupos Paranoá e Canastra, no Mesoproterozóico, num tempo de afastamento continental; no final da deposição do Grupo Paranoá a história se inverte, com o início da aproximação de continentes, supressão do oceano entre eles e formação de montanhas continentais que aconteceram durante o Neoproterozóico; o Grupo Araxá é depositado em fundo oceânico à frente da cordilheira continental também durante o Neoproterozóico.

É hora de falar como foi, com mais detalhes, esse encontro de gigantes e no que resultou nas rochas do DF. Depois continuaremos falando do último grupo de rochas que ainda ocorrem dentro dos seus limites.

Então, os continentes vão ficar juntinhos, descansando por um tempo, até a convecção mantélica, lá das profundezas, decidir se tem que provocar o divórcio do casal ou não. Na região do DF isso não voltou a acontecer depois do último reencontro e não há previsão futura para tal. *Será que serão felizes para sempre?????*

Bom, então, especificamente no reencontro de continentes que aconteceu entre 800 a 500 milhões de anos atrás e que conta a história do DF. Como foi como maiores detalhes? Contaremos no estilo conversa particular de amigos junto com o desenho da figura 4, porque com desenho é sempre melhor...

Estava lá o continente São Francisco-Congo quando avistou seu velho amigo continente Amazonas:

- Amazonas? Não acredito, é você mesmo? Exclama exaltado o São Francisco-Congo.

- Há quanto tempo!? Pois é! Responde Amazonas.

E caminham um ao encontro do outro. São Francisco, já barrigudo, não permite aqueeee ele abraço facilitado. Sua barriguinha avantajada provoca um certo desconcerto no Amazonas que tem que se ajeitar daqui e dali para poder abraçar direito o velho amigo. Levou um tempinho. Primeiro um beijo no rosto, seguido de um aperto de mão. Aí, ficou fácil para Amazonas, nos “finalmentes” então abraçar o grande amigo. Desde então, há aproximadamente 500 milhões de anos atrás estão fofocando sem parar e nunca mais se separaram.

No bom *geologuês*, e com a ajuda da geologia e da física e de olho na figura 4, o que aconteceu foi que o Bloco Araguaia resultou da rotação, no sentido horário, do Amazonas sobre o ponto de bloqueio (barriga avantajada do São Francisco-Congo) e desprendimento da porção nordeste do Amazonas, devido a redistribuição de forças. Esse se aproxima primeiro da porção noroeste do SF-C, o beijo de cumprimento. A aproximação continua e provoca nova rotação, em sentido anti-horário, e, pelas mesmas razões físicas, dão origem ao Bloco Paraná, desprendido da região sudeste do Amazonas, que se choca contra o SF-C na sua porção sudoeste, o aperto de mão. No choque final, as duas grandes massas continentais se aglutinaram e assim permanecem até os dias de hoje.

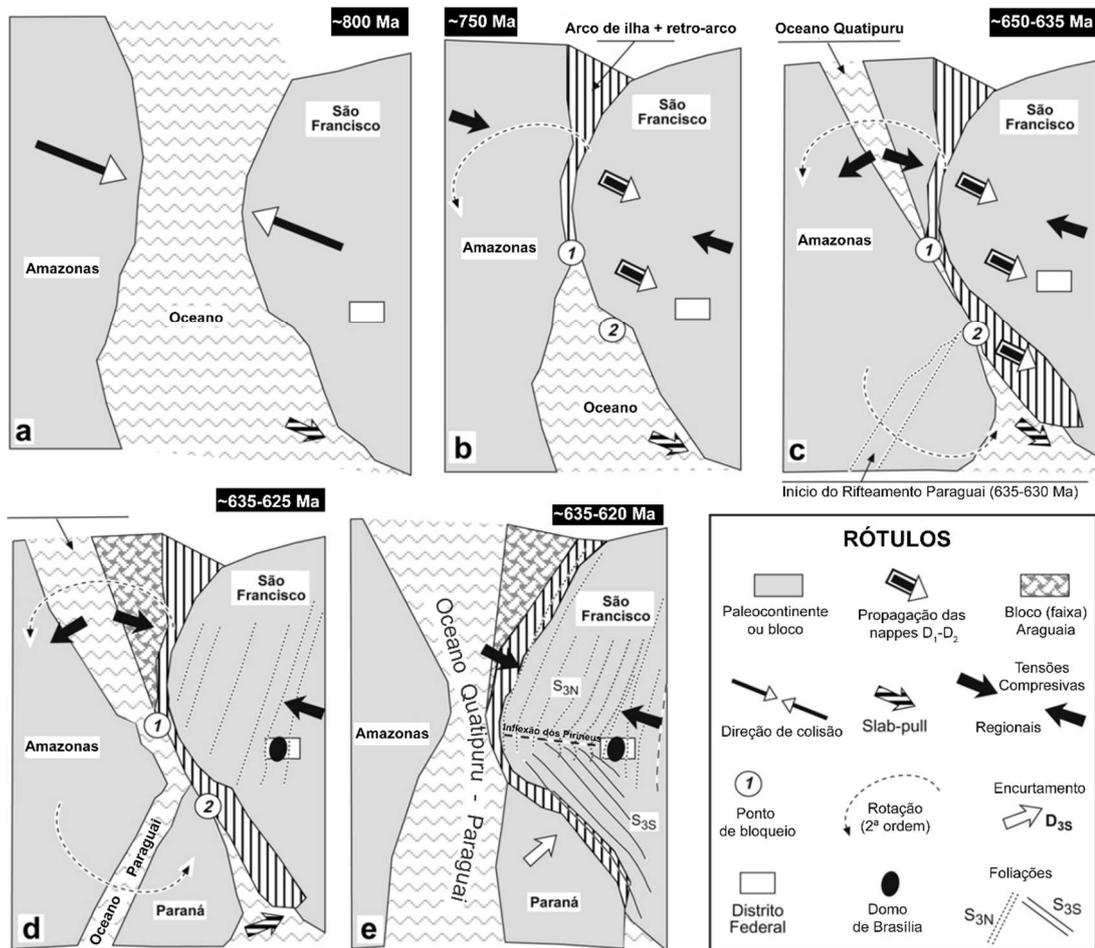


Figura 4 - Representação esquemática da evolução do encontro entre os continentes Amazonas e São-Francisco responsável pela estruturação das rochas e configuração inicial do relevo da região do Centro-Oeste (Modificada de D'el Rey 2013).

Nessa época as rochas marinhas do DF que estavam ou no fundo oceânico entre os continentes ou no litoral são dobradas e arrastadas para o interior do continente. Rampas de baixo ângulo, as falhas originadas pela fratura das rochas, permitem que elas adentrem o continente, ficando em contato umas com as outras, sendo que nos seus sítios originais de formação, elas estavam distantes uma das outras. Por isso vemos no mapa do DF as rochas do Grupo Araxá, mais jovem e de fundo oceânico, em contato tectônico por falha (rampa oblíqua) com o Grupo Paranoá. Da mesma forma o Grupo Canastra que está em contato tectônico com o Paranoá também por falhas de baixo ângulo e com as rochas do Grupo Bambuí que predominam numa faixa NS a leste do DF.

Esse intenso esforço sofrido pelas rochas do DF, mesmo que distante do *front* de compressão no que preservou muitas vezes várias feições sedimentares originais dessas rochas, provocou também a recristalização das rochas devido ao aumento de pressão e temperatura. Quando isso acontece dissemos que as rochas sofreram

metamorfismo e por isso são chamadas de rochas metamórficas. Por conta disso, os nomes das rochas também mudam para indicar esse metamorfismo. Arenitos, siltitos e argilitos são chamados de metarenitos ou quartzitos, metassiltitos e metargilitos, respectivamente. Os calcários do DF se preservaram como tal e não se metamorfsaram, não se tornaram mármore.

Devido a essas transformações sob pressão e temperatura dizemos que as rochas do DF, apesar de terem sido formadas inicialmente como rochas sedimentares, são na realidade rochas metamórficas. Metamórficas, mas não muito metamorfsadas, pois boa parte delas preservam muitas feições sedimentares primárias. As rochas dos grupos Canastra e Araxá estão mais metamorfsadas, o que dificultou encontrar as feições sedimentares primárias.

Sobre as rochas do Grupo Bambuí falaremos agora. Essas rochas, também sedimentares, preservaram muito bem as suas feições originais, as quais nos permitiram interpretar seu paleoambiente (do grego *palaiós*, antigo). *Como se configurou o ambiente onde elas se depositaram?* Seguinte: a compressão de forças para formação da cordilheira no *front* de encontro dos continentes provoca, atrás da cordilheira no interior do continente, uma compensação tectônica no material rochoso. A compensação se dá por forças contrárias, ou seja, forças de distensão que ao estirarem as rochas faz surgir uma depressão, uma bacia. Esse rebaixamento, a bacia, desce a tal nível que permite em algum ponto lateral a entrada de águas marinhas, forma-se aí um mar no interior do continente, denominado de mar epicontinental. Esse local se torna ponto de recebimento de sedimentos vindo da cordilheira que está próxima. Esse mar se forma então concomitante ao soerguimento da cordilheira. As rochas do Grupo Bambuí são representantes de depósitos de mar epicontinental que se formou no interior do SF-C, atrás da cordilheira. A distância desse local em relação aos esforços compressionais que atuam na cordilheira não conseguem atingir o mar continental, ficando preservadas as feições originais que comentamos anteriormente. *Ainda bem, isso facilita muito as interpretações!* Tem muitos calcários e dolomitos com fósseis de estromatólitos, intercalados a siltitos e argilitos. O belo nome estromatólito (do grego *stroma*, cama, camada e *lithos*, rocha) é o nome dado às estruturas que as cianobactérias fotossintetizantes construíram como produtos da fotossíntese e que deixaram para trás para se tornarem fósseis. Entre as várias formas que assumem, são colunares as que ocorrem no Bambuí.

Se vocês repararem o mapa geológico da figura 3, e nem precisa reparar por muito tempo, saltam aos olhos as feições circulares a ovaladas. Essas feições sustentam as regiões mais altas de chapadas, onde o Grupo Paranoá predomina. Os altos das chapadas são circundados por regiões mais baixas ou vales que são perceptíveis nos mapas digitais do DF da figura 5. Essa organização até nos lembra as formas das cúpulas do Senado e da Câmara na Esplanada dos Ministérios. Será que Oscar Niemeyer e Lúcio Costa captaram o inconsciente coletivo geológico????

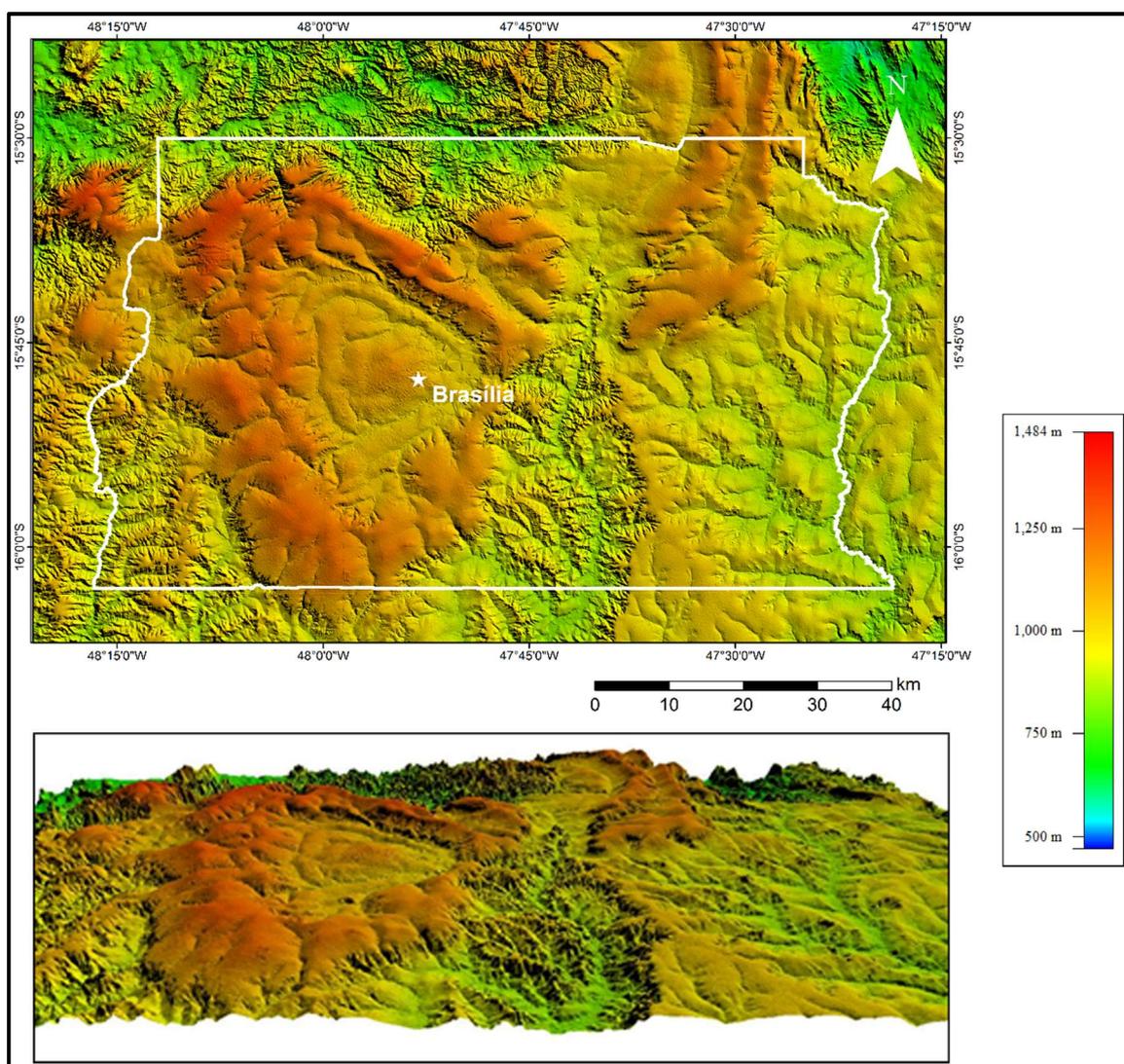


Figura 5 – Modelo Digital de Elevação, Imagem SRTM, com exagero vertical, visto em planta – A, e em perfil –B. Em evidência as regiões altas dos domos do DF, Pipiripau e Sobradinho, onde se encontram os relevos de chapadas sobre as rochas do Grupo Paranoá. A região agrícola do PADF, à leste, com relevo mais suave sobre as rochas do Grupo Bambuí. O Vale do Rio São Bartolomeu na porção centro-sul, com as mais baixas altitudes, sobre o Grupo Canastra. A sudoeste, o relevo de morros sobre o Grupo Araxá.

Tais altos e baixos resultaram da sequência de encontro dos blocos e do Continente Amazônica contra o SF-C e da resistência dos materiais rochosos envolvidos. O primeiro choque do Bloco Araguaia dobrou as rochas do DF, cujos altos e baixos das dobras se orientaram numa direção Nordeste-Sudoeste (Figura 4), e empurrou as rochas do Grupo Canastra sobre as rochas do Grupo Paranoá a norte do DF e as rochas do Paranoá sobre as do Grupo Bambuí a nordeste do DF. As feições atuais desses empurrões estão marcadas no mapa geológico da figura 3 pelos sistemas denominados de cavalgamento Maranhão e Paranã, respectivamente. Sobre a influência do choque do Bloco Paraná, novo dobramento de direção quase perpendicular ao primeiro, Noroeste-Sudeste, foi imposto sobre o dobramento anterior, formando então os altos e baixos grosseiramente circulares. O choque final do continente Amazonas de direção NS acaba por configurar domos elípticos principalmente nas rochas do Grupo Paranoá que foram mais resistentes às compressões devido as suas composições mais arenosas e, nas depressões, os grupos Canastra e Araxá formados por sedimentos mais finos, mas deformáveis. Nessas outras compressões o Grupo Araxá foi empurrado sobre o Grupo Paranoá a sudoeste do DF, cuja rampa está designada por Sistema de Cavalgamento Descoberto, e o Grupo Canastra se acomodou no vale do rio São Bartolomeu, ladeado pelo sistema de Cavalgamento de mesmo nome (Figura 3).

Quando os esforços compressivos deram trégua, na fase final da orogênese, quando os continentes encontraram a resistência máxima e não conseguiram mais se mover um contra o outro, veio um relaxamento das forças e nas rochas formaram-se fraturas de alívio de pressão. As fraturas de direções variadas foram caminhos facilitadores para o estabelecimento de muitos canais de drenagens do DF e para um primeiro acondicionamento dos aquíferos, ou reservatórios de águas subterrâneas, que viriam a se estabelecer totalmente milhões de anos depois.

A sequência de compressões das rochas criou na região do DF um divisor topográfico de direção geral oeste-leste que se estende desde o DF até onde hoje se localiza a cidade de Pirenópolis. Esse alto e as fraturas comentadas no parágrafo anterior acabaram por condicionar as muitas nascentes de cursos d'água que brotam no DF para norte, sul e leste do país, alimentando outras bacias hidrográficas. Apesar dessas bacias se configurarem de fato em tempos mais recentes, a sua estruturação foi inicialmente definida pela tectônica convergente de 500 milhões anos atrás. Por

conta disso a região passou a ser conhecida em nosso tempo humano como o “Berço das Águas”.

Como já dissemos a distância do mar epicontinental da zona de maior compressão salvaguardou o Grupo Bambuí dos esforços compressivos, no entanto, porções restritas do Grupo Bambuí, submetidas a maiores compressões, aparecem a norte do DF.

Até aqui, praticamente esclarecemos a estruturação principal e atual do DF, ou seja, a organização das rochas, construída entre 1.500 até 500 milhões de anos atrás, considerando desde a formação do Grupo Paranoá ao fim da orogênese. Dizemos que ao final da orogênese a região atingiu a estabilidade tectônica, ou seja, não passou por mais nenhum movimento compressivo, nem distensivo, que seria a abertura do continente. Mas num futuro, esses continentes aglutinados no final do Neoproterozóico e início do Paleozóico (do grego *paleo*, antiga, *zoe*, vida) irão se juntar a outros continentes para formar dois supercontinentes. Por hora, não estenderemos esse assunto.

O que chamamos hoje de Centro-Oeste brasileiro era em boa parte uma grande cordilheira há aproximadamente 500 milhões de anos.

Fim da festa tectônica!!! Há aproximadamente 500 milhões de anos. Uma célula convectiva fecha suas portas, encerra-se com a colagem final dos continentes. O manto procurou outro lugar para promover outra célula e manter o processo de resfriamento do planeta, mas não nos interessa isso mais.

2 NO PALEOZÓICO E MESOZOICO, A DESTRUÇÃO DAS ROCHAS - O BLACKOUT

A partir de então os altos picos da cordilheira de montanhas que se ergueu no centro do atual Brasil e que deveriam existir naquela época, foram paulatinamente vencidos pelas variações climáticas ora gélidas em períodos de glaciações, ora áridas em períodos de seca, ora úmidas em clima tropical e assim sucessivamente, provocando o desgaste das rochas, sua fragmentação. As rochas metamórficas começam a fragmentar-se, gerando sedimentos. Os sedimentos correram ladeira abaixo para ocupar as grandes áreas baixas nos arredores da cordilheira, as quais hoje chamamos de bacias sedimentares do Amazonas, Paraná, Parnaíba, São Francisco. Enquanto isso, o relevo, durante os próximos 500 milhões de anos até chegar nos dias atuais, deixou de ser montanhoso para chegar ao relevo ondulado do Planalto Central brasileiro. Vemos hoje as raízes da antiga cordilheira.

Falamos muito das rochas de tempos proterozóicos e que não havia vida sobre os continentes de então. No entanto, os primeiros sedimentos que construíram as primeiras rochas do DF foram testemunhas “oculares” da preparação do ambiente para a biodiversidade que conhecemos hoje.

As areias do paleocontinente SF-C viram as águas dos oceanos proterozóicos sofrerem a primeira grande poluição marinha quando seres unicelulares, microscópicos, começaram a conquistar as águas rasas da época. Esses seres experimentaram usar o pouco da energia solar que conseguia atravessar a densa atmosfera, rica em gás carbônico, como fonte de energia para quebrar o gás carbônico das águas e liberar oxigênio. Essa tentativa foi ganhando espaço lentamente e no Mesoproterozóico muitos dos oceanos já estavam bastante “poluídos” por oxigênio. A continuidade de liberação do oxigênio fez surgir nos mares a evolução biológica de seres unicelulares para organismos mais complexos, multicelulares. Isso aconteceu no final do Proterozóico quando a orogênese estava entrando em sua fase final em nossa região.

*“E o vento levou...
Levou, durante anos e anos a fio, pedacinhos do passado...
Deixando no esquecimento, deixando no vazio, deixando na imaginação...
O que não seria mais possível rever...
E a água lavou...
Lavou, durante anos e anos a fio, as marcas do passado...
Dissolvendo as provas, desmanchando os testemunhos, carreando as sobras...
O que um dia ela mesma houvera construído...”*

Anete Oliveira

A partir do final da orogênese entramos num grande *black out* da história do DF, pois nos próximos 450 milhões de anos ficamos na escuridão de relatos. Isso compreende todo o Paleozóico e o Mesozóico (do grego *meso*, meio, *zoe*, vida; vida intermediária na evolução biológica da Terra). Não nos foram deixados registros do que andou acontecendo por lá. Crime cometido pela erosão que devagar e sempre foi levando embora os sedimentos gerados das montanhas. *Quem sabe ainda encontraremos resquícios de sedimentos em alguma depressão do DF?*

Muito provavelmente, tudo que aconteceu na região que viria ser o DF foi levado embora nessa época...junto com o vento, águas, gelo e gravidade... Mas, por estudos de outras regiões nacionais e mundiais e possível jogar alguma luz no passado e traçar

linhas gerais do que provavelmente deve ter acontecido com as rochas que nessa região estavam.

Sabemos que em algum momento as terras distritais receberam visitantes ilustres que ainda não existiam nos continentes. Mas primeiro aconteceu algo sob as águas... Nos oceanos, durante os próximos 150 milhões de anos, contados a partir do final do Proterozóico, os seres vivos multicelulares fizeram muitas experimentações com a evolução até acharem por bem desbravar também os continentes, terra de sem dono, ou melhor, terra dos seres inorgânicos.

Há aproximadamente 400 milhões de anos atrás as criaturas vivas começam a invadir os continentes. Da mesma forma que o clima, os seres vivos ao interagirem com o meio abiótico passaram a serem atores nos processos intempéricos, acelerando as alterações superficiais das rochas e sua fragmentação. Aceleraram também a formação de solos.

A invasão continental por seres vivos aconteceu em meados da Era Paleozóica e desde então, nos continentes, geologia e biologia caminham de mãos dadas. *Só para lembrar, esse dueto já acontecia sob as águas há bilhões de anos. Isso muito provavelmente, quase que certamente, aconteceu sobre as rochas do DF. Só não dá para dizer com certeza absoluta porque, como já comentamos e só para frisar, ficamos sem testemunhas confiáveis, ou melhor, sem testemunha alguma! Até segunda ordem!!*

O que mais aconteceu em outros lugares dos continentes que nos dá pistas do passado do DF neste intervalo???

Passaram-se pequenas e grandes extinções, nos continentes e nos mares. Variações climáticas por vezes afetando o planeta por inteiro. Mas, na maioria das vezes, os climas vigentes sobre os continentes obedeciam às latitudes e altitudes que cada um possuía na época. Concomitantemente, os continentes em constante deriva se agruparam, no início do Paleozóico, em dois grandes supercontinentes. O Gondwana no hemisfério sul e Laurentia no hemisfério norte. A região do DF fazia parte do Gondwana. Os dois supercontinentes foram posteriormente separados em blocos menores e se uniram no maior de todos os continentes, o Pangéia, ao final do Paleozóico. Se todos se uniram no Pangéia, por dedução lógica e irrefutável, a região do futuro DF esteve lá também. Toda essa dança custou várias circulações convectivas do manto, mas sem separar a região central do futuro Brasil, onde estava

o DF. Tudo aconteceu rapidinho, num piscar de olhos de 250 milhões de anos (*Que piscadinha ligeira é essa, gentem??!!*).

O Supercontinente Pangéia está formado, clima tropical dominante, grandes criaturas passam a habitar o planeta - a Era dos Dinossauros -, conhecida pelos geólogos como a Era Mesozóica ou simplesmente Mesozóico. Enquanto os dinos e seus amigos caminhavam pelas bandas do que seria no futuro o Brasil, as rochas, do também futuro Centro-Oeste brasileiro, continuavam sendo esculpidas pelos mesmos agentes superficiais, água, vento, gravidade e atividade biológica. Testemunho de seres vivos que vagaram por essas terras foram preservados somente como fósseis, mas nas rochas das bacias sedimentares de regiões mais distantes que circundavam o alto topográfico do futuro centro-oeste. O DF por estar numa posição mais alta, só forneceu, no máximo, os sedimentos para soterrar os futuros fósseis nessas regiões, como já mencionado anteriormente.

Como tudo está em dinâmica constante no planeta, o gigante Pangéia “cansa” de ser um supercontinente e começa a separar-se em continentes menores. Novamente culpa da convecção mantélica que só quer resfriar o planeta. Os dinossauros acompanham esse movimento, ainda como reis do planeta. Os oceanos que conhecemos hoje começam a se formar, ainda como bebês e por volta de 100 milhões de anos atrás eles já estão mais crescidos. A América do Sul já está com seus litorais bem delineados e migra lentamente de posição mais a sul para a posição atual. Finalmente podemos reconhecer, a partir de então, a região do DF no centro da América do Sul. A Cordilheira dos Andes começa a se elevar na borda oeste da América do Sul porque o assoalho oceânico de uma placa tectônica oceânica, denominada de Placa Tectônica de Nazca, em contato com quase todo o litoral oeste da América do Sul, está sendo subductado. No final do Cretáceo, há uns 65 milhões de anos, os dinossauros são extintos por uma sequência de eventos iniciada por forças cósmicas. Após o holocausto das grandes criaturas, os mamíferos ganham espaço para evoluírem, a história se aproxima da chegada de nossos ancestrais.

3 APROXIMA-SE O CENOZÓICO, PRIMEIRO O CERRADO SE ESTABELECE

Não há mais montanhas. Montanhas, avistadas apenas pelos felizardos seres paleozoicos. Montanhas que ao se desintegrarem, construíram lentamente leitos distantes que abrigaram em suas covas as testemunhas oculares que em vida puderam observá-las; nelas se abrigarem; delas tirarem seus alimentos. Nos sobraram

os restos, as raízes das montanhas nos restaram, esculpidas carinhosamente em formas bem mais suaves...

No interior do continente sul-americano os processos erosivos, climáticos e bióticos da época deixam finalmente registros que possibilitam entender a evolução da paisagem a partir de então e a chegada das primeiras civilizações. Os biólogos e climatologistas são novamente grandes colaboradores neste ponto da história.

A escuridão de informações durante todo o Proterozóico e por quase todo o Mesozóico dá lugar à comprovação por evidências concretas preservadas nas rochas. *Agora temos provas novamente....*

A Cordilheira dos Andes começa a se tornar uma barreira climática a oeste da América do Sul no Cenozóico (do grego, *ceno*, nova e *zoe*, vida); é o mais próximo que estamos de uma margem ativa nessa época e continuará sendo assim até os dias de hoje.

Em detalhe a evolução da paisagem atual do DF inicia-se a partir do final do Mesozóico durante o Neocretáceo (100-66 Ma) e segue até os dias de hoje. Os estudos geográficos e de botânica nos ajudam muito a entender esse ínterim. Nesse tempo o clima intercala-se por algumas vezes entre árido a úmido no que provoca o predomínio da fragmentação física das rochas quando o clima está seco e o predomínio da alteração química em épocas mais chuvosas. A vegetação mostra também variações conforme o clima.

Nos primeiros 40 milhões de anos, aproximadamente, os processos erosivos levam à formação de extensas superfícies aplainadas na região, coincidentes com os altos dos domos, e vales não tão profundos nas bacias dessa época. No topo dos domos, em cotas entre 1200 e 1400 m, ocorrem as chapadas mais elevadas da região que, por processos de erosão diferencial, são sustentadas por quartzitos e metarritmitos (metargilitos e metasiltitos), rochas mais resistentes do Grupo Paranoá. Em posições menos elevadas ocorrem as rochas menos resistentes do Grupo Paranoá como metargilitos e as rochas dos outros grupos que ocorrem no DF. A Chapada da Contagem, que circunda todos os quadrantes do Domo de Brasília com exceção do quadrante sudeste, corresponde à superfície mais antiga relacionada a esse ciclo erosivo. À medida que um relevo envelhece tende-se ao aplainamento e era isso que estava acontecendo com os altos e baixos do DF gerados em tempos anteriores.

Com relação a essas áreas altas, se você sair de Brasília sentido Sobradinho ao chegar no Colorado você chegou na Chapada da Contagem e se rumar sentido Chapada Imperial vai percorrer as áreas mais altas do DF. Fica por aí o pico do Roncador com 1.341 m na Serra do Sobradinho. *Mas vá agasalhado, pois aí é um dos locais mais frios e úmidos do DF, pois serve de barreira para as correntes atmosféricas da região. Bom lugar também para observar o céu, mais afastado das luzes das cidades.*

Voltemos ao passado de 40 milhões de anos....

No final desse período, ainda sob condições climáticas áridas, rupturas no relevo geram chapadas embutidas nas primeiras. As chapadas de Brasília, Pípiripau, Bartolomeu-Preto e Descoberto-Alagado, entre as cotas de 950 a 1200 m, são os compartimentos gerados e se encontram parcialmente recobertas por material proveniente das chapadas mais elevadas.

O Cenozóico se inicia e mais 40 milhões de anos, no Paleógeno (66-23 Ma), agora sob novas condições climáticas úmidas os solos do tipo latossolo vermelho-escuro de textura argilosa a argilosa média em todas as regiões de chapadas. Começamos a falar dos registros botânicos. As maiores precipitações, mais altas que as atuais, propiciaram alta diversidade florística. As chapadas passam a ser capeadas por solos.

Na passagem do Paleógeno para o Neógeno, por volta de 23 Ma grande parte das drenagens do Noroeste da atual Amazônia dirigia-se para norte, mas no Mioceno Médio mudança de rumo. Começa a se formar o Rio Amazonas com curso para o Caribe e somente no Mioceno Superior, há 7 Ma, o Rio Amazonas se decide de uma vez por todas a correr para o nosso oceano Atlântico. Foi a elevação tardia do Andes no noroeste da América do Sul, durante o Plioceno, que reordenou os canais de drenagens e finalmente definiu a Bacia Hidrográfica Amazônica, criando-se uma área com muita precipitação de chuvas no seu extremo oeste. Essas mudanças paleogeográficas e tectônicas restringem as áreas a leste dos Andes, provocando o endemismo no interior do continente sulamericano. *Lá vem o Cerrado!!!!*

Essas mudanças ambientais contribuíram ora com extinções, ora com evolução e especiação, mas com um balanço final positivo que favoreceu a alta biodiversidade da flora tropical. Uma das razões para a alta biodiversidade das savanas, mesmo com flutuações ao longo de sua existência, foi a existência da intercomunicação entre os biomas brasileiros, permitido pelas drenagens em várias direções que partiam do Centro-Oeste brasileiro e que funcionaram como corredores ecológicos.

No Neógeno (23-2.5 Ma), no início do Mioceno, retornam as condições de clima seco e soerguimentos isostático³⁵ levam ao domínio novamente da erosão diferencial. As chapadas já formadas há 40 milhões de anos atrás são também erodidas e as porções superiores dos solos que as acompanham são por aproximadamente 12 milhões de anos perdidos para as regiões mais baixas. Durante as mudanças do Mioceno ao Plioceno, entre 12 a 1,6 Ma, nas regiões baixas continentais de climas mais secos, seja a norte da Amazônia ou a sul, as savanas, savanas arbóreas, florestas semi-decíduas e cerrados se estabilizaram gradualmente nas suas posições atuais. Há 12 milhões o Cerrado delimita seu território e o DF está na sua região central. *Daqui não saio, daqui ninguém me tira! Doce ilusão, ...os humanos tardam, mas não falham. Ou melhor, falham! Mas o Cerrado ainda vai ter um bom tempo pela frente antes de nós chegarmos.*

No Mioceno até o Plioceno, num ínterim de aproximadamente 10 milhões de anos, novo retorno a clima úmido e quente favorece nas chapadas a continuidade de formações de solos que se tornam mais profundos. No Plioceno (5.3-2.5 Ma) teriam sido geradas duas novas superfícies entre as cotas 950-1050 metros e outra em torno de 900 metros. Mais áreas planas foram aparecendo no futuro DF.

Na passagem do Plioceno para o Pleistoceno (2.5-0.7 Ma), durante condições de seca climática, volta a erosão das superfícies aplainadas das chapadas e os vales se aprofundam, atingindo as cotas mais baixas, entre 800 e 950 metros, coincidentes com os vales dos rios Preto, São Bartolomeu, Descoberto, Corumbá e Maranhão.

A barreira orográfica dos Andes e as variações nos parâmetros orbitais da Terra que resultaram na queda de energia solar sobre a superfície terrestre levaram, ao final do Plioceno, na passagem para o Quaternário, à ocorrência mais frequente de intercalações de eras glaciares e interglaciares.

O impacto da queda de temperaturas causou um balanço geral negativo na vegetação do Cerrado com maiores extinções que geraram uma menor biodiversidade no Pleistoceno em relação ao Mioceno no interior do continente. Mas o bioma resistiu. E as glaciações não foram registradas nas rochas e solos do DF.

Os registros mais antigos do Cerrado como conhecemos datam de 60 mil anos, encontrados no seu limite norte no Pará. Enquanto que no DF, os registros mais antigos datam de 44 mil anos, idade extrapolada, encontrados na Planície Aluvial do

³⁵ **Isostasia:** movimento de compensação vertical entre manto e litosfera. Se ocorre um aumento na massa da litosfera, como no caso de formação de montanhas, essa tende a afundar no manto. À medida que as montanhas vão sendo erodidas, a litosfera ascende do manto.

Rio Meio-Ponte, Goiás. Entre essa idade e 23 mil anos os registros indicam alta diversidade devido a condições ambientais úmidas com temperaturas amenas. A partir de 20 mil anos ocorre uma tendência generalizada e acentuada na precipitação quanto na temperatura, com retração de vegetação arbórea e expansão de vegetação aberta. Erosão com intercalações de aprofundamento de solos acompanham as variações climáticas que também controlam a variação da biodiversidade do Cerrado. *É tudo interligado, sistêmico! Rochas, solos, vegetação, clima, ninguém escapa à brincadeira dos ciclos terrestres.*

A continuidade da alternância de clima até o Holoceno (0.012-hoje), gerando erosões, provavelmente relacionadas a soerguimentos tectônicos ou isostáticos³⁶, e intemperismo químico sucessivo, configura o relevo em colinas, chapadas e vales. Nesta época na fase final da última glaciação, entre 20.000 a 10.000 anos, têm se o registro, devido às condições frias e secas acentuadas, da retração da floresta úmida da Amazônia e a expansão das savanas e cerrados com distribuição diferente da atual.

Na passagem do Pleistoceno para o Holoceno (8.000 a 6.000 anos) as temperaturas mais altas e condições úmidas mais constantes trazem a vegetação arbórea novamente ao contexto, com veredas das matas ciliares. Dá-se o princípio da dominância dos táxons de cerrados e queda na diversidade em relação conjunto florístico atual.

Com o aquecimento global iniciado no Holoceno, instalam-se efetivamente nos últimos 7 mil anos as condições gerais de aumento de precipitação e de temperatura, com oscilações frequentes de precipitação. O aumento de temperatura expulsa os táxons de clima mais frio e permite o avanço das veredas, matas de galeria e dos cerrados arbóreos e a dominância da biodiversidade atualmente conhecida. *Eis o nosso Cerrado!*

Muita informação, né? Mas é assim mesmo, quanto mais recente a história, mais informações encontramos. Quanto mais antiga, mas difícil de encontrar as informações preservadas.

Atualmente, o clima com intercalação de uma estação chuvosa no verão e seca no inverno tem mantido um avanço expressivo nos solos das chapadas, seguidos por

³⁶ Isostasia: movimentos verticais de compensação da crosta terrestre. O aumento do empilhamento rochoso numa localidade leva a um aumento de peso litostático local e consequente subsidência da crosta, enquanto a erosão de uma pilha de rocha, diminuindo o peso litostático numa região, provoca o soerguimento da crosta.

denudação lenta e constante dos planaltos, com rebaixamento progressivo de toda a região. *O relevo continua envelhecendo!!!*

4 AINDA NO CENOZÓICO. EIS A CHANCE HUMANA...

Após transcorridos 1.499.989.000 anos, eis que a região do DF está pronta para permitir a sobrevivência e o desenvolvimento de culturas humanas no interior do continente sul-americano.

Muita calma nessa hora! Precisamos de uma calculadora. Então...

As primeiras ocupações pré-históricas foram atraídas pela região cujo meio físico foi configurado sobre rochas proterozóicas com idades entre 1.500.000.000 e 1.000.000.000 que foram posteriormente deformadas e metamorfasadas entre 800.000.000 e 500.000.000 de anos atrás numa grande cordilheira montanhosa e que vêm nos últimos 500.000.000 de anos sendo esculpida pelos agentes climáticos e biológicos, que resultaram nos relevos de planaltos, enriquecidos pela diversidade do bioma Cerrado.

Uau! Então de fato passaram-se 1.499.989.000 anos para a casa ficar pronta para nós, humanos, morarmos. Todo o processo de construção desde a fundação até o acabamento não precisou de nossa participação e já podemos habitá-la??? Segundo o que foi possível montar do quebra-cabeça da evolução pretérita do meio físico da região central do Brasil, sim!

Os vestígios de nossos ancestrais na região datam de 11.000 anos. *Há uma grande diferença de zeros entre esses números, não?* Em termos proporcionais, considerando um lapso de 1,5 bilhões de anos desde o início dessa história, foram necessários mais de 99% desse tempo para que os processos naturais estruturassem todo o meio físico do DF sem a presença humana. E, menos de 1% desse tempo para que nós, seres humanos, interferíssemos ou impactássemos nesses processos. *Continuemos então a história para sabermos para que viemos...*

Após a última glaciação, por volta de 11.000 anos atrás, o homem pré-histórico mais antigo da América do Sul que já vivia nas terras altas do Andes é atraído pelas condições favoráveis das áreas abertas do centro do continente, dominadas pelas fitofisionomias do Cerrado. O relevo de planaltos e clima ameno com pouca variação ao longo do ano, moldados ao longo dos milhões de anos anteriores, foram fatores determinantes dessas ocupações. *Ele deve ter pensado: para quer sofrer nos Andes se posso ter vida boa no Cerrado? Então, lá vou eu!*

Nesta época a diversidade da fauna e frutos endêmicos do Cerrado, sinônimo de comida farta e a facilidade em encontrar abrigos naturais, em outras palavras, moradias à vontade, favoreceu a cultura nômade dos bandos de caçadores e coletores que migravam constantemente pelos planaltos da região. Em bandos de poucas pessoas, por vezes como uma única família, e com divisões de tarefas por gênero, esses caçadores-coletores dependiam diretamente de todo e qualquer recurso natural para sobreviver. Suas vidas eram em sincronia com os ciclos e processos naturais. *Estes poderiam ser, com certeza, os protagonistas das séries televisivas atuais de sobrevivência na natureza. Provavelmente se dariam melhor que os aventureiros atuais...*

Durante 2.000 anos essa cultura de exploração direta do Cerrado manteve-se inalterada, ocupou uma extensa área com cerca de dois milhões de quilômetros quadrados, onde hoje se encontram os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, DF, Tocantins, Oeste da Bahia e de Minas Gerais e áreas restritas do Cerrado no Nordeste, notadamente nos estados de Pernambuco e Piauí.

Um outro pequeno *black out* acontece em nossa história, entre 9.000 a 2.000 atrás. Neste período ocorre a transição para as culturas de horticultores e ceramistas com territórios definidos. Mas, somente em épocas bem mais recentes, a partir de aproximadamente 2.000 anos, reaparecem os registros.

Desses registros mais recentes, sabe-se que os grupos ceramistas, de diferentes tamanhos, se subdividiram em várias tradições que ocuparam diferentes domínios morfogenéticos dos planaltos centrais. As ocupações aconteceram de maneira isolada ou compartilhando territórios adjacentes, com destaque à Tradição Aratu/Sapucaí que ocupou o Centro-Sul e Leste de Goiás.

A região do DF configura-se como território de caça e pequena agricultura de antigos grupos Macro-Jê, onde se encontravam as sub-etnias dos Caiapó que habitavam o vale do Corumbá, ao Sul; os Acroá, Xavante, Xerente e Xacriabá, situados ao Norte e, os Goiá, que ocuparam grandes territórios em Minas e Goiás no século XVII. No entanto, os Goiá foram totalmente exterminados pelos Caiapó, antes da chegada dos colonizadores europeus.

Nas proximidades e no DF, especificamente, foram encontrados na década de 90 do século passado diversos sítios arqueológicos com utensílios de populações pré-ceramistas (caçadores, coletores) e ceramistas (horticultores). Nos limites do DF, nas localidades do Gama, Taguatinga, Santo Antônio do Descoberto mais de vinte sítios

foram identificados. Em Planaltina de Goiás um sítio arqueológico com aproximadamente 4 mil peças de uma oficina lítica que se acredita ser de 10.600 anos atrás.

Fico imaginando como não deveria ser o visual e o clima da região nessa época....só imaginando...

Mesmo assentados, esses grupos com técnicas de olaria, cultivo e criação de animais, ainda exploravam os recursos naturais de maneira sustentável, apenas para sobrevivência. *Muito bem!* Mas, as lutas por territórios já aconteciam nessas ocupações indígenas, um dos primeiros fatores que a partir de então se torna um agravante para as ocupações sustentáveis como veremos ao longo da história...

Grandes mudanças começam a acontecer a partir de 1500 do século passado...

Ah! Finalmente reconhecemos esse calendário. Assimilar o Tempo Profundo não é fácil. Mas, sinto muito, ele existe!!

Terra à viistaa, óh Pá!!

...no Atlântico as caravelas portuguesas avistam a porção sul do vasto e maravilhoso continente americano. Em breve vão gostar tanto dele que vão querê-lo para si. Dito e feito! Grande parte desse território se torna, por livre e espontânea pressão, colônia de Portugal e Espanha, depois só de Portugal.

Por uns tempos ficaram só no litoral, mas em 1589 a primeira bandeira, com o intuito tanto de obter riquezas naturais como metais e pedras preciosas, como de escravizar índios para o trabalho em lavouras açucareiras do Nordeste, alcança o interior do estado de Goiás. Não houve nessa época por parte dos bandeirantes nenhum interesse que não o econômico exploratório. Não conseguiram achar nada muito interessante, mas acabaram por atrair junto consigo fazendeiros pecuaristas que iniciaram a ocupação do território goiano estendendo-se desde a Bahia, passando pelas proximidades de Formosa e do Rio Preto em Goiás e chegando a Minas Gerais. Presume-se que tais pastagens e a produção agrícola associada tenham ocupado também os planaltos do DF na forma de grandes latifúndios. Somente no início do século XVIII, os depósitos de ouro de Goiás são descobertos pelo bandeirante Bartolomeu Bueno da Silva, o Anhanguera. Nesta época as ocupações rurais e núcleos urbanos se tornam mais frequentes.

Durante esses séculos de interiorização do território brasileiro pelos europeus e africanos, alguns aspectos culturais dos indígenas foram preservados como a

culinária e ervas medicinais, mas pouco foi herdado dos costumes de convívio sustentável com o Cerrado, típico dos povos nativos. Em outras palavras, alguns resquícios de culturas sustentáveis foram mantidos. Mas, aos poucos os colonizadores vão se afastando cada vez mais do convívio em consonância com os ciclos naturais. Isso se intensifica após declarada a independência do então Brasil da Coroa Portuguesa, quando nasce uma preocupação crescente com a ocupação do interior do país, atestada pelo 3º. Artigo da segunda Constituição Brasileira de 1891 que já dispõe oficialmente uma área pertencente à União, no planalto central da República, com 14.400 quilômetros quadrados para, oportunamente se estabelecer a futura Capital Federal que na época estava em Salvador.

Aqui na história entra um dos fatores mais determinantes nos tipos de ocupações que estão por vir, o interesse político. Segundo estudiosos da historicidade e sociologia brasileiras os programas urbanísticos brasileiros foram criados e levados adiante puramente por questões políticas elitistas. O adjetivo elitista só é mais um complicador do ponto de vista sustentável. Seria perfeita a soma vontade política + consciência sustentável.....

Imediatamente após a promulgação da Constituição, iniciam-se os trabalhos para reconhecimento e demarcação dessa área, cujos levantamentos se tornam os primeiros relatórios descritivos oficiais e científicos do Planalto Central demandados pelo Governo vigente. Os trabalhos foram comandados pelo militar e cientista natural, dedicado principalmente à astronomia, Louis Ferdinand Cruls, quem organizou dois grupos formados por cientistas e técnicos de diversas áreas, denominados respectivamente de Comissão de Exploração do Planalto Central do Brasil (1892-1893), conhecida como Missão Cruls, e Comissão de Estudos da Nova Capital da União (1894-1895). Nos relatórios é clara a noção temporal de longos períodos necessários para esculpir a passagem que estava diante dos olhos dos exploradores. Essa noção não foi considerada pelos dirigentes políticos.

*“Assim constituído em terra firme, o continente que algum dia havia de se chamar,
Brazil,
começou a soffrer a acção desnuante dos agentes desaggregantes, que em um sem
numero de seculos têm-lhe esculpido as actuaes feições topographicas, e cujos
limites se
patenteiam claramente attentando-se para os valles das correntes d'agua, pelo
desnivel
do alveo destas em varios pontos, e pela differença de nivel de um alveo a outro.
Offerece o particular interesse a quasi uniformidade nas alturas dos chapadões
secundarios em relação com o principal, e ao mesmo tempo indica uma primitiva*

formação univoca da superficie do grande continente emerso. Onde era insignificante ou nulla a resistencia á acção dos elementos erodentes formou-se bonito valle, perfeitamente delineado e o curso do rio tornou-se brando, e sem obstaculo quasi algum á navegação; ao contrario, se as rochas apresentaram resistencia, o valle tomou o fundo com a fórma de uma linha irregularmente quebrada, o que caracteriza o facto geral da região das cachoeiras, que em quasi todos os rios se encontra”

Relatório Cruls, p. 171

Interessante o português arcaico, não??

A localização exata do atual DF e sua área com pouco mais que 5.700 km² só foi estabelecida muitos anos depois, em meados do século XX, após outro levantamento, sob o comando do General Djalma Poli Coelho Albuquerque que presidiu a Comissão de Localização Da Nova Capital Federal, conhecida como Missão Poli Coelho que foi posteriormente concluída sob o comando do Marechal José Pessoa.

Neste último relatório, que acabou por revalidar os levantamentos anteriores de Cruls, o encantamento com o meio físico e a investigação científica são ainda aspectos notórios e decisivos para a escolha da área distrital. Todos os recursos naturais são quantificados como abundantes e envoltos por ar puro e clima agradável durante todo o ano. Ou seja, a paisagem construída há milhões de anos foi o principal interesse daqueles que procuravam oferecer às autoridades federais qualidade de vida no exercício de suas atribuições. E dessa paisagem seriam retirados todos os recursos para suprir a qualidade de vida de alto nível para aqueles que viessem no DF morar. *E assim aconteceu...*

Em meados da década de 50 do século XX o território passa, num intervalo de 5 anos, de suas ocupações rurais esparsas para ocupações urbanas que provocaram mudanças significativas na passagem com retirada de vastas áreas antes pertencentes ao Cerrado, construção do lago artificial do Paranoá, uso de material de construção e de recursos hídricos da região.

O projeto arquitetônico inicial previa uma população de 500 mil habitantes a ser atingida em 2000, após transcorridos 40 anos. Em 10 anos esse contingente foi atingido e em 2000 ultrapassou os 2.000.000.000 de pessoas, um desvio de 400% do previsto inicialmente. O crescimento populacional acelerado, o afã pelo Eldorado na

nova capital, atraiu tantas pessoas não desejadas nos planos dos idealizadores do DF e sua capital que os impeliu a edificarem novas ocupações urbanas, também em tempo recorde. Novas ocupações distantes da capital, num modelo polinucleado, onde todas as benéfices estariam concentradas na capital, caracterizando uma ocupação elitista do território distrital que perdura até os dias de hoje.

Dentre ocupações planejadas e invasões, desde a criação do DF até o ano de 2016, por volta de 20 novas cidades foram construídas dentro dos limites do território. Sob a influência da economia do DF 22 municípios de outros estados que o circundam, sendo 19 municípios pertencentes ao Estado de Goiás e 3 pertencentes ao Estado de Minas Gerais, agrupados sobre a denominação de Região Integrada de Desenvolvimento do DF e Entorno – RIDE/DF, também sofreram com o aumento populacional.

A construção de Brasília e os altos salários e moradias oferecidos pelos governos Federal e Distrital conseguiram ao longo do tempo atrair a classe social de mais alto poder aquisitivo para residir e trabalhar no território, ao mesmo tempo que atraiu classes de menor poder aquisitivo que forçosamente ou por conta própria se alojaram distantes da Capital, seja dentro dos limites geográficos do DF, seja no seu Entorno.

Atualmente, segundo levantamento do IBGE, só o DF possui 2.970.000 habitantes.

Ocupações urbanas e crescimento demográfico não necessariamente implicam em grandes impactos ambientais. No entanto, ocupações desordenadas com vertiginoso crescimento populacional como é o caso do DF trouxe inúmeros impactos.

Nossas ações, nesse último período de toda a história, estão sendo registradas agora no meio físico e biótico do DF, junto aos antigos registros que foram preservados há milhões de anos. Para tanto, temos por vezes eliminado os registros anteriores parcial ou totalmente. Como todas as espécies de seres vivos que já passaram por esse planeta, com exceção de alguns unicelulares imortais, e que deixaram seus vestígios ou restos para provarem sua história e extinção, estamos nesse momento deixando as pistas de nossa existência para um tempo futuro, quando nossa espécie já tiver sido extinta, para que os próximos que virão tenham conhecimento de algumas coisas que fizemos.

Em tempo recorde, num piscar de olhos, se comparado ao tempo de formação dos elementos do meio físico do DF, iniciamos um processo de modificação da paisagem em nosso benefício.

...

*“Terra!
És o mais bonito dos planetas
Tão te maltratando por dinheiro
Tu que és a nave nossa irmã*

Canta!

*Leva tua vida em harmonia
E nos alimenta com seus frutos
Tu que és do homem, a maçã*

*Vamos precisar de todo mundo
Um mais um é sempre mais que dois
Pra melhor juntar as nossas forças
É só repartir melhor o pão
Recriar o paraíso agora
Para merecer quem vem depois”*

...

O Sal da Terra de Beto Guedes

5 O MEIO FÍSICO ATUAL DO DISTRITO FEDERAL

Ano de 2016...hoje!

Como acontece hoje a interação ser humano com o restante do meio físico e também biótico do DF?

Uma breve correlação entre os tipos de ocupações atuais do DF e seus impactos sobre o meio físico, sobre o Cerrado e até mesmo sobre outros humanos é apresentada a seguir.

Ainda não existe consenso na relação direta aquecimento global e atividade humana (Frodeman 2013). Alguns acreditam nessa hipótese, outros que nossa interferência não poderia causar efeitos globais e a longo prazo. No entanto, sabemos dos reveses de nossas atitudes sobre o meio em que habitamos. É fácil perceber a mudança do microclima num local de onde se retirou a vegetação, ou o prejuízo do acúmulo sem controle de lixo a céu aberto, a água turva por dejetos humanos, o solo sendo esgotado por uso extensivo...todas consequências da ação antropogênica. Com foco nas consequências atuais das ações humanas que se faz essa correlação aqui. Porque afinal, seres humanos querem viver bem agora.

Essa correlação inicia-se na ordem inversa da evolução do meio físico. A imagem de satélite da figura 6, onde é possível ver as diversas ocupações e uso do solo atuais do DF, servirá de guia.

Antes da construção de Brasília a vegetação nativa ocupava praticamente todo o território. Atualmente áreas de proteção do Cerrado, 106 Unidades de Conservação (UC) e 73 Parques Distritais, cobrem apenas 5% do território (Figura 6). As fitofisionomias típicas do Cerrado que ocorrem nessas áreas foram integralmente preservadas apenas nas UC. Entretanto, o processo de especulação imobiliária e as invasões indiscriminadas muitas vezes acabaram por ocupar também as áreas de proteção ambiental que intensificaram ainda mais a deflorestação do Cerrado. Todas se encontram sobre as rochas e solos do Grupo Paranoá.

Aproximadamente mais de 60% dos ambientes naturais de Cerrado existentes originalmente no DF foram, de alguma forma, nos últimos cinquenta anos, substituídos parcial ou totalmente pelo desenvolvimento de edificações, pastagens ou campos agricultáveis ou, para exploração direta de recursos naturais, hídricos ou minerais. Uma área estimada de 3.394km² de cobertura vegetal de grande biodiversidade deu lugar a algum tipo de ocupação humana. Isso fez com que o Cerrado nas unidades de conservação ficasse cada vez mais isolado, formando fragmentos de vegetação natural sem conectividade com outras áreas do bioma, comprometendo, assim, o fluxo de material genético com a conseqüente redução da biodiversidade. Biodiversidade esta que foi estabelecida nas regiões interioranas do continente sul-americano ao longo de aproximadamente 44.000.000 de anos (*mas, lembre-se as primeiras evidências do Cerrado datam de 65.000.000.000 de anos!!! Tem dois zeros a mais nessa última contagem!*), por grande influência dos corredores ecológicos condicionados pelas drenagens radiais que partem do DF. *Impacto maior sobre a Biota (do grego, bíos, vida): queda da biodiversidade da fauna e flora nativas!!!*

Recorremos à matemática para comparar os intervalos de existência do Cerrado como tal, e não o tempo de sua formação que é muito maior, com o tempo de retirada de 60% da área de Cerrado do DF. Possui 44.000 anos o registro mais antigo do bioma na região central do Brasil; 60 anos aproximados de retirada do bioma, desde o início da construção de Brasília. Regra de três simples: Se 60.000 anos correspondem a 100% do tempo, quanto desse tempo equivale a 60 anos? Resposta: 0,1%. Por extenso: No território do DF 60% da área do Cerrado foi eliminado num tempo equivalente a 0,1% do tempo total de sua existência na região.

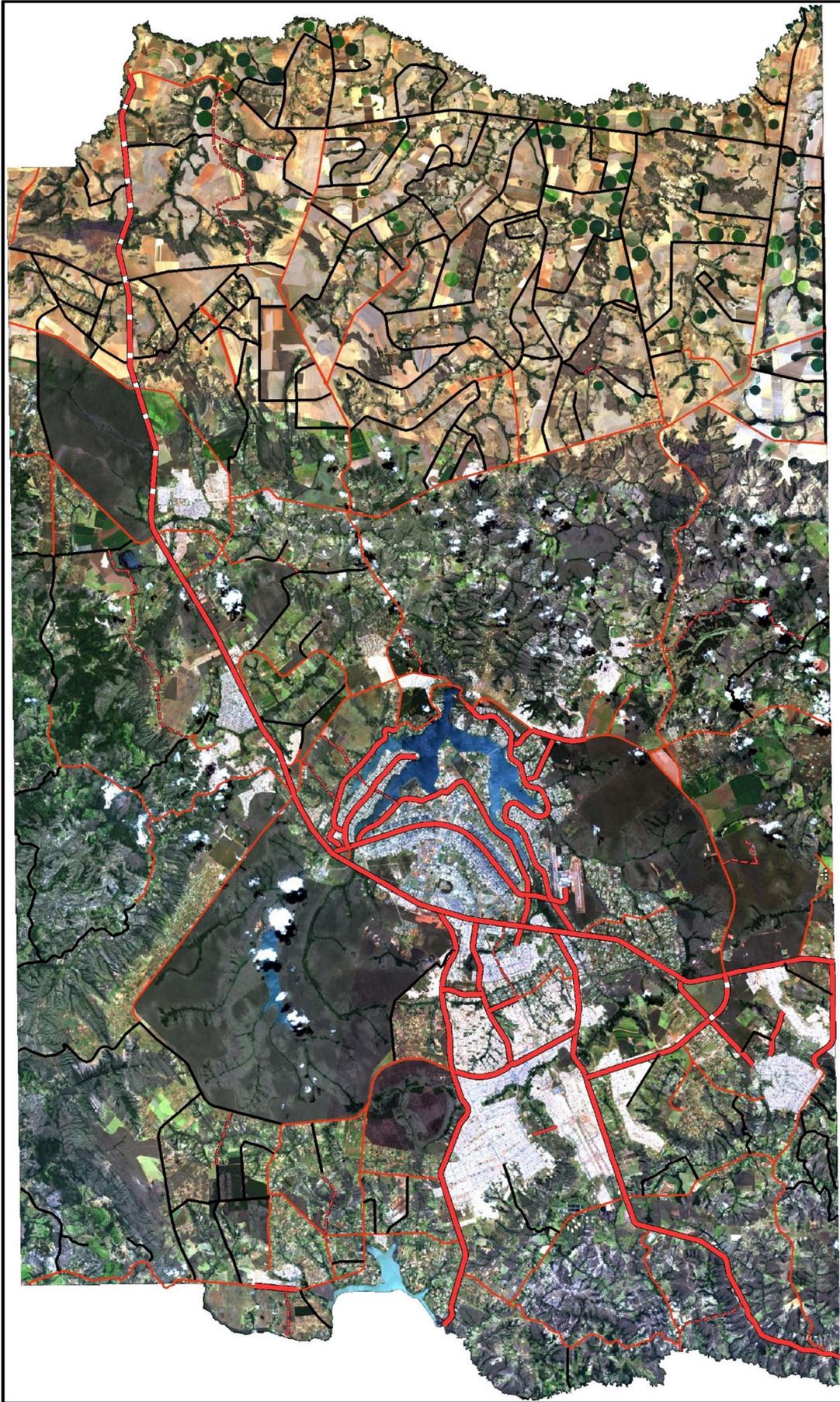


Figura 6 - Imagem de satélite ALOS com a localização das ocupações urbanas em cinza claro que predominam na porção centro-sudoeste. Áreas rurais em cinza esverdeado ou em bege, à leste, onde ocorrem as monoculturas irrigadas. Em cinza escuro áreas de Cerrado preservadas. (Fonte: www.zee-Distrito.Federal.com.br)

Temos que reconhecer que nós somos rápidos no gatilho!

Sobre o ciclo hidrológico local na região do DF. Provavelmente estabelecido após a última glaciação há 11.000 anos junto com a evolução final do Cerrado e solos, com a retirada da vegetação e ocupações rurais e urbanas, deve ter muito possivelmente deslocado algumas de suas etapas. Se antes o Cerrado protegia o solo do impacto das águas de chuva e suas longas raízes permitiam a infiltração profunda das mesmas águas, com sua retirada impactos surgiram. As erosões foram aceleradas e a infiltração provavelmente deve estar mais rasa. O represamento de leitos de rios para abastecimento humano ou lazer de alguma maneira modifica o ciclo hidrológico. A questão a ser observada é que as modificações humanas sobre o ciclo hidrológico são mais rápidas do que o estabelecimento do ciclo em si.

Apesar do DF ser considerado o “Berço das Águas”, no que poderíamos supor uma abundância sem fim de água, na realidade a interpretação é mais realística se inversa. Suas drenagens superficiais compostas por córregos, ribeirões e rios são de pouca extensão e com vazões modestas por compreenderem as cabeceiras das bacias hidrográficas do Paraná, Tocantins e São Francisco. O DF possui o maior déficit hídrico dentre todas as unidades federativas do Brasil, porque tem muita gente para o tanto de água disponível.

Quase a totalidade da população do distrito (98%) é abastecida por mananciais superficiais. O restante da população (2%) obtém seus recursos hídricos a partir de mananciais subterrâneos. Apesar da relativa escassez hídrica do DF, as captações superficiais em seu território podem dobrar sua capacidade de abastecimento atual. No entanto, monitoramento da Companhia de Saneamento Ambiental do DF (CAESB), que necessitam ser confirmados indicam uma menor disponibilidade das bacias hidrográficas do DF nos últimos anos.

Pronto! Vocês vão ler “as captações superficiais em seu território podem dobrar sua capacidade de abastecimento atual” e vão traduzir, tem água de sobra e não vão dar importância ao desperdício da água ou em mantê-la limpa. Prestem atenção! Prestem atenção! O ser humano não consegue sobreviver uma semana sem água. Uma semana!!!! Água doce disponível no planeta é 3%. Desses 3% só uma parte está facilmente disponível para consumo humano em lagos, rios, lagos e águas subterrâneas. Parece, mas não é fácil não, ter acesso a água pronta para consumo no Planeta Água!!!

Mesmo mantendo um Programa de Proteção dos Mananciais, a CAESB além de monitorar o uso do solo; coletar e tratar 100% dos esgotos de 84,5% da população; inspecionar e manter vistorias ambientais rotineiras nas bacias hidrográficas dos mananciais; manter projetos de proteção e recuperação de áreas degradadas; promover educação ambiental e combater incêndios florestais, reconhece também focos de poluição das águas devido a desmatamentos, loteamentos, erosão, criação de animais, agricultura, extração de agregados para construção civil e disposição inadequada de lixo. Outros estudos indicam como principais contaminantes hídricos existentes no DF que exigem monitoramento intensivo são o vazamento subterrâneo em postos de combustíveis; efluentes de cemitério, de depósitos de resíduos sólidos (lixões), de resíduos domésticos, de garagem e oficinas, de áreas industriais e de armazenamento e, de estações de tratamento de esgoto; falta de proteção sanitária na construção de poços tubulares e escavados; uso intensivo de fertilizantes e agrotóxicos na agricultura. *Impacto maior sobre as águas: deslocamento das etapas do ciclo hidrológico e contaminação das águas!!! Perceba a influência da contaminação das águas na poluição também dos solos.*

*“Água que nasce na fonte serena do mundo
E que abre um profundo grotão
Água que faz inocente riacho e deságua
Na corrente do ribeirão*

*Águas escuras dos rios
Que levam a fertilidade ao sertão
Águas que banham aldeias
E matam a sede da população*

*Águas que caem das pedras
No véu das cascatas, ronco de trovão
E depois dormem tranquilas
No leito dos lagos, no leito dos lagos*

*Águas dos igarapés, onde lara "mãe d'água"
É misteriosa canção
Água que o sol evapora, pro céu vai embora
Virar nuvens de algodão*

*Gotas de água da chuva
Alegre arco-íris sobre a plantação
Gotas de água da chuva
Tão tristes são lágrimas da inundação*

*Águas que movem moinhos
São as mesmas águas que encharcam o chão*

*E sempre voltam humildes
Pro fundo da terra, pro fundo da terra*

*Terra, planeta água
Terra, planeta água
Terra, planeta água”*

Planeta Água de Guilherme Arantes

Quanto às ocupações e uso dos solos. Essas respeitaram a morfologia do relevo e as características dos solos.

Vamos entrar agora numa máquina do tempo e voltar ao passado para tentar contextualizar o presente com base na sequência dos eventos antigos. Bora lá?? Só que será necessária uma visão transdisciplinar e integradora, pois não é possível separar a influência sistêmica dos eventos. Enquanto um evento é causa, é também consequência de outro e vice-versa. Tudo funciona interligado, sendo impossível colocar cada assunto em caixinhas distintas.

Reloginho retrocedendo...

Relevos e solos foram formados mais lentamente que o Cerrado, durante o Cenozoico ou nos últimos 65 milhões de anos. No entanto, relevo e solos, onde e como vemos hoje, foram anteriormente condicionados pelos tipos de rochas e suas disposições na área. Ora, a disposição das rochas ocorreu no passado geológico quando o encontro de continentes organizou as rochas dos grupos Paranoá e Canastra em domos e bacias (altos e baixos topográficos) há 500.000.000 de anos. É possível retroceder mais no tempo e responsabilizar também o atual relevo e solos pela composição das rochas que se formaram em tempo mais antigos ainda, a partir e aproximadamente há 1.500.000.000 de anos. Pois, as chapadas resistiram às erosões porque são formadas por areias de quartzo de praias lá do Proterozoico e os vales por rochas formadas por areia fina ou argila (lama) também de praias, mas que são facilmente erodidas. A mesma interdependência pode ser feita para o relevo da região leste do DF, sobre o Grupo Bambuí. Relevo menos acidentado com solo mais fértil, favorável à agricultura extensiva. As rochas do Bambuí, de apenas 600.000.000 de anos, foram pouco afetadas pela orogênese que dobrou mais as rochas dos dois grupos anteriores. Além do que, suas rochas calcárias, formadas no mar epicontinental condicionado pela orogênese, em regiões mais planas favoreceu a formação de solos mais espessos bom para a agricultura.

As ocupações rurais dominam no DF, perfazem aproximadamente 80% do território (Figura 6). Desta área 30% concentra-se a leste do DF sobre as rochas do Bambuí com monoculturas irrigadas por pivô central, enquanto que o restante ocupa áreas menores predominantemente com agropecuária, distribuídas no Nordeste, centro-leste e extremo sudoeste DF sobre os outros grupos geológicos que existem na região. As áreas urbanas ocupam áreas menores, pouco mais de 10% da área (Figura 6), e foram assentadas predominantemente nas áreas de chapadas no sudoeste e nordeste do DF sobre o Grupo Paranoá. Ambos tipos de ocupações estão sobre solos mais espessos que por sua vez abrigam as águas subterrâneas.

Ambas ocupações causam impactos distintos sobre o meio físico abiótico. As ocupações urbanas, regularizadas ou não, apesar de ocuparem áreas menores, possuem o agravante de concentrarem a maioria da população humana do DF, nada menos do que 96%. O Distrito Federal é a unidade da federação com a maior densidade populacional do país, quase 500 hab/km².

Sobre o meio físico as ocupações urbanas têm transformado as cidades em áreas de alta impermeabilização do solo, como de alta concentração de calor (ilhas de calor), afetando o microclima local. Da mesma forma o aumento da frota de carros tem aumentado os particulados poluentes na atmosfera, além de dificultar a locomoção das pessoas. As ocupações rurais fazem uso intensivo da água, retirando dos leitos dos rios e aquíferos água limpa e retornando ao ambiente água sem o controle rigoroso que permita a preservação dos recursos hídricos. Estudos mais detalhados da influência humana sobre os aquíferos são ainda necessários.

Outra ocupação e uso do solo no DF é para assentamento de mineradoras e garimpos para a exploração de materiais para a construção civil, que ocupam 5% do território. No norte do DF, na RA da Fercal, diversas mineradoras beneficiam calcário, enquanto em diversas localidades distribuídas por todo o território são retirados outros agregados para construção civil³⁷ tipo argila, cascalho, areia e saibro.

A atividade mineral para extração de agregados é responsável pela quase totalidade das áreas degradadas, salvo raras exceções. Esse tipo de mineração caracteriza-se pelo baixo investimento, pela ausência de aporte de tecnologia nas fases de produção, controle ambiental e recuperação das áreas mineradas. As jazidas

³⁷ **Agregados de construção civil:** materiais rochosos particulados em dimensões variadas que servem a diversos propósitos na construção civil como brita para fabricação de cimento ou para pavimentação; areia para concreto.

localizam-se próximo aos centros urbanos e em zonas rurais. No DF as areias têm sido retiradas dos leitos de drenagem e da fragmentação de rochas areníticas friáveis.

Não menos impactante são as atividades da mineração de calcário que, além da degradação ambiental sobre os solos e águas, provocam sérios problemas de poluição sonora e atmosférica. Vários casos de doenças pulmonares foram registrados por trabalhadores e moradores da região da Fercal.

A construção civil também é responsável por grande parte dos resíduos sólidos do DF que via de regra compreendem 70% dos resíduos totais coletados no território. *Pequena lembrança: as rochas exploradas para construção civil têm entre 1.500.000.000 a 600.000.000 anos. Estamos retirando apenas uma pequena porção delas, ainda tem muito, mas são recursos não renováveis em nosso tempo de vida.*

A propósito, um dos problemas mais graves quanto ao uso inadequado do solo do DF se refere à disposição de resíduos sólidos.

Segundo dados de do Serviço de Limpeza Urbana do DF – SLU/DF-, os resíduos sólidos do DF são depositados no Aterro do Jockey Clube de Brasília, diretamente no solo, a céu aberto, causando sérios problemas ambientais. Denominado de Lixão do Jockey está situado na via Estrutural que liga Brasília às cidades satélites de Taguatinga e Ceilândia. As suas precárias condições ambientais e sociais têm gerado inúmeras solicitações de interdição desde 1996, mas até o momento apenas foi decretado em maio de 2015 estado de emergência do local. Suas condições são paradoxais para a capital federal, cidade que possui o mais alto índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do país, de 0,824.

Em funcionamento desde 1970, recebe 2.500 toneladas/dia de resíduos urbanos e mais de 6.000 toneladas/dia de entulho. Apesar da coleta domiciliar no DF atender 98% população, apenas 8,9% do total de resíduos orgânicos coletados seletivamente são compostados e muitos resíduos sólidos são descartados ilegalmente em diversas localidades do DF. A estimativa de cerca de 33 milhões de toneladas de resíduos já acumulados há 46 anos e os pontos de descartes irregulares do DF, cuja quantidade não é estimada, sem qualquer controle ambiental gera um grande passivo para o meio ambiente. O chorume gerado no lixão do Jockey representa uma fonte potencial de contaminação do solo, vegetação e águas subterrâneas da região.

Impacto maior sobre ocupação e uso dos solos: uso inadequado ou não monitorado dos solos e sua degradação ou contaminação!!!

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A história evolutiva do meio físico do DF permite ao leitor o contato com o Tempo Profundo na escala de milhões de anos e a ter noções de como os geocientistas juntaram as peças desse quebra-cabeça histórico. A transdisciplinaridade é premissa nessa construção, pois os fenômenos naturais funcionam de maneira sistêmica. A ciclicidade dos eventos e o princípio do Atualismo permitem reconhecer as evidências de eventos pretéritos que ficaram registrados nas rochas e nos fósseis, ao mesmo que possibilita a contextualização das questões ambientais atuais. O mesmo raciocínio lógico dedutivo permitir fazer extrapolações para possíveis eventos futuros.

A divulgação científica da história aqui apresenta baseou-se na compilação de anos de pesquisas de vários cientistas, incluindo da própria autora, que trabalham ou trabalharam na região do Centro-Oeste brasileiro. Em linguagem acessível a um público leigo de escolaridade mínima média, é apenas uma primeira tentativa de aproximar os conhecimentos científicos do meio físico do DF do cidadão que mora no distrito. A visão apresentada busca incutir uma visão sustentável na população, sem a pretensão de atingi-la apenas com esse trabalho. Pretende-se a médio prazo favorecer a interatividade entre cientistas e público leigo através da disponibilização do conteúdo histórico com a utilização de ferramenta multimídia em meio digital para que discussões facilitem atingir tal objetivo.

*“Lentamente o rio vai esculpindo a passagem plana, calma,
onde plantamos e colhemos muitos frutos*

O tempo vai passar.....

*Aos poucos o desespero das corredeiras do rio, o cair dos pingos das chuvas
e os sopros dos ventos vão trazer ladeira abaixo as encostas dos vales
Desmoronando pouco a pouco, os vales se abriam largamente, dia após dia, para
aconchegar pedacinhos recentemente desprendidos das encostas dos vales*

*E a paisagem vai mudando e quem nela morar vai se adaptando,
se desapegando e se renovando.
Um dia, é bem provável, que toda a região esteja menos próxima dos céus...ou não,
talvez as forças internas do planeta queiram que essa terras se aproximem das
nuvens
e decidam construir aí lindas montanhas.*

Ficaria igualmente lindo!!!

*Se não estivermos aqui para ver isso tudo, com certeza saberemos que nada parou
e que tudo continua e continuará em constante transformações.
Se apegar pra quê?
Nada é eterno, tudo é passageiro!”*

Anete Oliveira

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A. N. 2003. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. [Coletânea de artigos já publicados e inéditos]. São Paulo: Ateliê Editorial, 159p.
- Ab'Saber, A. N. 1969. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. São Paulo: Inst. Geogr. USP, *Geomorfologia*, **15**, 15p.
- Ab'Saber, A. N. 1962. Revisão dos conhecimentos sobre o horizonte subsuperficial de cascalhos inhumados do Brasil Oriental. *Boletim da Universidade do Paraná*, Instituto de Geologia, Geografia Física, n. 2, Curitiba.
- Ab'Saber, A. N. 1969. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. *Geomorfologia*, **18**.
- Agência Brasil, 2016. Chuva acima da média em Brasília alaga vias e deixa veículos submersos. 2016. Url: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-01/chuva-acima-da-media-em-brasilia-alaga-vias-e-deixa-veiculos-embaixo-dagua>>. Acesso:04.07.2016.
- Augustin, S., Rodrigues, I.N., Leonardelli, P.P. 2014. A influência da densidade populacional no desenvolvimento sustentável. In: CUNHA, B.P. & AUGUSTIN, S. (Org.). *Sustentabilidade Ambiental: estudos jurídicos e sociais*. Educs, Caxias do Sul, RS, p. 89-104.
- Bacci, D. L. C. 2009. A contribuição do conhecimento geológico para a educação ambiental. *Pesquisa em Debate*, Ed. 11, **9**(2):1-23, Jul/Dez, 2009.
- Barbosa, A. S. 2008. Ocupação indígena no Sistema Biogeográfico do Cerrado. In: *Universo do Cerrado*. Horieste Gomes (Coord.), UCG, Goiânia, (1): 79-163,
- Bertran, P. 2011. *História da terra e do homem no Planalto Central: eco-história do Distrito Federal, Brasília*. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 3a. edição, Coleção UnB nos 50 anos de Brasília, 615 p.
- Bolacha, E. 2008. Elementos sobre epistemologia em Geologia: uma contribuição no Ano Internacional do Planeta Terra. *Revista Electrónica de Ciências da Terra*. 2008. URL: <<http://www.e-terra.geopor.pt>>. Acesso: 27.12.2015.
- BRASIL/MCTI/CGEE 2015. *Percepção pública da ciência e tecnologia 2015 - Ciência e tecnologia no olhar dos brasileiros*. Sumário executivo. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 15 p.
- Brito Neves B. B. 2003. A saga dos descendentes de Rodínia na construção de Gondwana. *Revista Brasileira de Geociências*, **33**(1-Suplemento):77-88, março de 2003.

- Brito Neves, B. B., Campos Neto, M. C., Fuck, R. A. 1999. From Rodinia to Western Gondwana: An approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes*, 22:155-166.
- Brito Neves, B. B., Campos Neto, M. C. 2002. Ciclo Brasiliano: discussão prefacial. In: *SBG, Cong. Bras. Geol.*, João Pessoa, Anais **41**: 295,
- Campos, J. E. G., Dardenne, M. A., Freitas-Silva, F. H., Martins-Ferreira, M. A. C. 2013. Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília. *Braz. J. Geol.*, São Paulo, **43** (3): 461-476.
- Carneiro, C. D. R., Toledo, M. C. M. D., Almeida, F. F. M. D. 2004. Dez Motivos para a Inclusão de Temas de Geologia na Educação Básica. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, **34** (4):553-560, dez. 2004.
- Carneiro, C.D.R., Almeida, F.F.M., Gonçalves, P.W., Uhlein, A., Noce, C.M. 2012. Um olhar geológico...para o Tempo Profundo. In: Hasui Y., Carneiro C.D.R., Almeida F.F.M., Bartorelli A. eds. *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca-Ball Edições Ltda. p. 24-31.
- Cataldi, C. 2007. A divulgação da ciência na mídia impressa: um enfoque discursivo. In: GOMES, M. C. A.; MELO, M. S. de S.; CATALDI, C. (org.). *Gênero discursivo, mídia e identidade*. Viçosa: Ed. UFV, p.155-164.
- Cervato, C.; Frodeman, R. 2013. A importância do tempo geológico: desdobramentos culturais, educacionais e econômicos. *Terrae Didactica*, 10: 67-79.
- CODEPLAN. DEMOGRAFIA EM FOCO 7. 2013. *Evolução dos Movimentos Migratórios para o Distrito Federal: 1959-2010*. Brasília: 88 p.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L., Fan, J. X. 2015. (2013; updated) The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes* 36: 199-204. Url: <<http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2015-01>>. Acesso: 02.04.2015
- Costa Neto, S.F. 2006. *Ritmito Superior do Grupo Paranoá e o fim da deposição na margem passiva*. Brasília: Instituto de Geociências. UnB. 136p. (Dissert. Mestrado).
- Costa, G. G. 2011. *As Regiões Administrativas do Distrito Federal de 1960 a 2011*. Brasília: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. UnB. 536 p. (Tese Doutorado).
- Dardenne, M. A. 1978. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, Recife: Anais... Recife, SBG, **30** (2): 597-610, 1978.
- EMBRAPA. 2004. *Evolução Geomorfológica do Distrito Federal*. Embrapa Cerrados, 57 p.
- Faria, A. 1995. *Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D'Aliação-Alto Paraíso de Goiás*. Brasília: Instituto de Geociências. UnB. 199 p. (Tese Doutorado).
- Faria, F. O. 2014. Atualismo entre uniformitaristas e catastrofistas. *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, **7**(1): 101-109. Jan | jun 2014.
- Faure, G., Mensing, T. M. 2005. *Isotopes: principles and applications*. 3rd Ed. 653p.

- Fornasari Filho, N. et al. 1992. *Alterações do meio físico decorrentes de obras de engenharia*. São Paulo, Instituto de pesquisas tecnológicas (publicação ipt; n. 1.972)
- Freitas-SILVA, F. H.; Campos, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. 1998. In: Campos, J. E. G.; Freitas-Silva, F. H. (eds.). *Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal*. Parte I. IEMA-SEMATEC/Universidade de Brasília. 86 p. (Relatório Inédito).
- Frodeman, R. 2010. O raciocínio geológico: a geologia como uma ciência interpretativa e histórica. *Terrae Didática*, 6 (2): 85-99.
- Frodeman, R. 2013. The geosciences, climate change, and the virtues of ignorance. In: Baker, V.R. ed. *Rethinking the Fabric of Geology*. Geological Society of America Special Paper, 502: 145-152.
- GDF, 2011. *Plano Diretor de Ordenamento Territorial*. Url: <<http://www.segeth.df.gov.br/preservacao-e-planejamento-urbano/pdot.html>>. Acesso:14.03.2014.
- GDF, 2012. *Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal*. Url: <<http://www.zee-df.com.br/>> Acesso: 08.07.2014.
- Ghesti, L. V. 2009. *Programa de assentamento dirigido do Distrito Federal-PAD/Distrito Federal*. Uma realidade que superou o sonho. Brasília. Url: <<http://coopaDistritoFederal.com.br/o-pad-DistritoFederal>>. Acesso: 17.07.2016.
- Grillo, S. V. de C. 2013. *Divulgação Científica: linguagem, esferas e gêneros*. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. 333p. USP. (Tese Doutorado)
- IBGE. 2010. *Cidades*. Url: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso: 12.02.2014.
- IBGE. 2016. *Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação*. Url: <<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso: 12.06.2016.
- Kastens, K, A., Manduca, C, A., Cervato, C.; Frodeman, N., Goodwin, C., Libien, L. S., Mogk, D. W., Spangl, T. C., Stillings, N. A., Titus, S. 2009. How Geoscientists Think and Learn. *Eos*, **90** (31): 265-272.
- Lima, O. N. B. 2011. *Estratigrafia isotópica e evolução sedimentar do Grupo Bambuí na borda ocidental do Cráton São Francisco: implicação tectônica e paleo-ambiental*. Brasília: Instituto de Geociências. 114p. UnB (Tese Doutorado).
- Matteini, M., Dantas, E. L., Pimentel, M. M., Alvarenga, C. J. S., Dardenne, M. A. 2012. U-Pb and Lu-Hf isotopes study on detrital zircons from the Mesoproterozoic Paranoá Group, Brasilia belt, Brazil: constraints on depositional age. In: *South American Symp. On Isotope Geology*, SSAGI 7, Brasília, CD-ROM.
- Mora, A. M. S. *A divulgação da ciência como literatura*, Editora UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.
- Paviani, A. 2003. Ambiente urbano com desemprego. In: Paviani, A.; Gouvêa, L. A. de C. (Orgs.) *Brasília: controvérsias ambientais*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, (Coleção Brasília). 316 p.

- Pimentel, M. M., Rodrigues, J. B.; Dellagiustina, M. E. S., Junges, S., MAatteini, M., Armstrong, R. 2011. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, based on SHRIMP and LA-ICPMS U-Pb sedimentary provenance data: A review. *Journal of South American Earth Science*, 31: 345-357.
- Potapova, M. S. 1968. Geology as an historical science of nature. In: *Interaction of sciences in the study of the Earth*. Moscou: Progress Publisher. p. 117-126.
- Rocha, M.B, Vargas, M. 2015. Estudo da Linguagem de textos de Divulgação Científica. In: *Anais do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - X ENPEC*. Águas de Lindóia, SP, Novembro de 2015, p.1-8.
- Ross, J. L. S. 1990. *Geomorfologia ambiente e planejamento*. São Paulo, Ed. Contexto. 85 p.
- Ross, J. L. S. 1992. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia*. 6:17-29.
- Rudwick, M. J. S. 2001. Jean-André de Luc and nature's chronology. *Geological Society, London, Special Publications*, **190**:51-60.
- SEBRAE. 2004. *A questão ambiental no Distrito Federal: informações e orientações para as atividades empresariais e para o público em geral*. Brasília: SEBRAE/DF, 136 p.
- Seer, H. J., Brod, J. A., Fuck, R. A., Pimentel, M. M., Boaventura, G. R., Dardenne, M. A. 2001. Grupo Araxá em sua área tipo: um fragmento de crosta oceânica neoproterozóica na Faixa de Dobramentos Brasília. *Revista Brasileira de Geociências*. **31**(3):385-396, setembro de 2001.
- Seilert, V. F. 2012. *O valor econômico das coisas da natureza e o valor jurídico do meio ambiente*. Url: <<http://www.cenedcursos.com.br/valor-economico-natureza-valor-juridico-...>>. Acesso: 20.02.2012.
- Silva, C. H., Simões, L. S. A., Damázio, W. L., Ferreira, S. N., Luvizotto, G. L. 2012. O Grupo Canastra em sua área-tipo, região de Tapira, sudoeste do estado de Minas Gerais. *Revista do Instituto de Geociências - USP Geol. USP*, Sér. cient., São Paulo, **12**(2): 8-9, Agosto 2012. Url: <http://www.igc.usp.br/geologiausp>. Acesso: 12.12.2012.
- Silva, H. C. da. 2006. O que é divulgação científica? *Ciência & Ensino*, **1**(1): 53-59.
- Steinke, V. A., SANO, E. E., Steinke, E. C., Nascimento, R. O. 2007. O Desenvolvimento dos estudos geomorfológicos do Distrito Federal. *Geografia*, **32**(1): 107-120p., Rio Claro, 2007.
- Valério, M., Bazzo, W. A. 2006. O papel da divulgação científica em nossa sociedade de risco: em prol de uma nova ordem de relações entre ciência, tecnologia e sociedade. *Revista de Ensino de Engenharia*, **25**(1): 31-39.
- Vogt, C., Polino, C. (Org.). 2003. *Percepção pública da ciência: resultados da pesquisa na Argentina, Brasil, Espanha e Uruguai*. São Paulo: Editora da Unicamp, Fapesp.
- Westbroek, P. 2002. *Earth System Science and Gaia*.

Em 05 de agosto de 2016 uma plateia mundial de espectadores estimada em 3 bilhões de cidadãos assistiu, na abertura das Olimpíadas, o maior evento esportivo mundial, à maior manifestação já vista em canal aberto ao público em defesa do meio biótico e abiótico e ao mesmo tempo contra atitudes humanas individualistas.

Num evento que se esperavam acrobacias e corpos atléticos a executá-las a mensagem foi de união, de conscientização planetária, de historicidade, de transdisciplinaridade em prol de nossa continuidade como espécie partícipe dos processos naturais. Num evento de seres humanos e para seres humanos, não é o ser humano o centro da atenção, mas a exaltação à ecologia, a natureza.

O vilão apontado, as civilizações urbanas europeias. Os índios nativos em comunhão com a natureza são ludibriados para que suas terras sejam conquistadas; os negros escravizados para esse fim. A urbanização vence e o verde é reduzido. A solução apresentada? O plantio de milhares de mudas de árvores nativas e a sugestão de redução de poluentes; o retorno aos conhecimentos da natureza como exemplo de atitude concreta a se fazer em pleno século XXI tecnológico. Segundo o noticiário de 06 de agosto de 2016:

O desfile dos atletas, pela primeira vez na história, apresentou uma ação pela preservação da natureza. Cada um dos esportistas recebeu um “tubete” com substrato para semear uma árvore nativa do Brasil. Segundo a organização, o plantio de 207 espécies será um dos legados dos Jogos do Rio.

...

A pira olímpica acendida por Vanderlei Cordeiro de Lima, ao contrário dos anos anteriores, não teve grande volume de fogo. Refletida em uma estrutura em formato de sol, ela foi pensada para passar a mensagem da redução de emissões de carbono (BESSEL, 2016)

Uma mensagem emocionante que reacendeu o orgulho de milhares de brasileiros que se encantaram com a criatividade de seu povo, mas que, por outro lado, sabem que atitudes sustentáveis por parte das autoridades ainda estão muito a desejar, haja vista a promessa não cumprida de limpeza de 80% da Baía de Guanabara, a despoluição das lagoas e do ar da cidade do Rio de Janeiro para o próprio evento olímpico (MOREL *et al.*, 2016).

Consideramos a mensagem de abertura das Olimpíadas de 2016 como um grande apelo, espelhado na vontade pública, de buscar soluções para os impactos ambientais atuais. E sobretudo, que a população, na maioria supostamente leiga, já tem uma consciência planetária suficiente para ações participativas em prol de uma

qualidade de vida sustentável. Comprovação disso é a aprovação aclamada do plantio de 11 mil sementes de árvores por atletas de mais de 200 países participantes do evento.

Para Moser (1983 *apud* ALMEIDA *et al.*, 2015, p. 452), “o despertar da consciência ecológica sempre está associado a fatos, e os mais notáveis são a poluição, o crescimento demográfico, as ameaças ao progresso, a miséria e a fome no mundo”.

Na abertura das Olimpíadas falou-se de maneira mais ampla que a problemática ambiental se iniciou com a colonização do Brasil. Em nosso trabalho trazemos o exemplo local do Distrito Federal, cujos impactos ambientais antropogênicos apontam para a mesma origem. No entanto, a degradação ambiental iniciada pelos europeus no século XVI modificou principalmente a paisagem do litoral brasileiro, enquanto que no Centro-Oeste brasileiro os impactos aconteceram no século XX, principalmente, com a criação do Distrito Federal que trouxe uma explosão demográfica ímpar à região.

Dentre as diversas propostas para remediação dos impactos ambientais, o plantio de árvores é indubitavelmente, uma delas. A nossa proposta, que se soma a essa, insere-se no campo informativo, num primeiro momento, para ser educativo a médio e longo prazo.

O Distrito Federal talvez seja um dos melhores exemplos brasileiros de modelo de urbanização recente em detrimento do meio físico e biótico, cujas consequências podem ser observadas a olhos vistos, mas cujas soluções estão muito próximas e muitas em nossas mãos. Nosso maior anseio é que as informações neste trabalho apresentadas possam ser multiplicadas e espalhadas para outros locais para que seus frutos nos permitam um convívio melhor entre todos os seres desse planeta.

Os dados demográficos do Distrito Federal apontam que o DF é a unidade federativa de maior densidade populacional brasileira e que quase a totalidade de sua população mora em centros urbanos. Atualmente, no ano de 2016, a população distrital se distribui por 31 cidades. Populações de outras cidades dos estados vizinhos de Goiás e Minas Gerais incrementam diariamente a população circulante no DF durante os dias úteis (IBGE, 2010).

Por sua vez, a História Ambiental do Distrito Federal nos traz que, além da localização interiorana no território brasileiro, sua beleza cênica e os seus atributos

ambientais de clima, relevo, recursos hídricos e minerais foram decisivos para sua demarcação. No entanto, esses atributos foram logo esquecidos no início da construção da capital federal nos idos de 1950, principalmente porque o adensamento demográfico inesperado e não planejado se instalou no território e perdura num ritmo mais lento, até os dias de hoje. A previsão do aumento demográfico consta nas pesquisas do IBGE (2016) e o *déficit* habitacional, um problema que atinge o país como um todo e tornou-se emblemático no Distrito Federal, indica aumento da utilização dos recursos naturais (PRADO, 2012).

Hoje, mais do nunca na história brasileira, sabe-se que os programas urbanísticos foram criados e levados adiante puramente por questões políticas elitistas (COSTA, 2011).

Para Cunha e Guerra (2011, *apud* FONTOURA, 2013, p. 27),

A urbanização e a emergência dos problemas ambientais urbanos obrigam os estudiosos dos impactos ambientais a considerar os pesos variados da localização, distância, topografia, características geológicas, morfológicas, distribuição da terra, crescimento populacional, estruturação social do espaço urbano e processos de seletividade suburbana ou segregação espacial.

Essas questões comentadas já nos relatórios de Cruz, décadas antes do Distrito Federal, confirmadas no Relatório Belcher e que provavelmente direcionou os projetos de Oscar Niemeyer e Lúcio Costa para o Distrito Federal, retornam hoje não mais como parâmetros para ocupação, mas como meios para solucionar os problemas resultantes da ocupação desordenada. Se tivessem sido seriamente observados durante todo o processo de ocupação do DF, no mínimo, nossos problemas ambientais atuais seriam menos impactantes.

Bertran (2011) insiste nas qualidades do meio físico do Distrito Federal e lamenta não terem sido consideradas, pois até sob o ponto de vista econômico seria interessante terem sido preservadas:

O Distrito Federal devia ter-se preservado como área de castidade ambiental, excelente negócio futuro para atrair os milhares de turistas ecológicos do próximo Século. O Planalto Central e o Distrito Federal não são paisagens indiscriminadas de cerrado. São eminentemente diferenciadas por suas grandes altitudes: chapadões em sequência de campos limpos, intercalados de tanto em tanto por matas ciliares ou por ravinas desnudas onde salpicam canelas d'ema, verdadeiros símbolos de resistência do Planalto (BERTRAN, 2011, p. 21).

Por compartilhar das ideias dos autores acima citados, trouxemos neste trabalho as informações da história geológica e ambiental do meio físico do Distrito Federal com o intuito de dar a conhecer o quão antigo é essa história e como os

elementos que a compõem estão interligados. Do conhecimento da história acreditamos que podemos extrair muitas soluções para os problemas ambientais atuais e nos preparar melhor para reduzir outros vindouros.

Fornecemos informações básicas do Sistema Terra por acreditar que essa fundamentação teórica é quesito primordial se tratando de impactos ambientais. Só com a compreensão dos ciclos naturais do planeta é possível avaliar e estabelecer limites do que é poluente daquilo que é sustentável, pois impactos são inerentes a todos os seres inanimados e animados deste planeta.

O que é sustentável, quando se discute sobre um interesse específico, só pode ser assim conceituado dentro de limites de tempo e espaço definidos. Aquecimento global em meio século pode ser fator de extinção para seres que não se adaptam facilmente às variações de temperatura, mas pode representar um tempo *optimum* para outros seres. A percepção de Tempo Profundo é fundamental para quantificarmos e qualificarmos o nosso papel e as nossas ações sobre o meio. A quebra da dicotomia homem-natureza e a devida compreensão de que somos natureza e personagens ativos de sua história permite setorizar responsabilidades. Possibilita-nos também entender o que cabe aos ciclos naturais sem nossa interferência e o que cabe a nós e à nossa tecnologia nos impactos ambientais.

O presente trabalho de doutorado representa uma primeira etapa de uma pesquisa aplicada que tem por objetivo fomentar a divulgação geocientífica no Brasil. É prevista a construção de um ambiente virtual multimídia para que a presente história esteja em constante atualização e que os leitores possam questionar, sugerir e participar de sua construção de maneira interativa. Um instrumento em que se estabeleça o discurso dialógico característico da divulgação científica entre cidadãos cientistas e não-cientistas.

Com objetivo a médio e longo prazo esta tese representa um contributo na direção de uma almejada educação planetária, defendida como Ecopedagogia ou Pedagogia da Terra por Gadotti (2005):

A Pedagogia da Terra, ou Ecopedagogia, entendida como movimento pedagógico, como abordagem curricular e como movimento social e político, representa um projecto alternativo global que tem por finalidades, por um lado, promover a aprendizagem do sentido das coisas a partir da vida quotidiana e, por outro, a promoção de um novo modelo de civilização sustentável do ponto de vista ecológico. A educação para a cidadania planetária implica uma revisão dos nossos currículos, uma reorientação de nossa visão de mundo da educação como espaço de inserção do indivíduo não numa comunidade local, mas numa comunidade que é local e global ao mesmo tempo. Uma cidadania planetária é, por essência, uma cidadania integral, portanto, uma cidadania ativa cidadania ativa e plena, o que implica, também, a existência de uma democracia planetária (GADOTTI, 2005, p.15).

Para finalizar transcrevemos aqui partes da entrevista, concedida pelo sábio indiano de 75 anos, Satish Kumar, em Lisboa, na Fundação Calouste Gulbenkian em 2011. Satish Kumar é fundador e diretor de programação do *Schumacher College International Centre for Ecological Studies*, e da *The Small School*, Inglaterra. Defende que a reverência à natureza deve estar no centro de todo debate político e social.

Fazemos nossas as palavras de Kumar na entrevista, sob o título “A Natureza tem a solução”:

Dizem que as minhas palavras são impossíveis e que sou demasiado inocente e idealista. Mas a minha resposta é: o que têm feito os realistas? O mundo tem sido governado por eles e hoje temos crise econômica, crise ambiental, guerras, [...], pobreza. O nosso realismo não é sustentável. Pusemos um preço em tudo. A floresta tem preço, os rios, a terra, tudo se tornou uma mercadoria. Talvez tenha chegado o momento de os idealistas fazerem alguma coisa. Esta é a minha resposta. Se sou idealista, não faz mal. A sustentabilidade exige um bocado de idealismo, de inocência.

Eu diria, regressemos à natureza. A natureza tem a solução, dá-nos tudo o que precisamos, alimentos, roupas, casas, sapatos, amor, poesia, arte (grifo nosso).

Mas em muitos casos é mais barato importar...

Sim, mais barato em termos de dinheiro, mas não em termos de meio ambiente, porque não adicionamos todos os custos. Este é um desafio que lanço aos políticos, empresas, cientistas e jornalistas: o valor deve ser colocado no solo, nos animais, árvores e rios, nas pessoas, não no dinheiro. Se não o fizermos, dentro de cem anos teremos uma crise ainda maior. O dinheiro é apenas um bocado de papel ou de cartão, uma conta no banco. É uma medida da riqueza, como quando usamos uma fita métrica e dizemos que esta mesa tem dois metros de comprimento por um de largura. É da mesa que precisamos, mas para nós a fita métrica é mais importante. O dinheiro é útil, claro, mas é só isso.

Mudando a forma de pensar. Podemos imprimir notas, criar dinheiro criando mais dívida. **Mas se poluirmos os nossos rios e envenenarmos as nossas terras, não os podemos substituir. Devemos viver como peregrinos, não como turistas** (grifo nosso).

Hoje conhecemos melhor as marcas dos automóveis do que os nomes das árvores...

Exatamente. **Por isso, antes de mais nada precisamos trazer a natureza para a cidade, promover uma literatura ecológica** (grifo nosso). Não conhecemos a natureza porque a exilamos, temos medo dela.

Neste momento, a humanidade está em guerra com a natureza, estamos a destruí-la. E seremos perdedores se vencermos. A menos que façamos a paz com a natureza não poderá haver paz na humanidade.

Estamos construindo um movimento ambiental e o momento vai chegar (grifo nosso) (BRASIL247).

- AB'SABER, A. N. Os Domínios Morfoclimáticos na América do Sul: Primeira Aproximação. **Geomorfologia**, São Paulo, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, n. 52, p. 1-22, 1977.
- AB'SABER, A. N. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. [Coletânea de artigos já publicados e inéditos]. São Paulo: Ateliê Editorial, 159p. 2003.
- AB'SABER, A. N. Altas superfícies de aplainamento do Brasil sudeste. Rev. Fac. Campineiras, v, 1, nº 4, p. 60-67, 1964.
- AB'SABER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. São Paulo: Inst. Geogr. USP, **Geomorfologia**, n. 15.1969a, 15p.
- AB'SABER, A. N. Revisão dos conhecimentos sobre o horizonte subsuperficial de cascalhos inhumados do Brasil Oriental. **Boletim da Universidade do Paraná**, Instituto de Geologia, Geografia Física, n. 2, Curitiba, 1962.
- AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, n.18, 1969b.
- AGÊNCIA BRASIL, 2016. Chuva acima da média em Brasília alaga vias e deixa veículos submersos. 2016. <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-01/chuva-acima-da-media-em-brasilia-alaga-vias-e-deixa-veiculos-embraixo-dagua>, acessado em 14 jul 2016.
- ALBAGLI, S. Divulgação Científica: informação científica para a cidadania? **Revista Ciência da informação**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 396-404, 1996.
- ALKIMIM, F. F. Geological Background: A Tectonic Panorama of Brazil. In: **Landscapes and Landforms of Brazil, World Geomorphological Landscapes**, VIEIRA, B. C, SALGADO, A., SANTOS, L. (eds.), Springer, p. 9-17. 2015.
- ALMEIDA, A. N., SANTANA, E. R., GONÇALVES, A. O., ANGELO, H. Segmentação do mercado consumidor do Distrito Federal conforme o seu comportamento ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 19, n. 2, mai-ago, p. 451-460. 2015.
- ALMEIDA, F. F. M. **Origem e evolução da Plataforma Brasileira**. D.N.P.M, 36p (Boletim 241). 1967.
- ALMEIDA, F. F. M. Província Tocantins - setor sudoeste. In: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. eds. **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo, Ed. Blücher. p. 265-281, 1984.
- ALMEIDA, F. F. M., AMARAL, G., CORDANI, U. G., KAWASHITA, K. The Precambrian evolution of the South America cratonic margin South of the Amazon River. In: Nairn, A. E. M., Stehli, F. G., (eds.) The ocean basins and margins. New York, Plenum Publishing, p. 411-446,1973.
- ALMEIDA, F. F. M., BRITO, N., BENJAMIM, B., CARNEIRO, C. D. R. Origin and evolution of the South American platform. **Earth Sci. Rev** 50, p. 77-111, 2000.

ALMEIDA, F. F. M., HASUI, Y., DE BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Províncias Estruturais Brasileiras. In: **Simpósio de Geologia do Nordeste**, 8, Campina Grande, 1977. SBG, p. 363-391, 1977.

ALMEIDA, F. F. M.; BRITO, N.; BENJAMIM, B.; CARNEIRO, C. D. R. Origin and evolution of the South American platform. **Earth Sci. Rev** 50, p. 77–111, 2000.

ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. Magmatic occurrences of postPermian age of the South American Platform. São Paulo, IG/USP, p. 71-85. **Série Científica, Boletim 20**, 1989.

ANA, 2010. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: resultados por estado. Vol. 2. Engecorps/Cobrape**. Brasília, 26p. www.ana.gov.br. 2010.

ARAÚJO, S. F. Hidroquímica dos aquíferos freáticos da Bacia do Rio Jardim – DF. Brasília: **Dissertação de Mestrado** - Universidade de Brasília, 73p. 2006.

AURÉLIO. Dicionário de Português. Disponível em: <https://dicionariodoaurelio.com/>. Acesso em: 12 jun de 2016.

AZEVEDO, Ú. R. de. Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO. 2007. 235f. **Tese de doutorado**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2007.

BABINSKI, M.; VIEIRA, L. C.; TRINDADE, R. I. F. Direct dating of the Sete Lagoas cap carbonate (Bambuí Group, Brazil) and implications for the Neoproterozoic glacial events. **Terra Nova**, v. 19, p. 401–406, 2007.

BACCI, D. L. C. A contribuição do conhecimento geológico para a educação ambiental. **Pesquisa em Debate**, Ed. 11, vol. 9, 2, pp.1-23, Jul/Dez, 2009.

BAKHTIN, M. M. **Os gêneros do discurso**. In: **Estética da criação verbal**. Tradução de Paulo Bezerra. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, p.261-306, 2003.

BARAGLIO, G. G. F. **A História Ambiental e a Educação Ambiental como Ciência Social**. Disponível em: <http://meuartigo.brasilecola.uol.com.br/historia/a-historia-ambiental-educacao-ambiental-como-ciencia-social.htm>. Acessado em 26 Mar 2016.

BARBOSA, A. S. Ocupação indígena no Sistema Biogeográfico do Cerrado. In: **Universo do Cerrado**. Horieste Gomes (Coord.), UCG, Goiânia, Vol. 1, 79-163, 2008.

BELCHER, J. **O relatório técnico sobre a nova capital: relatório Belcher**. Brasília, DF: Coldeplan, 1954.

BELIANI, E.; SCHEINER, T. A Contribuição da Museologia para a Difusão do Patrimônio Geológico do Parque Nacional da Tijuca. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. Vol. 35 – 1. p.68-79, 2012.

BERTRAN, P. **Cerratenses**. Brasília: Verano, 1998.

BERTRAN, P. **História da terra e do homem no Planalto Central: eco-história do Distrito Federal**, Brasília, Editora da Universidade de Brasília, 3a. edição, 615 p., Coleção UnB nos 50 anos de Brasília, 2011.

BESSEL, L. Abertura da Olimpíada do Rio celebra tolerância e pede preservação da natureza; Vanderlei Cordeiro de Lima acende a pira. **Revista Isto é eletrônica**, 06/08/2016. Disponível em <http://istoe.com.br/abertura-da-olimpiada-do-rio-celebra-tolerancia-e-pede-preservacao-da-natureza-vanderlei-cordeiro-de-lima-acende-pira/>. Acessado em 06 Ago 2016.

BIGARELLA, J. J. Variações Climáticas no Quaternário e suas Implicações no Revestimento Florístico do Paraná. **Boletim Paranaense de Geografia**. Vol. 10 e 15. Curitiba: UFPR, pp. 211-231. 1964.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R.D.; SANTOS, G.F. DOS. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Vs. 1 e 2. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994.

BOLACHA, E. Elementos sobre epistemologia em Geologia: uma contribuição no Ano Internacional do Planeta Terra. **Revista Electrónica de Ciências da Terra**. 2008. Disponível em: <http://www.e-terra.geopor.pt>. Acesso em: 27 de dez. de 2015.

BRASIL. Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao91.htm. Acesso em 12 Fev 2016.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. **Déficit habitacional no Brasil 2008**. Brasília: Fundação João Pinheiro, Centro de Estatística e Informações. (Projeto PNUD-BRA-00/19 – Habitar Brasil – BID). 129p.,2008. Disponível em: http://www.fjp.gov.br/index.php/component/docman/doc_download/654-deficit-habitacional-no-brasil-2008. Acesso em 16 de jun de 2016.

BRASIL/MCTI/CGEE. Percepção pública da ciência e tecnologia 2015 - Ciência e tecnologia no olhar dos brasileiros. Sumário executivo. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2015. 15 p : il.

BRASIL247. Satish Kumar: “Esta não é uma crise econômica. É uma crise do dinheiro”. Entrevista disponível em http://www.brasil247.com/pt/247/revista_oasis/17258/Satish-Kumar-Esta-nao-e-uma-crise-economica-E-uma-crise-do-dinheiro.htm., 03 Out 2011. Acessado em 02 Fev 2016.

BRAUN, O. P. G. Contribuição a Geomorfologia do Brasil Central. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 3., p. 3-39, out./dez 1971.

BRILHA, J. B. R. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. São Paulo: Palimage editora,190p. 2005.

BRITO NEVES B. B. A saga dos descendentes de Rodínia na construção de Gondwana. **Revista Brasileira de Geociências**, 33(1-Sulemento):77-88, março de 2003.

BRITO NEVES B. B., CAMPOS NETO M. C., FUCK R. A. From Rodinia to Western Gondwana: An approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. **Episodes**, 22:155-166, 1999.

BRITO NEVES, B. B., CAMPOS NETO M. C. Ciclo Brasiliano: discussão prefacial. In: **SBG, Cong. Bras. Geol.**, 41, João Pessoa, Anais, 295, 2002.

BRITO NEVES, B. B., FUCK, R. A., PIMENTEL, M. M. The Brasiliano collage in South America: a review. **Brazilian Journal of Geology**, 44(3): 493-518, September 2014.

- BRITO NEVES, B. B.; CORDANI, U. G. Tectonic evolution of South America during the Late Proterozoic. **Precambrian Research**, v. 53, p. 23-40, 1991.
- BRITO, L. S. M.; PERINOTTO, A. R. C. Difusão da Ciência no Geopark Araripe, Ceará, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ)**. v. 35, n.1, p. 42-48, 2012. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2012_1_42_48.
- BRUNHAM, T. F. Análise Contrastiva: memória da construção de uma metodologia para investigar a tradução de conhecimento científico em conhecimento público. Data Grama Zero. **Revista de Ciência da Informação**. v.3 n.3, p.1-16, 2011. http://www.dgz.org.br/jun02/Art_03.htm
- BUENO, W. C. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. **Informação e Informação**, Londrina, v. 15, n. esp, p. 1 - 12, 2010.
- BUENO, W. C. Jornalismo científico no Brasil: os compromissos de uma prática dependente. **Tese Doutorado** – Escola de comunicação e Artes, USP, 364F, 1984.
- BURKE, P. **Uma história social do conhecimento: de Gutemberg a Diderot**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 241 p. 2003.
- BURKETT, W. **Jornalismo científico: como escrever sobre ciência, medicina e alta tecnologia para os meios de comunicação**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1990. CGEE. Percepção pública da ciência e tecnologia 2015 - Ciência e tecnologia no olhar dos brasileiros. Sumário executivo. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 15p, 2015.
- CAESB. **Plano de Diretor de Água e Esgotos do Distrito Federal**. 2006.
- CALVO HERNANDO, M. **Conceptos sobre difusión, divulgación, periodismo y comunicación**. 2006. 3p. Disponível em: <<http://www.manuelcalvohernando.es/articulo.php?id=8>>. Acesso em: 10 set. 2014.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Relatório anual comissão de localização da nova capital federal**. Comissão de Cooperação para Mudança da Capital Federal. 1995. Biblioteca Digital. <http://www.bd.gov.br>. Acessado em 25 Jan 2016.
- CAMPANA, N. A.; MONTEIRO, M. P.; KOIDE, S., NETO, O. C. Avaliação Quantitativa dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. In: MMA/SRH, SEMATEC/DF, IEMA/DF. **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Relatório técnico. Brasília, v, 3, 1998.
- CAMPOS NETO. Orogenic systems from southwestern Gondwana: An approach to Brasiliano-Pan African cycle and orogenic collage in southwestern Brazil. In: CORDANI U. G., MILANI E. J., THOMAZ FILHO A., CAMPOS D. A. (eds.). Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro, **31st International Geological Congress**, p. 335-365, 2000.
- CAMPOS, J. E. G. Hidrogeologia do Distrito Federal: bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. **Revista Brasileira de Geociências**, n. 34, v.1, p. 41-48, 2004.
- CAMPOS, J. E. G., DARDENNE, M. A., FREITAS-SILVA, F. H., MARTINS-FERREIRA, M. A. C. Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília. **Braz. J. Geol.**, São Paulo, v, 43, no, 3, p. 461-476, 2013.

- CAMPOS, J. E. G.; FREITAS-SILVA, F. H. Arcabouço hidrogeológico do Distrito Federal. In: **XII Simp. Geol. Centro-Oeste**. Boletim de Resumos. Brasília. 113p. 1999.
- CARDOSO, M. G. P. A obra de Roberto Burle Marx em Brasília: o papel do paisagista moderno na capital modernista. In: PEIXOTO, E. R.; DERNTL, M. F.; PALAZZO, P. P. O.; TREVISAN, R. (Orgs.) **Tempos e escalas da cidade e do urbanismo**: Anais do XIII Seminário de História da Cidade e do Urbanismo. Brasília, DF: Universidade Brasília- Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2014.
- CARIBÉ, R. DE C. DO V. Comunicação científica para o público leigo no Brasil. **Tese - Doutorado em Ciência da Informação**. Universidade de Brasília/Faculdade de Ciência da Informação. 320f. 2011.
- CARNEIRO, C. D. R.; TOLEDO, M. C. M. D.; ALMEIDA, F. F. M. D. Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, n. 4, v. 34, p.553-560, dez. 2004.
- CARVALHO, S. A. DE., ADOLFO, L. G. S. O valor econômico dos recursos naturais no sistema de mercado. Artigo apresentado na I Conferência Internacional Direito Ambiental, Transnacionalidade e Sustentabilidade. **Revista Eletrônica Direito e Política**. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v.7, n.2, 2º quadrimestre de 2012. Disponível em: www.univali.br/direitoepolitica - ISSN 1980-7791.
- CATALDI, C. A divulgação da ciência na mídia impressa: um enfoque discursivo. In: GOMES, M. C. A.; MELO, M. S. de S.; CATALDI, C. (org.). **Gênero discursivo, mídia e identidade**. Viçosa: Ed. UFV, p.155-164, 2007.
- CELINO, J. J. MARQUES, E. C. DE., LEITE, O, R. Da Deriva dos Continentes a Teoria da Tectônica de Placas: uma abordagem epistemológica da construção do conhecimento geológico, suas contribuições e importância didática. **Geo.br**, 1,1-23. 2003. <http://www.degeo.ufop.br/geobr>.
- CERVATO, C.; FRODEMAN, R. A importância do tempo geológico: desdobramentos culturais, educacionais e econômicos. **Terra e Didática**, vol.10, p. 67-79, 2013.
- CHRISTIAN, D. **Maps of time: an introduction to Big History**. Berkeley: University of California Press, 2003.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- CLAPPERTON, C. M. **Quaternary geology and geomorphology of South America**. Elsevier, Amsterdã, 713 p. 1993.
- CNPq. **Por que popularizar?** Disponível em: <http://cnpq.br/por-que-popularizar>. Acesso em 20 Jun 2016.
- CODEPLAN. **A Dinâmica Migratória na Área Metropolitana de Brasília – AMB entre 1991 e 2010**. Demografia em foco 06, 2013.
- CODEPLAN. **Atlas do Distrito Federal**. Brasília, GDF, 78p, 1984.
- CODEPLAN. DEMOGRAFIA EM FOCO 7. **Evolução dos Movimentos Migratórios para o Distrito Federal: 1959-2010**. Brasília. 88 p. 2013.

COHEN, K. M., FINNEY, S. C., GIBBARD, P. L., FAN, J. X. (2013; updated) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204. 2015: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2015-01>.

COLINVAUX P. A.; OLIVEIRA P. E. DE; BUSH M. B. Amazonian and neotropical plant communities on glacial time-scales: the failure of the aridity and refuge hypotheses. **Quat Sci Rev** 19: 141–169, 2000.

CONANT, J. B. **Como compreender a ciência**. Trad. de Aldo Della Nina. São Paulo, Cultrix, 1964.

COSTA NETO, S. F. Ritmito Superior do Grupo Paranoá e fim da deposição de Margem Passiva. **Dissertação de Mestrado**, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 109 p, 2006.

COSTA, A. R. F.; SOUSA, C. M.; MAZOCCO, F. J. Modelos de comunicação pública da ciência: agenda para um debate teórico-prático. Conexão – **Comunicação e Cultura**, UCS, Caxias do Sul, v. 9, n. 18, jul./dez. 2010.

COSTA, G.G. As Regiões Administrativas do Distrito Federal de 1960 a 2011. 536 p. **Tese (doutorado)** – Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2011.

COSTA, K. S. Resenha: **História da terra e do homem no Planalto Central: eco-história do Distrito Federal**, de Paulo Bertran. Brasília, Editora da Universidade de Brasília, 3a. edição, 2011. 615 p. *Sustentabilidade em Debate - Brasília*, v. 3, n. 1, p. 165-174, jan/jun 2012.

CRULS, L. F. Relatório Cruls: **Relatório da Comissão Exploradora do Planalto Central do Brasil**. Brasília: CODEPLAN, 1995, 6ª. Ed., 380p.

D'EL-REY SILVA, L. J. H., KLEIN, P. B. W. Detlef Hans-Gert Walde. The Caldas Novas dome, central Brazil: structural evolution and implications for the evolution of the Neoproterozoic Brasília. **Belt Journal of South American Earth Sciences** 17, 153–169, 2004.

D'EL-REY SILVA, L. J. H.; OLIVEIRA, I. L. DE.; POHREN, C. B.; TANIZAKI, M. L. N.; CARNEIRO, R. C.; FERNANDES, G. L. D. F.; ARAGÃO, P. E. Coeval perpendicular shortenings in the Brasília belt: Collision of irregular plate margins leading to oroclinal bending in the Neoproterozoic of central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 32, p. 1-13, 2011.

DARDENNE, M. A. Os grupos Paranoá e Bambuí na Faixa Dobrada Brasília. In: **Simp. Sobre o Craton do São Francisco e suas Faixas Marginais**. Anais. Salvador, SBG/BA. p. 140-156, 1981.

DARDENNE, M. A. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 30. Recife. Anais... Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 2, p. 597-610, 1978.

DARDENNE, M. A. The Brasília fold belt. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (Eds.), **Tectonic Evolution of South America**. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, p. 231-263. 2000.

DERANI, C. **Direito Ambiental Econômico**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2008, p.102.

- DICIO. **Dicionário on line de Português.** Disponível em: <http://www.dicio.com.br/vulgarizacao/>. Acesso em 20 Jun 2016.
- DICIONÁRIO INFORMAL. Dicionário informal. Disponível em: <http://www.dicionarioinformal.com.br/>. Acesso em 12 de jun de 2016.
- EEROLA, T.T. Problemas da divulgação e popularização de geociências no Brasil. **Revista Brasileira de Geociências** 24(3):160-163, setembro de 1994.
- ELER, D.; VENTURA, P. C. **Alfabetização e letramento em ciência e tecnologia: Reflexões para a educação tecnológica.** ENPEC. 2007
- EMBRAPA. **Evolução Geomorfológica do Distrito Federal**, Embrapa Cerrados, 57 p. 2004.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal.** Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS. 455p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 53), 1978.
- EPSTEIN, I. **Comunicação da ciência.** São Paulo em perspectiva, 12(4): 60-68.1998.
- ESPINDOLA, C. R. A pedologia e a evolução das paisagens. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 31 (1/2), 67-92, 2010.
- ESPINDOLA, C. R. A pedologia e a evolução das paisagens. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 31 (1/2), 67-92, 2010.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Agroecological Zoning: Guidelines. **Fao Soils Bulletin** nº 73.Roma: 1996.6 p.
- FARIA, A. Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D'Aliança-Alto Paraíso de Goiás. **Tese de Doutorado**, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 199 p, 1995.
- FARIA, F. O Atualismo entre uniformitaristas e catastrofistas. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 101-109, jan | jun 2014.
- FAURE, G.; MENSING, T. M. **Isotopes: principles and applications.** 3rd Ed., 2005.
- FONTOURA, L. N. J. Planejamento urbano-ambiental: o uso e ocupação do Solo no Distrito Federal. **Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - 5ª Edição nº 005** Vol.01/2013 – julho/2013.
- FORNASARI FILHO, N. et al. Alterações do meio físico decorrentes de obras de engenharia. São Paulo, **instituto de pesquisas tecnológicas**, 1992. (publicação ipt; n. 1.972)
- FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**, São Paulo: Paz e Terra, 1980.
- FREITAS-SILVA F. H.; CAMPOS J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: **Inventário Hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal.** Brasília, SEMARH, v. 1, p. 1-86, 1998.
- FREITAS-SILVA F. H.; CAMPOS J. E. G. Geologia do Parque Nacional de Brasília - DF. **Boletim de Geociências do Centro-Oeste**, ed.18, v.1/2. p.32-43,1995.

- FRODEMAN, R. O raciocínio geológico: a geologia como uma ciência interpretativa e histórica. **Terra e Didática**, ed. 6. v. 2. p. 85-99, 2010.
- FUCK, R. A. A faixa Brasília e a Compartimentação Tectônica na Província Tocantins. In: **Simpósio de Geologia do Centro - Oeste, 4**. Brasília, 1994. Anais...Brasília, SBG, p.184-187, 1994.
- FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M., D'EL-REY SILVA, L. J. H. Compartimentação Tectônica na Porção Oriental da Província Tocantins. In: **XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriú, SBG, Boletim Resumos Expandidos SBG, 1**; p, 215-217, 1994.
- GADOTTI, M. Pedagogia da Terra e Cultura de Sustentabilidade. **Revista Lusófona de Educação**. v., 6, p. 15-29. 2005.
- GDF, 2011. **Plano Diretor de Ordenamento Territorial**. Disponível em: <http://www.segeth.df.gov.br/preservacao-e-planejamento-urbano/pdot.html>. Acesso em 14 de mar de 2014.
- GDF, 2012. **Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal**. Disponível em: <http://www.zee-df.com.br/>. Acessado em 08 de jul de 2014.
- GDF. Decreto nº 36.528, de 29 de maio de 2015. **Declara a situação de emergência e de perigo no âmbito da Limpeza Pública do Distrito Federal e dá outras providências**. Disponível em: http://www.tc.df.gov.br/sinj/BaixarArquivoNorma.aspx?id_file=b91b06e8-5781-30d7-860c-00f17628faf9 Acesso em: 17 de jun de 2016.
- GERHARDT, L. B. A representação dos atores sociais e o processo de reformulação em notícia de popularização científica. **Discursos de popularização da ciência**, v. I, p.63-70, nov. 2009.
- GERMANO, M. G; KULESZA, W. A. Popularização da ciência: uma revisão conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 7-25, 2007.
- GHESTI, L. V. **Programa de assentamento dirigido do Distrito Federal-PAD/Distrito Federal**. Uma realidade que superou o sonho. Brasília. 2009. <http://coopaDistritoFederal.com.br/o-pad-DistritoFederal>, acessado em 17 Jul 2016.
- GONÇALVES, T. D. Geoprocessamento como ferramenta para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos na região do Distrito Federal. **Dissertação de Mestrado**. Brasília: Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 225p, 2007.
- GOULART, A. C. O.; GIMENES, A. C. W. Geopedologia em um ensaio metodológico de investigação das relações estruturais do relevo. In: **UGB, Simpósio Nacional de Geomorfologia, 7 e Encontro Latinoamericano de Geomorfologia, 2**, Belo Horizonte, Anais, CD-Rom, 2008.
- GRILLO, S. V. DE C. Divulgação Científica: linguagem, esferas e gêneros. **Tese de Doutorado** - Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 333f, 2013.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 8°.ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 418 p.

GUIMARÃES, E. M., DARDENNE, M. A., SOARES, L., FAIECHILD, T. Proterozoic stromatolites from central Brazil: paleocologia end tectonic setting in Paranoá e Bambuí groups. **Acta Micropaleontologica sinica**. V, 20 pp. 101, 2013.

HAFFER, J. Speciation in Amazonian forest birds. **Science**, 165, p. 131-37, 1969.

HARRIS, J. M.; ROACH, B. **Environmental and Natural Resource Economics: A Contemporary Approach**. Por, 3rd. Ed., 2013, 584 páginas. M. E. Sharpe, New York.

HILGARTNER, S. The dominant view of popularization: conceptual problems, political uses. **Social Studies of Science**, Sage, London, v. 20, p.519-139, 1990.

HOOGHIEMSTRA, H.; VAN DER HAMMEN, T. Neogene and Quaternary development of the neotropical rain forest: the forest refugia hypothesis, and a literature overview. **Earth-Sci Ver**, v. 44, 147-183, 1998.

HOURIGAN, J.K., REINERS, P.W., BRANDON, M.T. U-Th zonation-dependent alpha-ejection in (U-Th)/He chronometry. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v, 69, No. 13, p. 3349–3365, 2005.

IBGE. **Censo do Distrito Federal de 2010**. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default_censo_2010.shtm. Acessado em 12 Fev 2014.

IBGE. **Censo Experimental de Brasília**. Comissão Censitária Nacional. Maio de 1959. Rio de Janeiro.

IBGE. **Censos Demográficos**. 1960. 1970. 1980. 1991. 2000. 2010. Rio de Janeiro.

IBGE. **Censos Demográficos**. Rio de Janeiro. 2010.

IBGE. **Cidades**. Disponível em <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>. Acessado em 12 Fev 2014.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. 219p. 2008. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>. Acessado 13 Jul 2016.

IBGE. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em 12 de Junho de 2016.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2008. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: set. de 2008

IVANISSEVICH, A. **Ciência no casulo**. Ciência Hoje, n. 184, jul. 2002. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/sobre/historia-da-revista-ch>. Acesso em: 10 de ago. de 2014.

KASTENS, K, A.; MANDUCA, C, A.; CERVATO, C.; FRODEMAN, N.; GOODWIN, C.; LIBIEN, L. S.; MOGK, D. W.; SPANGL, T. C.; STILL INGS, N. A. Titus How Geoscientists Think and Learn Eos, n. 31, v. 90, 2009.

KING L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 18, p.147-265, 1956.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LIMA, F. F. Proposta metodológica para a inventariação do patrimônio geológico brasileiro. 103f. **Dissertação de mestrado em Patrimônio Geológico e Geoconservação**, Escola de Ciências, Universidade do Minho. Braga, Portugal, 2008. Disponível em: www.dct.uminho.pt/mest/pgg/index_pgg.html.

LIMA, O. N. B. Estratigrafia isotópica e evolução sedimentar do Grupo Bambuí na borda ocidental do Cráton São Francisco: implicação tectônica e paleo-ambiental. **Tese de Doutorado**, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 114 p. 2011.

LOUSADA, E. O.; CAMPOS, J, E, G. Estudos isotópicos em águas subterrâneas do Distrito Federal: subsídios ao modelo conceitual de fluxo. **Revista brasileira de geociências**, n, 41, v 2, p. 355-365, 2011.

LOVATO, C dos S. Análise Crítica de Gênero: organização retórica de notícias de popularização científica na revista Ciência Hoje On-line. **Linguagem & Ensino**, Pelotas, v.14, n.1, p. 173-200, jan./jun. 2011.

MAIO, C. R. Alterações ambientais no Distrito Federal, baseadas na geomorfologia dinâmica. **Rev. Bras. Geogr.**, 48(3):259-284. 1986.

MALET, A. Divulgación y popularización científica en el siglo XVIII: entre la apología cristiana e la propaganda ilustrada. **Quark**, Barcelona, n. 26, p. 13-23, oct. / dic. 2002. Disponível em: <<http://quark.prbb.org/26/026013.htm>>. Acesso em 23 Jun 2016.

MANSUR, K. L. Projetos Educacionais para a Popularização das Geociências e para a Geoconservação. **Revista do Instituto de Geociências – USP**. Disponível on-line no endereço www.igc.usp.br/geologiausp - 63 - Geol. USP, Publ. espec., São Paulo, v. 5, p. 63-74, 2009.

MANTESSO-NETO, V.; ANDRADE, W.T.F.; FRIGERIO, A.; STERN, A.G. Guia geoturístico e histórico de Santos e São Vicente. Santos: **Sociedade Brasileira de Geologia**, 46º Congresso Brasileiro de Geologia. 8p.2012.

MARTINS E. S.; BAPTISTA G. M. M. Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. In: **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal**. Brasília. IEMA/ SEMATEC/UnB. Vol. 1, Parte II. 53p, 1998.

MARTINS, D. C. Análise dos Testemunhos Líticos do Sítio Arqueológico Córrego Rico em Planaltina de Goiás. **Revista do ICHL**, volume 2, nº 3, jul/dez 1983 – Goiânia, Editora da Universidade Federal de Goiás, 1983.

MARTINS, E. S. Petrografia, mineralogia e geomorfologia de rególitos lateríticos no Distrito Federal. 196f. **Tese** (Doutorado em Geologia) – Universidade de Brasília-DF, 2000.

MARTINS, I.; NASCIMENTO, T. G.; ABREU, T. B. Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. p, n. 1, p. 95-111, 2004.

MASSARANI, L.; MOREIRA, I. DE C. Divulgación de la ciência: perspectivas históricas y dilemas permanentes. **Quark**, Barcelona, n. 32, abr. / jun. 2004.

MATTEINI, M.; DANTAS, E. L.; PIMENTEL, M. M.; ALVARENGA, C. J. S.; DARDENNE, M. A. U-Pb and Hf isotope study on detrital zircons from the Paranoá

Group, Brasília Belt Brazil: constraints on depositional age at Mesoproterozoic-Neoproterozoic transition and tectono-magmatic events in the São Francisco craton. **Precambrian Research**, 206-207:168-181. 2012.

MATTOS, K. M. da C.; MATTOS, K. M. da C.; MATTOS, A. Valoração econômica do meio ambiente dentro do contexto do desenvolvimento sustentável. **Revista Gestão Industrial**. Ponta Grossa, v. 1, n.2, pp. 109- 260, 2005. Disponível em: Acesso em: 25. nov. 2009, p. 259.

MAURY, M. B.; BLUMENSCHNEIN, R. N. Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente. **Sustentabilidade em debate**. Brasília, v.3, n.1, p. 75-96, 2012.

MCINTYRE, A. **After Virtue: A Study in Moral Theory**. Notre Dame, IN: University of Notre Dame Press, 252p. 1981.

MCTI, 2015. **Divulgação científica é debatida na 67ª Reunião da SBPC. Reportagem. Assessoria de Comunicação do MCTI. Publicado em 16/07/2015** http://www.mcti.gov.br/noticia/-/asset_publisher/epbV0pr6eIS0/content/divulgacao-cientifica-e-debatida-na-67%C2%AA-reuniao-da-sbpc;jsessionid=FB9D6BA8F7BAF012F0E21F019270F7A6

MICHAELIS. Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/>. Acesso em 14 de jun. de 2016.

MILLER, J. D. **Scientific literacy and citizenship in the 21st century. Science centers for this century**. IN: SCHIELE, Bernard; KOSTER, Emlyn H. Québec: Editions Multimondes, p. 369-413, 2000.

MONTEIRO, C. F.; CAMPOS, J. E. G. Zoneamento Hidrogeológico da Bacia do Rio Preto – DF/MG/GO. **Espaço & Geografia**, n.10, v. 2. p, 77-99, 2007.

MONTEIRO, J. R.; BRANDÃO, S. Ciência e TV: um encontro esperado. In: MASSARANI, L.; MOREIRA, I. de CASTRO.; BRITO, F. **Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência, UFRJ, 230p, 2002.

MORA, A. M. S. **A divulgação da ciência como literatura**, Editora UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

MOREIRA I.C.; MASSARANI L. Aspectos históricos da divulgação científica no Brasil», en: MASSARANI L., MOREIRA I.C. Y BRITO F. (eds.): **Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil**, Rio de Janeiro, Casa da Ciência/Editora da UFRJ, 2002.

MOREIRA, J. C. Patrimônio geológico em unidades de conservação: atividades interpretativas, educativas e geoturísticas. **Tese de doutorado**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 428p. 2008.

MOREL, A., ALENCAR, J., ALMEIDA, P. I., MATTOS, R. Abertura da Olimpíada defende ecologia apesar de Rio não limpar Baía. 2016. Site da UOL Disponível em <http://olimpiadas.uol.com.br/noticias/redacao/2016/08/05/abertura-da-olimpiada-defende-ecologia-apesar-de-rio-nao-limpar-baia.htm>. Acessado em 06 Ago 2016.

MOSER, 1983 MOSER, A. **O problema ecológico e suas implicações éticas**. Rio de Janeiro: Vozes, 1983.

- MOTOYAMA, S. Quinhentos anos de ciência e tecnologia no Brasil. **Pesquisa FAPESP**, n. 52, 40p, abr. 2000.
- MOTTA, R. S. da. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. IPEA/MMA/PNUD/CNPq. Rio de Janeiro, setembro de 1997. Disponível em: www.nepecufg.net/dnilson/MANUALSerroaMotta.pdf. Acesso em: 20 fev. 2012, p. 3.
- MOTTA-ROTH, R. D.; LOVATO, C. dos S. O poder hegemônico da ciência no discurso de popularização científica. **Calidoscópico**, Vol. 9, n. 3, p. 251-268, set/dez 2011.
- MOTTA-ROTH, R. D.; MARCUZZO, P. Ciência na mídia: análise crítica de gênero de notícias de popularização. **RBLA**, Belo Horizonte, v. 10, n. 3, p. 511-538, 2010.
- MOURÃO. **Resenha: Relatório da Comissão Exploradora do Planalto Central do Brasil**. 2010. Disponível em: http://www.brasiliana.com.br/pop/pop_resenha/3/aa6abc0e7f9e34c8033333f3be38b838e. Acesso em 22 de fev. 2014.
- MUELLER, S. P. M. Popularização do Conhecimento Científico. Data Gramma Zero - **Revista de Ciência da Informação**, v.3, n.2, abr/2002. Disponível em: http://www.dgz.org.br/abr02/Art_03.htm. Acesso em 12 dez 2015.
- MUELLER, S. P. M.; CARIBÉ, S. de C. do V. Comunicação científica para o público leigo: breve histórico. **Informação & Informação**, Londrina, v. 15, n. esp, p. 13 - 30, 2010.
- NASCIMENTO, F. S. Gm crops may be harmful to the environment: graus de autoridade e assertividade em notícias de popularização da ciência. **Dissertação de Mestrado** – Universidade Federal de Santa Maria, 114p. 2011.
- NELKIN, D. **Selling science: how the press covers science and technology**. 2nd ed. New York: W H Freeman and Company, 1995.
- NOVAES PINTO, M. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: M. Novaes Pinto (Org.), **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2ª. ed., Brasília: UnB/SEMATEC, cap. 9, p. 285-344, 1994.
- NOVAES PINTO, M. Superfícies de aplainamento do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 49, p. 9-27, 1987.
- NOVAES PINTO, M. Unidades Geomorfológicas do Distrito Federal. **Geografia**, Rio Claro, v. 11, n. 21, p. 97-109, 1986.
- NOVAES PINTO, M.; CARNEIRO, P. J. Análise preliminar das feições geomorfológicas do Distrito Federal. In: **Congresso Brasileiro de Geógrafos**, 4, São Paulo. Anais... 1.2, v.2, p. 190-213, 1984.
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa, Plátano Edições Técnicas. Tradução para o português de Carla Valadares, do original Learning how to learn. 1996.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of Central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. Edinb. **J. Bot.** 52:141-194, 1995.

ONARY-ALVES S. Y.; BECKER-KERBER B.; VALENTIN P., R.; PACHECO M. L. A. F. O conceito de geoparque no Brasil: reflexões, perspectivas e propostas de divulgação. **Terra Didática**, 11(2):94-107. 2005. <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>.

PÁDUA, J. A. **As bases teóricas da história ambiental Estudos Avançados**, 24 (68), p.81-101, 2010. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100009>. Acesso em 02 de jan de 2016.

PAIXÃO, M. A. P., NILSON, A. A., DANTAS, E. L., The Neoproterozoic Quatipuru Ophiolite and the Araguaia fold belt, central-northern Brazil, compared with correlatives in NW Africa. **Geological Society London Special Publications** 294, 297e318. doi:10.1144/SP294.16. 2008.

PANZA, M.; PRESAS, A. La divulgación de la ciencia en el siglo XIX: la obra de Flammarion. **Quark**, Barcelona, n. 26, oct. / dic. 2002.

PAVIANI, A. Ambiente urbano com desemprego. In: PAVIANI, A.; GOUVÊA, L. A. de C. (Orgs.) **Brasília: controvérsias ambientais**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 316 pp. (Coleção Brasília), 2003.

PENTEADO, M. M. Tipos de concreções ferruginosas nos compartimentos geomorfológicos do planalto de Brasília. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 16, n. 32, p. 39-53, 1976.

PIMENTEL M. M., FUCK R. A., ALVARENGA C. J. S. DE. Post-Brasiliano (Pan-African) high-K granitic magmatism in central Brazil: late Precambrian/early Paleozoic extension. **Precambrian Research**. 80:217-238. 1996.

PIMENTEL, M. M., DARDENNE, M. A., FUCK, R. A., VIANA, M. G., FISCHER, D. P. Nd isotopes and the provenance of sediments of the Neoproterozoic Brasília Belt. **Jour. South Am. Earth Sci.** 14, p. 571-585, 2001.

PIMENTEL, M. M., DARDENNE, M. A., FUCK, R. A., VIANA, M. G., FISCHER, D. P. Nd isotopes and the provenance of sediments of the Neoproterozoic Brasília Belt. **Jour. South Am. Earth Sci.** 14, 571e585.2001.

PIMENTEL, M. M.; DARDENNE, M. A.; FUCK, R. A.; VIANA, M.G.; JUNGES, S. L.; FISCHER, D. P.; SEER, H.; DANTAS, E. L. Nd isotopes and the provenance of detrital sediments of the Neoproterozoic Brasília Belt, Central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 14(6):571-585, 2001.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A. Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. **Geology**, v. 20, p. 375-379, 1992.

PIMENTEL, M. M.; RODRIGUES, J. B.; DELLAGIUSTINA, M. E. S.; JUNGES, S.; MATTEINE, M.; ARMSTRONG, R. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, based on SHRIMP and LA-ICPMS U-Pb sedimentary provenance data: A review. **Journal of South American Earth Science**, 31, pp. 345-357, 2011.

PINHEIRO, N. A. M., SILVEIRA, R. M. C. F., BAZZO, W. A., Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque cts para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PIUZANA, D.; PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; ARMSTRONG, R. A. SHRIMP UePb and SmeNd data for the Araxá Group and associated magmatic rocks: constraints for

the age of sedimentation and geodynamic context of the southern Brasília Belt, central Brazil. **Precambrian Research**, v, 125, no, 139, p. 160/8, 2003.

POTAPOVA, M. S. Geology as an historical science of nature. In: **Interaction of sciences in the study of the Earth**. Moscou: Progress Publisher. p. 117-126, 1968.

PRADO, L. F. A ocupação Irregular de Terras no Distrito Federal e o Impacto Ambiental. **Monografia**. Curso de Bacharelado em Direito pela Faculdade de Ciências Jurídicas e Sociais do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB. Brasília, 63 f. 2012.

REINERS, P. W. Zircon (U-Th)/He Thermochronometry. **Reviews in Mineralogy & Geochemistry** Vol. 58, pp. 151-179, 2005.

REIS J. Ponto de vista: José Reis (entrevista). In: MASSARANI, L.; MOREIRA, I. C.; BRITO, F. (Orgs.) **Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência, UFRJ, 2002.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília, Embrapa Cerrados, p.87-166, 1998.

RIBEIRO, R. J. DA C.; RODRIGUES, J. M.; MAMMARELLA, R.; SILVA, E. T. DA. A. Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal (RIDE-DF) no Censo 2010. **Boletim do Observatório das Metrôpoles**. Disponível em: www.observatoriodasmetrolopes.com.br, 2011. Acesso em 16 Jun 2016.

RODRIGUES, J. B. Proveniência de sedimentos dos grupos Canastra, Ibiá, Vazante e Bambuí e Um estudo de zircões detríticos e Idades Modelo Sm-Nd. **Doctorate Thesis**, Univ. Brasília, 141p., 2008. unpublished.

RODRIGUES, J. B.; PIMENTEL, M. M.; DARDENNE, M. A.; ARMSTRONG, R. A. Age, provenance and tectonic setting of the Canastra and Ibiá groups (Brasília belt, Brazil): implications for the age of a Neoproterozoic glacial event in central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v, 29, p. 512-521, 2010.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia ambiente e planejamento**. São Paulo, Ed. Contexto. 85 p. 1990.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. n. 6, p. 17-29. 1992.

RUCHYS, U. de A. Patrimônio Geológico e Geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: Potencial para Criação de um Geoparque da UNESCO – **Tese de Doutorado**, Instituto de Geociências da UFMG, 211p. 2007.

SABBATINI, M. Alfabetização e Cultura Científica: conceitos convergentes? **Revista Digital: Ciência e Comunicação**, v. 1, n. 1, nov. 2004.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **História Ecológica da Terra**. Ed. Edgar Blucher. São Paulo. 2ª Ed. 307p, 1994.

SANTOS, R. V., ALVARENGA, C. J. S., DARDENNE, M. A., SIAL, A. N., FERREIRA, V. P. Carbon and oxygen isotope profiles across Meso-Neoproterozoic limestones from central Brazil: Bambuí and Paranoá groups. **Precambrian Research** 104 (3e4), 107e122. 2000.

- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G. R.; ASMUS, H. E. **Geologia do Brasil**, MME- DNPM, Brasília, 501p, 1984.
- SCHWARTZMAN, S. **Ciência e história da Ciência**. Rio de Janeiro: FINEP. 18p, 1976. (Grupo de Estudos sobre o Desenvolvimento da Ciência. Documento de Trabalho, 2). Disponível em:<http://www.schwartzman.org.br/simon/>. Acesso em julho de 2016.
- SHAMOS, M. H. **The myth of scientific literacy**. New Brunswick: Rutgers University Press, 1995.
- SEBRAE. **A questão ambiental no Distrito Federal**: informações e orientações para as atividades empresariais e para o público em geral. Brasília: SEBRAE/DF, 136 p. 2004.
- SEER H. J. Evolução Tectônica dos Grupos Araxá, Ibiapó e Canastra na serra de Araxá, Araxá, Minas Gerais. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, **Tese de Doutorado**, 267p. 1999.
- SEER, H. J.; BROD, J. A.; FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M.; BOAVENTURA, G. R.; DARDENNE, M. A. Grupo Araxá em sua área tipo: um fragmento de crosta oceânica neoproterozóica na Faixa de Dobramentos Brasília. **Revista Brasileira de Geociências** 31(3):385-396, setembro de 2001.
- SEIFFERT, M. E. B. Desenvolvimento sustentável. In: SEIFFERT, M. E. B. **Gestão ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental**. 2ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- SEILERT, V. F. **O valor econômico das coisas da natureza e o valor jurídico do meio ambiente**. Disponível em: www.cenedcursos.com.br/valor-economico-natureza-valor-juridico-... Acesso em: 20 de fev. 2012. [s. p.].
- SEMIR, V. de. Aproximación a la historia de la divulgación científica. **Quark**, Barcelona, n. 26, oct. / dic. 2002.
- SIAL, A. N., DARDENNE, M. A., MISI, A., PEDREIRA, A., FERREIRA, V. P., SILVA FILHO, M. A., UHLEIN, A., PEDROSA-SOARES, A. C., SANTOS, R. V., EGYDIO-SILVA, M., BABINSKI, M., ALVARENGA, C. J., FAIRCHILD, T. R., PIMENTEL, M. M. The São Francisco paleocontinent. In: GAUCHER, C., SIAL, A. N., HALVERSON, G. P., FRIMMEL, H. E. (Eds.), Neoproterozoic-cambrian Tectonics, Global Change and Evolution. A Focus on South Western Gondwana, **Developments in Precambrian Geology**, vol. 16. Elsevier. 2009.
- SILVA, C. H.; SIMÕES, L. S. A.; DAMÁZIO, W. L.; FERREIRA, S. N.; LUVIZOTTO, G. L. O Grupo Canastra em sua área-tipo, região de Tapira, sudoeste do estado de Minas Gerais. **Revista do Instituto de Geociências - USP Geol. USP**, Sér. cient., São Paulo, v. 12, n. 2, p. 8-9, Agosto 2012. Disponível on-line no endereço www.igc.usp.br/geologiausp. Acessado em 12 Dez de 2012.
- SILVA, C. R. da. **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro, CPRM, 264p. 2008.

- SILVA, H. C. da. O que é divulgação científica? **Ciência & Ensino**, n. 1, v. 1, p. 53-59 2006.
- SILVEIRA, T. S. Divulgação e política científica: Do bar do Mane à Ciência Hoje. (1982-1998). **Dissertação de Mestrado**. 240p. São Paulo, 2000.
- SLU. **Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal 2015**. 90p, 2016.
- SOUZA, C. M. de. Geociências comunicação e cidadania: aspectos da construção de um diálogo numa televisão de natureza pública. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. **Tese de Doutorado**. 224p, 2005.
- STEINKE, V. A.; SANO, E. E.; STEINKE, E. C.; NASCIMENTO, R. O. O Desenvolvimento dos estudos geomorfológicos do Distrito Federal. **Geografia**, 32(1): 107-120p., Rio Claro, 2007.
- STRIEDER, A. J., NILSON, A. A. Melange ofiolítica nos metassedimentos Araxá de Abadiânia (GO) e implicações tectônicas regionais. **Rev. Bras. Geociências**, 22(2):204-215, 1992.
- SUGUIO K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais. Passado + Presente - Futuro**. Paulo's Editora, São Paulo, 236 p. 1999.
- TARGINO, M. das G. Divulgação científica e discurso. **Comunicação & Inovação**, São Caetano do Sul, v. 8, n. 15:(19-28), 2007.
- TOMÁS, J. P. De los libros de secretos a los manuales de la salud: cuatro siglos de popularización de la ciencia. **Quark**, Barcelona, n. 37 / 38, 2005.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH. 1997.
- UHLEIN, A.; FONSECA, M. A.; SEER, H. J; DARDENNE, M. A. Tectônica da faixa de dobramentos Brasília – setores setentrional e meridional. **Geonomos**, 20(2), 1-14, 2012.
- UNESCO. **Vegetação no Distrito Federal – Tempo e Espaço**. 2ª ed. 2002. 80p.
- VALENTE, M.E.; CAZELLI, S.; ALVES, F. Museus, ciência e educação: novos desafios. **História, Ciências e Saúde**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 183-205, 2005. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v12s0/09.pdf>
- VALERIANO, C. M.; DARDENNE, M. A.; FONSECA, M. A.; SIMÕES, L. S. A.; SEER, H. J. A evolução tectônica da Faixa Brasília. In: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B. (Org.). **Geologia do Continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: BECA, p. 575-592, 2004.
- VALÉRIO, M.; BAZZO, W. A. O papel da divulgação científica em nossa sociedade de risco: em prol de uma nova ordem de relações entre ciência, tecnologia e sociedade. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 25, n. 1, p. 31-39, 2006. ISSN 0101-5001.
- VAN DER HAMMEN, T.; H. HOOGHIEMSTRA. Neogene and Quaternary history of vegetation, climate, and plant diversity in Amazonia. **Quaternary Sci. Rev.** 19, p. 725-42, 2000.

VOGT, C.; POLINO, C. (Org.). **Percepção pública da ciência: resultados da pesquisa na Argentina, Brasil, Espanha e Uruguai**. São Paulo: Editora da Unicamp, Fapesp, 2003.

WERNECK, C. **Lazer, trabalho e educação: relações históricas, questões contemporâneas**. Belo Horizonte: UFMG; CELAR-DEF/UFMG, 2000.

WESTBROEK, P. **Earth System Science and Gaia**. 2002.

XAVIER, T. O. Registros neotectônicos no Distrito Federal: implicações para o condicionamento dos recursos hídricos subterrâneos. **Dissertação de Mestrado**, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 106p, 2010.

ZIMAN, J. **A força do conhecimento**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1981.