



Universidade de Brasília - UnB
Instituto de Geociências - IG

**ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS
SUBTERRÂNEOS DO DISTRITO FEDERAL: PARÂMETROS
HIDROGEOQUÍMICOS E AMBIENTAIS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 96.

Daniella Castanheira

Orientador: Prof. Dr. José Eloi Guimarães Campos

Brasília-DF, 2016.



Universidade de Brasília - UnB
Instituto de Geociências - IG

**ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS
SUBTERRÂNEOS DO DISTRITO FEDERAL: PARÂMETROS
HIDROGEOQUÍMICOS E AMBIENTAIS**

Daniella Castanheira

Orientador: Prof. Dr. José Eloi Guimarães Campos

Dissertação de Mestrado nº 96 apresentada à Banca Examinadora do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como exigência parcial para obtenção do título de mestre em Geociências.

Brasília-DF
Março/2016.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
Instituto de Geociências - IG

**ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS
SUBTERRÂNEOS DO DISTRITO FEDERAL: PARÂMETROS
HIDROGEOQUÍMICOS E AMBIENTAIS**

Daniella Castanheira

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Eloi Guimarães Campos

Prof. Dra. Suely Schuartz Pacheco Mestrinho (UFBA - UNESCO)

Prof. Dr. Henrique Llacer Roig (UnB)

Brasília, Março de 2016.

AGRADECIMENTOS

As forças maiores do Universo, por todas as oportunidades e objetivos alcançados. A meu pai Antonio, companheiro de toda vida, incentivador, amigo e confiante, por todas as lições, valores repassados, afeto e apoio em todos os momentos da minha vida e pelo suporte familiar.

Ao meu orientador, Prof. José Eloi Guimarães Campos, primeiramente pela paciência, por ter ampliado as perspectivas da presente dissertação e principalmente por todo o conhecimento repassado, as contribuições e tempo dedicados ao aprimoramento desse tema.

Aos amigos e irmãos dessa vida Maurício Oscar e Wallas Castro, que possibilitaram a constante troca de conhecimento multidisciplinar e experiências em diversas discussões sobre o tema. Danielle Lopes e Sandro Antonio de Lima pelo apoio, companheirismo e revisão desta dissertação.

Em especial as oportunidades que surgiram, no decorrer de minha atuação como Analista de Meio Ambiente do Distrito Federal, de ampliar, aprimorar meus horizontes profissionais e técnicos, através do convívio com grupos de trabalhos e comissões, cujos membros acrescentaram e acrescentam, a cada experiência, novas visões sobre a amplitude dos conhecimentos sobre o Meio Ambiente.

Aos profissionais da CAESB e ADASA, em especial Leiliane, Michelle, Ricardo Moreira, Camila Campos e Welber, pela presteza em disponibilizar os dados e informações necessários ao desenvolvimento deste trabalho.

*A papai, por toda dedicação
e por me ajudar a ser melhor a cada dia.*

"As únicas pessoas que realmente mudaram a história foram os que mudaram o pensamento dos homens a respeito de si mesmos."

(Malcon X)

RESUMO

O Enquadramento dos Corpos de Água Subterrâneos em Classes, segundo os usos preponderantes, é um instrumento de gestão ambiental previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)/Lei Federal nº 9.433/1997, conhecida como Lei das Águas, e regulamentado especificamente pela Resolução CONAMA nº 396/2008.

Devido a generalidade da aplicação em âmbito nacional, a atual proposta dessa política de gestão de recursos hídricos para o Enquadramento de Aquíferos e seu referencial técnico legal não abrangem os embasamentos científicos das diretrizes nem suas peculiaridades, logo, não refletem de modo satisfatório os conhecimentos consolidados e necessários para classificação da qualidade das águas, tornando assim a realização desse Enquadramento um fato ainda tão escasso.

Com o intuito de possibilitar que esse instrumento seja exequível, o presente trabalho apresenta uma metodologia para o Enquadramento dos corpos de águas subterrâneas em classes, a qual conjuga análises técnico-científicas, o tratamento estatístico da série histórica amostral dos resultados de análises de água e a fixação de valores de *background* e *baseline* das concentrações dos elementos químicos presentes nas águas.

Além destes indicadores, a metodologia proposta contempla a escolha dos parâmetros ambientais locais a serem aplicados para Classificação da Qualidade das Águas, revelando que somente com a determinação e utilização dos dois conjuntos de critérios, hidrogeoquímicos e ambientais, o Enquadramento de Corpos Hídricos Subterrâneos se torna possível.

A aplicação da metodologia no Distrito Federal consistiu na elaboração dos dois conjunto de parâmetros que somados proporcionaram uma proposta de Enquadramento de Aquíferos ou Porções de Aquíferos. Para determinar os parâmetros hidrogeoquímicos foram escolhidos vinte elementos químicos e físicos que, agrupados, mensuram a qualidade das águas subterrâneas amostradas. O segundo, parâmetros ambientais, tratou de delimitações das classes de qualidade da água por meio de diretrizes e conceitos ambientais baseados no histórico de usos do território.

O resultado dessa classificação revelou que 65,65% são águas em níveis de qualidades aceitáveis, sendo classificadas nas Classes Especial, 1 e 2. Já, a classificação da qualidade das águas aplicada nos 279 poços amostrados e analisados nos últimos 10 anos, os quais constituem a série histórica do Distrito Federal disponibilizada pela ADASA e CAESB, evidenciou que o principal indicador de fonte poluidora é o Nitrato (NO_3) e seus valores anômalos são decorrentes do histórico de ocupação e expansão demográfica sem saneamento básico adequado e ocorrências de infiltração direta de esgotamento sanitário nos aquíferos, tanto em áreas urbanas (condomínios horizontais do Jardim Botânico, Sobradinho, entre outros) quanto nos núcleos e vilarejos rurais (maior parte da Zona Rural das Bacias do Rio Preto, Rio São Bartolomeu Rio Descoberto).

A presente proposta de Enquadramento de Aquíferos do Distrito Federal será encaminhada para apreciação dos órgãos competentes locais e validação socioinstitucional.

Palavras chave: Enquadramento de corpos hídricos subterrâneos, hidrogeologia.

ABSTRACT

The classification of bodies of water to fitting in classes, according to the main uses is a the classification of waterbodies in classes, according to the main uses is an environmental management instrument within the National Water Resources Policy, Federal Law n° 9.433 / 1997, known as the Water Law, and specifically regulated by CONAMA Resolution n° 396 / 2008. Due to the generality of the water resources management policy application at the national level, the current proposal for the Aquifer classification and its legal technical reference do not cover scientific emplacements guidelines or their peculiarities in local contexts, than does not reflect satisfactorily the consolidated knowledge required for water quality classification, thus making the achievement of this framework so incipient.

In order to make the instrument feasible, this paper presents a methodology for the classification of the aquifer in classes, combining technical and scientific analysis, geostatistical treatment of the water quality historical time series data, the definition of background and baseline concentrations of the chemical elements present in the water, and the selection of hydrogeochemical and environmental parameters to be applied, revealing that the aquifer classification in classes is possible only with the use of both set of data.

In this dissertation twenty physicochemical parameters were chosen and the methodology was applied in the Distrito Federal, federative unit that includes the capital of Brazil. Those parameters allowed the classifications of aquifers in classes, considering the historical uses and vegetation cover, providing a proposal for the classification of bodies of water in Distrito Federal.

The results revealed that 65,65% of aquifers are of excellent waterquality, classified as Special Class, class 1 and class 2. The most important pollution indicator is the nitrate (NO_3) and its anomalous values are derived from historical occupation and demographic growth, without adequate sanitation and as a result of direct infiltration of sewage into aquifers, both in urban areas (condominiums Botanical Garden, Sobradinho, among others) as the rural villages (most of the rural zone of the Bacia do Rio Preto, Rio São Bartolomeu and Rio Descoberto).

The proposed classification to the Aquifers of the Distrito Federal will be forwarded to the competent local authorities to be validated.

Keywords: Aquifers hydrochemical classification, hydrogeology.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal.

ANA - Agência Nacional de Águas.

CAESB - Companhia de Saneamento do Distrito Federal.

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

CODEPLAN - Companhia de Planejamento do Distrito Federal.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

EIA/RIMA - Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

FDH - Fator de Distinção Hidrogeológica.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

LQP - Limites de Quantificação Praticáveis.

MMA - Ministério do Meio Ambiente do Brasil.

MS - Ministério da Saúde

PCA - Análises de Componentes Principais.

PIB - Produto Interno Bruto.

PNMA - Política Nacional de Meio Ambiente.

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos.

SEGETH -DF - Secretaria de Gestão de Território e Habitação do Distrito Federal

SISNAMA - Sistema Nacional de Meio Ambiente.

SINGREH - Sistema Nacional de Recursos Hídricos.

STD - Sólidos Totais Dissolvidos.

VMP - Valores Máximos Permitidos.

ZEE-DF - Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVAS	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	4
1.4 LOCALIZAÇÃO	6
CAPÍTULO 2.....	7
REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.1 ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS	7
2.2 INDICADORES HIDROGEOQUÍMICOS	9
2.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - DISTRITO FEDERAL	14
2.3.1 <i>Geologia</i>	14
2.3.2 <i>Pedologia</i>	19
2.3.3 <i>Hidrogeologia</i>	23
2.3.4 <i>Uso e Ocupação do Solo</i>	26
2.3.5 <i>Potencial de Recarga e Principais Fontes Poluentes</i>	29
CAPÍTULO 3.....	32
PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA SUBTERRÂNEOS DO DISTRITO FEDERAL.....	32
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	32
3.2 DIAGNÓSTICO	34
3.2.1 <i>Levantamento Bibliográfico</i>	34
3.2.2 <i>Identificação dos Parâmetros Químicos e Físicos Relevantes ao Uso e Definição do Fator de Distinção Hidrogeológica (FDH)</i>	36
3.2.3 <i>Definição dos Limites dos Grupos de Indicadores Escolhido em Cada Classe de Qualidade Conforme Usos Preponderantes</i>	41
3.2.3.1 <i>Classe Especial</i>	44
3.2.3.2 <i>Classe 1</i>	44
3.2.3.3 <i>Classe 2</i>	46
3.2.3.4 <i>Classe 3</i>	47
3.2.3.5 <i>Classe 4</i>	49
3.2.3.6 <i>Classe 5</i>	52
3.3 AVALIAÇÃO TÉCNICA.....	54
3.3.1 <i>Série Histórica das Análises de Águas</i>	54
3.3.2 <i>Tratamento Estatístico dos Resultados das Análises de Água e Classificação da Qualidade das Águas dos Poços da Série Histórica ADASA e CAESB</i>	57
3.3.3 <i>Definição de Background e Baseline</i>	60
3.3.4 <i>Elaboração dos Mapas que compõem o Enquadramento dos Aquíferos ou Porção de Aquíferos e produtos derivados</i>	66
3.3.5 <i>Apresentação dos Produtos Elaborados para o Enquadramento de Aquíferos ou Porções de Aquíferos do Distrito Federal</i>	75
3.3.5.1 <i>Proposta locacional de poços de monitoramento para o próximo período de execução do Enquadramento de Aquíferos ou Porções dos Aquíferos do DF</i>	79
3.3.5.2 <i>Proposta das ações cabíveis perante as metas de qualidades de águas propostas e periodicidade das ações gerenciais do Enquadramento de Aquíferos ou Porções dos Aquíferos no DF</i>	81
3.4 VALIDAÇÃO SOCIOINSTITUCIONAL.....	85

3.4.1 <i>Apreciação e Contribuições Sócio-Institucionais</i>	85
3.4.2 <i>Produtos e Ações de Gerenciamento</i>	86
CAPÍTULO 4	87
CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	87
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
6. ANEXO (ARQUIVOS EM FORMATO DIGITAL/MÍDIA CD)	92

ÍNDICE DE FIGURAS E MAPAS

Figura 1.1 - Evolução no período 2003-2011 da vazão média captada pela CAESB para fins de abastecimento e da vazão máxima instantânea, estimada a partir do coeficiente do dia de maior consumo $k_1=1,2$ (Plano Plurianual /CAESB, 2011).....	2
Figura 1.2 - Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água - Informações sobre o Distrito Federal. Acesso em dezembro 2015, link: http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=11&mapa=plan	3
Figura 1.3 - Fluxograma esquemático das etapas a serem seguidas para o Enquadramento definidas pela Resolução CNRH nº 12/2000. Fonte: Cadernos de Recursos Hídricos Volume 5, ANA/2009	5
Figura 1.4 - Localização e articulação do Distrito Federal com relação aos estados e municípios limítrofes. Principais vias de acesso rodoviário.	6
Figura 2.1 - Apresentação dos dados de amostragem de água dos Subsistemas Aquíferos do Distrito Federal com contribuição carbonática no Diagrama de CHADHA (Boaventura & Freitas, 2006).	12
Figura 2.2 - Plotagem dos dados de amostragem de água dos distintos subsistemas de aquíferos do Distrito Federal e interpretação por Análise de Componentes Principais - PCA (Boaventura & Freitas, 2006).....	13
Figura 2.3 - Diagrama de Piper para amostras de águas do Distrito Federal (Mizuno, 2012).	13
Figura 2.4 - Mapa litológico do Distrito Federal, mostrando a distribuição dos principais tipos petrográficos. Campos & Freitas-Silva (1998).....	14
Figura 2.5 - Mapa pedológico do Distrito Federal. Fonte: EMBRAPA 1978.....	20
Figura 2.6 - Mapa dos aquíferos do Domínio Poroso do Distrito Federal (Gonçalves, 2010. Com atualizações).	24
Figura 2.7 - Mapa dos aquíferos do Domínio Fraturado e Físsuro-Cárstico do Distrito Federal (Campos, 2010).....	25
Figura 2.8 - Representação das classes de uso do solo e cobertura vegetal do Distrito Federal (Fonte: ZEE - DF, 2010).	27
Figura 2.9 - Zoneamento do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do DF. Fonte: SEGETH/GDF. ..	28

Figura 2.10 - Mapa de Potencial de Recarga do Distrito Federal. Disponibilizado no Portal Eletrônico da ADASA. Fonte ZEE-DF (2010).....	30
Figura 3.1 - Fluxograma da metodologia para a operacionalização do Enquadramento de Corpos Hídricos Subterrâneos.	33
Figura 3.2 - Esquema Simplificado de Classificação das Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA nº 396/2008. 'X' representa a concentração de um ou vários (Xn) parâmetros analisados na água, atendendo a condição X> Limite Quantificação Praticado (LQP). Fonte: Mestrinho (2012).	42
Figura 3.3 - Gráficos de distribuição das concentrações dos parâmetros químicos e físicos escolhidos para Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos, resultados dos valores da Média da Série Histórica de análises de água dos poços da ADASA-CAESB (2006-2015).	62
Mapa 3.1 – Distribuição dos poços que compõe a série histórica de análises de água do Distrito Federal e respectivas classes conformes valores da Média das concentrações dos parâmetros químicos e físicos analisados.	55
Mapa 3.2 - Mapa Diagnóstico da Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos do Distrito Federal.....	76
Mapa 3.4 - Mapa de Enquadramento dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos do Distrito Federal (Metas).	78
Mapa 3.5 - Mapa de distribuição dos poços ADASA Outorgados em 2010.....	80

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Tabela formalização do Grupo Paranoá, com indicação das formações presentes no Distrito Federal . Fonte: Campos et al. (2013).	15
Tabela 2.2 - Classificação e características dos corpos hídricos subterrâneos do Distrito Federal, compilação reorganizada de Campos & Freitas-Silva (1999).	23
Tabela 3.1 - Justificativa de escolhas dos parâmetros físico-químicos para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneo do Distrito Federal.....	38
Tabela 3.2 - Tabela com agrupamento dos indicadores hidrogeoquímicos e seus respectivos valores de concentração limitantes das Classes de Qualidades de Água para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneo do Distrito Federal.....	43
Tabela 3.3 - Limites dos parâmetros químicos e físicos para a Classe Especial e Classe 1 para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal.	45
Tabela 3.4 - Limites dos parâmetros químicos e físicos para a Classe 2 para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal.	47

Tabela 3.5 - Limites dos parâmetros químicos e físicos para a Classe 3 para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal.	48
Tabela 3.6 - Limites dos parâmetros químicos e físicos para a Classe 4 para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal.	51
Tabela 3.7 - Limites dos parâmetros químicos e físicos para a Classe 5 para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal.	53
Tabela 3.8 - Tabela dos parâmetros químicos e físicos analisados em amostras de água nos poços da CAESB e ADASA do Distrito Federal.	56
Tabela 3.9 - Valores de <i>background</i> e <i>baseline</i> e sua importância no contexto de determinação de metas a serem atingidas no Enquadramento dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos no Distrito Federal.....	65
Tabela 3.10 - Locais delimitados como de Classe 5 no Enquadramento de Aquíferos do Distrito Federal, 2016.....	68
Tabela 3.11 - Tabela de alguns locais delimitados com os parâmetros hidrogeoquímicos da Classe 1, 2, 3 e 4 para o elaboração do Enquadramento de Aquíferos ou Porções de Aquíferos do Distrito Federal, 2016.....	72
Tabela 3.12 - Diretrizes/Conceitos balizadores dos Parâmetros Ambientais e suas respectivas Classes de Qualidade de Águas Subterrâneas para o Enquadramento dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos. (Proposta Metodológica).....	73
Tabela 3.13 - Tabela dos locais delimitados baseados nas Diretrizes/Conceitos Ambientais da Classe 1,2,3 e 4 no Enquadramento de Aquíferos do Distrito Federal, 2016.	74
Tabela 3.14 - Tabela das áreas relativas a cada classe no Enquadramento de Aquíferos do Distrito Federal para o ano de 2016.....	81
Tabela 3.15 - Metas para melhora na qualidade da água, elaboração do Mapa de Aquíferos ou Porções dos Aquíferos Passíveis de Mudança da Classe de Qualidade das Águas do Distrito Federal, 2016.	82
Tabela 3.16 - Proposta do Monitoramento do Enquadramento de Aquíferos do Distrito Federal em consonância com as determinações da Resolução CNRH nº 107/2010.....	84

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O Enquadramento dos Corpos de Água em Classes, segundo os usos preponderantes é um instrumento de gestão ambiental previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), referida no Brasil como "Lei das Águas", Lei Federal nº 9433/1997, e é regulamentado pelas Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA): Nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu Enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências; Nº 397/2008, que altera o art. 34 da Resolução CONAMA 357/2005; Nº 396/2008, que estabelece o Enquadramento das águas subterrâneas, e; Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 91/2008, que estabelece os procedimentos gerais para o Enquadramento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos, entre outras.

As últimas mobilizações socioinstitucionais, nas diversas regiões do Brasil, para a efetivação desse instrumento encontram-se na fase de elaboração e implementação, prioritariamente, do Enquadramento dos Corpos de Águas Superficiais, de modo que nos últimos anos, as discussões e estudos para o Enquadramento dos Corpos de Águas Subterrâneos não foram abordadas de maneira a gerar propostas efetivas, restando assim sanar essa lacuna na Gestão Integrada dos Recursos Hídricos.

Atualmente, os parâmetros hidrogeoquímicos para Enquadramento dos corpos hídricos subterrâneos regulamentados pelas resoluções, bem como os procedimentos gerais para efetivação e implantação desse instrumento de gestão, são elencados de forma geral e necessitam de reavaliações e adequações a cada local de aplicação.

Tais ajustes viabilizam-se através de uma abordagem científica, que estabelecerá a melhor metodologia e escolha de parâmetros de análises condizentes com a hidrogeologia abordada. Abrangendo e disponibilizando o conhecimento acadêmico na aplicação das políticas públicas ambientais.

Diante disso, a presente dissertação traz uma metodologia de Enquadramento dos Corpos de Águas Subterrâneos aplicada para o Distrito Federal, retratando as discussões técnicas científicas pertinentes, estabelece subsídios/parâmetros hidrogeoquímicos e ambientais e apresenta uma proposta de Enquadramento de Corpos de Água Subterrâneos regional, a qual abordará os aquíferos dos Domínios: Fraturado e Físsuro-Cárstico.

Esse trabalho foi possível através da análise integrada do histórico de dados de análise de amostras de água de 279 poços, fornecidos pela Companhia de Saneamento do Distrito Federal -

CAESB e Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal - ADASA, somados a um estudo de cenário dos usos preponderantes regionais.

1.1 Apresentação e Justificativas

A presente dissertação produziu uma proposta de Enquadramento de Corpos de Água Subterrâneos para o Distrito Federal. Esta ação foi justificada pela necessidade de subsidiar científica e tecnicamente a adoção de uma metodologia que permita avaliações das análises de água da série histórica de dados dos 279 poços da CAESB e ADASA, amostrados nos últimos dez anos (2006 à 2015).

Além da abordagem da série histórica dos resultados das análises química da água, as proposta a serem elaboradas a partir dessa metodologia deverão incluir parâmetros ambientais e discutir sobre os cenários de uso e gestão do território, aspectos necessários e complementares para realização do Enquadramento.

Endossam a justificativa da abordagem técnica científica da elaboração do instrumento do Enquadramento, os aspectos de gestão social do uso dos recursos hídricos frente à disponibilidade hídrica no Distrito Federal. Segundo dados apresentados no EIA/RIMA do Sistema de Captação de Água para Abastecimento Humano no Lago Paranoá, CAESB (2013). Ao aplicar o coeficiente do dia de maior consumo, que leva em consideração as variações sazonais ao longo dos anos, sobre a vazão média captada (Figura 1.1), identifica-se que em épocas de secas as vazões máximas instantâneas podem superar 9.000 l/s. Este dado mostra que, futuramente, haverá situações de escassez d'água que, conforme o EIA/RIMA, afetarão principalmente as Regiões Administrativas do Paranoá, Itapuã, São Sebastião, Lago Sul, Park Way, Planaltina, Sobradinho e Brazlândia.

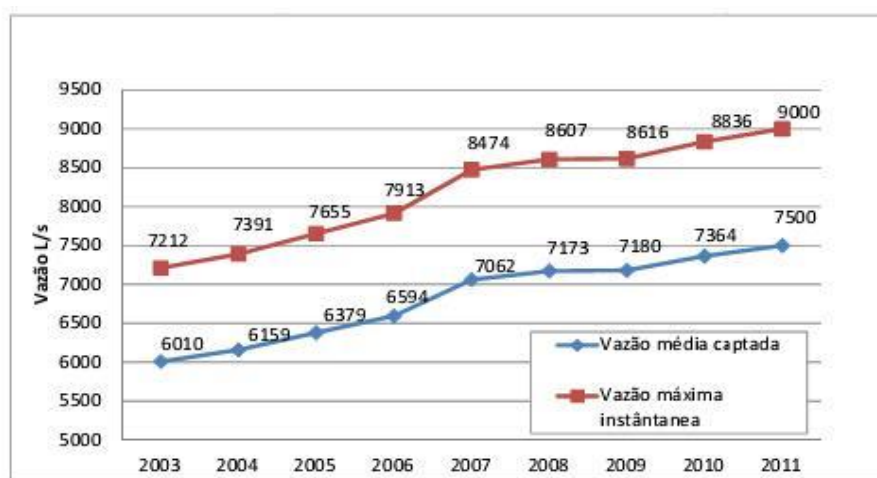


Figura 1.1 - Evolução no período 2003-2011 da vazão média captada pela CAESB para fins de abastecimento e da vazão máxima instantânea, estimada a partir do coeficiente do dia de maior consumo $k_1=1,2$ (Plano Plurianual /CAESB, 2011).

Somadas a estas questões, as avaliações recentemente atualizadas e disponibilizadas no portal eletrônico da Agência Nacional de Águas - ANA/ Link Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água (Figura 1.2) indicam que as vazões outorgadas de alguns mananciais superficiais que abastecem o Distrito Federal já superam as suas reais disponibilidades hídricas, apontando para a necessidade de novos mananciais.



BRASÍLIA - DF					
Dados do Município					
Pop Urbana (2007):	2.349.253 habitantes	Demanda Urbana (Cenário 2015):	9.705 L/s		
Prestador de Serviços:	CAESB	Situação do Abastecimento (2015):	Requer novo manancial		
Sub-bacia Hidrográfica:	LAGO PARANOÁ	Investimento Total em Água (2025):	762 milhões		
ver Croqui Sistemas Existentes:		ver Croquis Sistemas Propostos:			
Avaliação Oferta/Demanda de Água					
Soluções Propostas para Oferta de Água					
Mananciais	Sistema	R\$ mil (jul 2010)	Natureza das Obras	Observações	Outros Municípios atendidos
Lago Paranoá	Sistema Lago Paranoá	406.587	Implantação de novo sistema com captação em manancial superficial	1: Obra proposta pela CAESB para ETA para 2800 l/s convencional 2: Obra do PAC	---
Lago da Barragem Corumbá IV	Sistema Corumbá IV	339.121	Ampliação/ adequação do sistema existente	1: Obra do PAC para atender demanda futura do DF e entorno Sul. A ETA foi cadastrada com vazão de 1200l/s pq é a cap máxima que o sistema permite. A cap de projeto é 5600l/s. A AAB foi cadastrada com 1250 mm pois o sistema não permite cadastrar aço de 1200mm 2: Obra do PAC para atender DF e entorno sul (Cidade Ocidental, Novo Gama, Valparaíso e Luziânia)	Luziânia, Valparaíso de Goiás, Novo Gama, Cidade Ocidental
Córrego Bananal	Sistema Bananal	16.147	Conexão a sistema integrado existente	1: Reforçar sistema Santa Maria e Torto 2: ---	---

Figura 1.2 - Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água - Informações sobre o Distrito Federal. Acesso em dezembro 2015, link: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=11&mapa=plan>.

Agravante da situação de redução da disponibilidade hídrica, a alta intensidade das demandas do uso de solos para expansão urbana e a explosão populacional promovem, o assoreamento dos reservatórios superficiais e a piora gradativa da qualidade da água, resultados direto do aumento dos processos erosivos, enchentes e diminuição da recarga natural dos lençóis freáticos. Tais prerrogativas impulsionam a necessária construção de cenários futuros para orientar o planejamento estratégico da gestão dos recursos hídricos, e são abordados no presente trabalho.

1.2 Objetivos

O principal objetivo do trabalho é consolidar uma metodologia viável para a escolha dos parâmetros/subsídios hidrogeológicos, físicos e químicos, adequados para serem avaliados e

monitorados, revelando os procedimentos e discussões de obtenção dos mesmos, para a realização de um componente primordial dos instrumentos de gestão integrada dos recursos hídricos: o Enquadramento de Corpos de Águas Subterrâneas, aplicando-a no Distrito Federal.

Conseqüentemente, os produtos servirão de arcabouço técnico para elaboração de regulamentação oficial a ser submetido à validação pelos atores gestores dos Recursos Hídricos Distritais e Nacionais.

Os resultados pretendem ser o estopim que estimule os trabalhos das Unidades de Gestão de Recursos Hídricos atuantes no Distrito Federal (Agências, Comitês de Bacias, etc.) juntamente com os entes federativos, para aperfeiçoamento da temática das águas subterrâneas e avanços cabíveis da metodologia e da parametrização apresentadas e, conseqüentemente, iniciar o processo de regulamentação do instrumento Enquadramento de Corpos de Águas Subterrâneas no âmbito do Distrito Federal, conforme prerrogativas da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

1.3 Materiais e Métodos

Os materiais e métodos que viabilizaram a elaboração da proposta metodológica do Enquadramento dos Corpos de Água Subterrâneos, ou dos aquíferos ou porções de aquíferos, com aplicação no Distrito Federal foram:

- ✓ Pesquisas bibliográficas e referenciais teóricos;
- ✓ Organização e padronização dos dados de análises de água subterrânea de 279 poços monitorados pela CAESB e ADASA (tabelas do *software* Excel), sendo os poços escolhidos pela constante amostragem e consistência dos dados analíticos. Sendo os da CAESB utilizados para abastecimento de áreas não contempladas pela rede pública e portanto monitorados trimestralmente (sem regularidade fixa) para garantir a qualidade da água fornecida, e os da ADASA para fins de monitoramento semestral da qualidade de água dos aquíferos regionais;
- ✓ Determinação do conjunto de parâmetros necessários para caracterização de cada classe e respectivos intervalos de valores, limites legais de diferentes fontes reguladoras;
- ✓ Determinação dos Usos Preponderantes, avaliação e agrupamento dos dados oficiais georreferenciados de uso e ocupação do território, interpretação dos dados oficiais sobre ocupação e uso do solo;
- ✓ Determinação dos valores de *background* e *baseline*, através de tratamento estatístico e geoestatístico dos dados de análise de água da série histórica disponível. Funções em tabela do *software* Excel;
- ✓ Enquadramentos dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos, tabela matriz que correlaciona os parâmetros e limites hidrogeoquímicos com usos preponderantes, caracterização das classes, diretrizes. Tabelas de dados e Fluxograma;
- ✓ Espacialização das Classes de Enquadramento, aplicação da cartografia hidrogeológica

e geoprocessamento. Uso de *software* específicos de geoespacialização, *ArcGis* e *Google Earth*, e das ortofotos disponibilizadas pela Companhia de Planejamento do Distrito Federal –CODEPLAN;

- ✓ Determinação das ações de gerenciamento cabíveis;
- ✓ Determinação da periodicidade para a revisão do Enquadramento.

As fases anteriormente elencadas são detalhadas no Capítulo 3, de forma que cada ação do Enquadramento dos aquíferos seja entendida como uma fase necessária, de forma sequencial em um fluxograma cíclico, para dar início a elaboração da proposta do Enquadramento de Aquíferos ou Porções de Aquíferos.

Tal dinâmica a contribuição metodológica que o presente trabalho pretende somar a execução do Enquadramento de Corpos Hídricos Subterrâneos Nacional, já que o fluxograma sugerido nos Cadernos de Recursos Hídricos da ANA (Figura 1.3) atende, prioritariamente, ao Enquadramento dos Corpos Hídricos Superficiais.

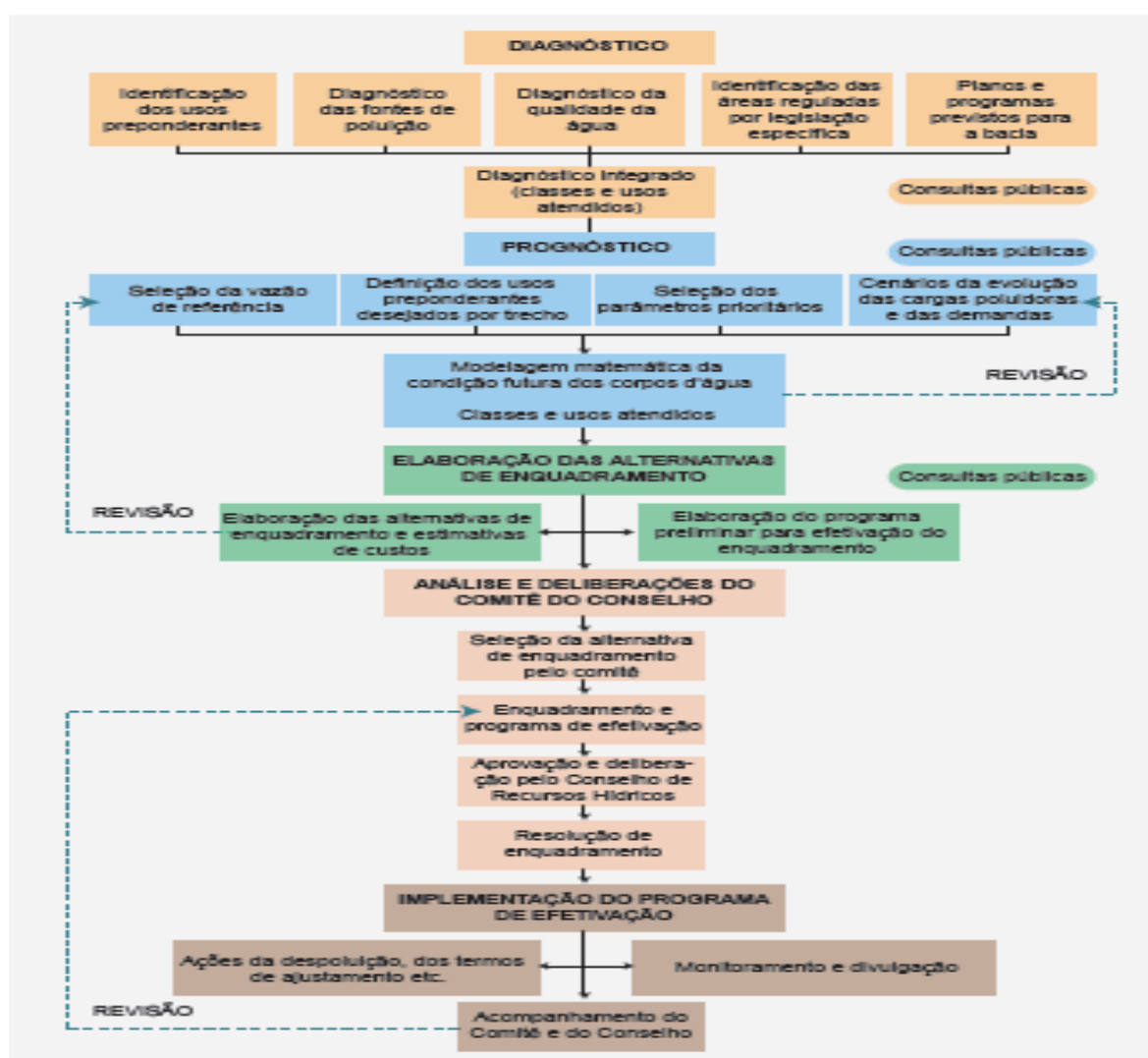


Figura 1.3 - Fluxograma esquemático das etapas a serem seguidas para o Enquadramento definidas pela Resolução CNRH nº 12/2000. Fonte: Cadernos de Recursos Hídricos Volume 5, ANA/2009

1.4 Localização

O Distrito Federal localiza-se na região Centro-Oeste do Brasil e, conforme disponível no sítio eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, ocupa uma área de 5.779,999 km², com população estimada no ano de 2015 de 2.914.830 habitantes (Figura 1.4). Os limites norte e sul, respectivamente, são os paralelos 15°30” e 16°03”S; leste e oeste os meridianos 47°18” e 48°17”W, a leste e oeste os limítrofes naturais são representados, respectivamente, pelos Rios Preto e Descoberto.

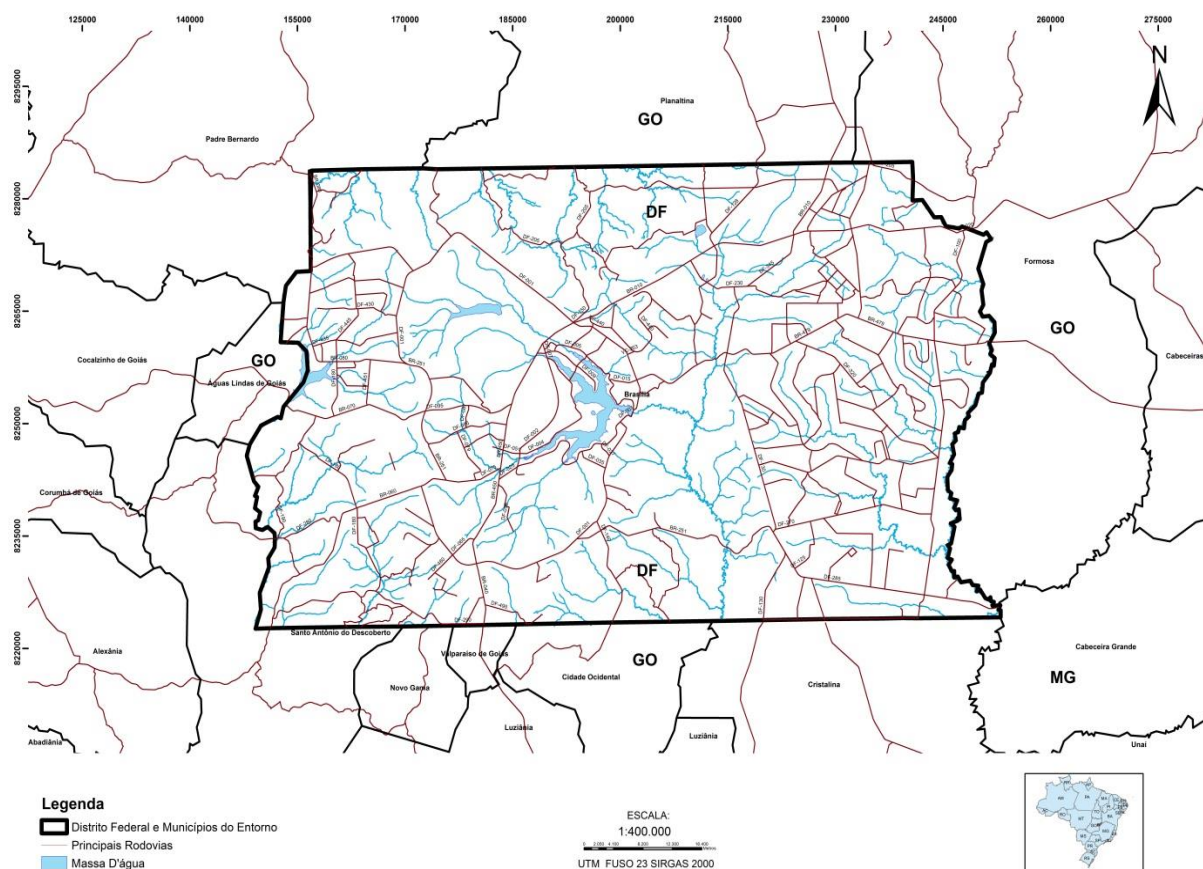


Figura 1.4 - Localização e articulação do Distrito Federal com relação aos estados e municípios limítrofes. Principais vias de acesso rodoviário.

A região inclui Brasília, a capital do Brasil, seus principais acessos rodoviários são a BR-020 e BR-080 ao Norte, e BR-040 e BR-060 ao Sul. A divisão política administrativa se dá pelas Administrações Regionais, as quais geralmente são reagrupadas e/ou criadas pelos governos conforme abordagem de gestão política. Concentram, em sua influência, acumulados demográficos no entorno dos principais centros urbanos da região, a exemplo de Taguatinga, Sobradinho, Ceilândia, Planaltina e Brazlândia.

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos

O Enquadramento dos Corpos de Água Subterrâneos em Classes, segundo os usos preponderantes, é um dos seis instrumentos previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), sua regulamentação é feita através das Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e localmente por determinações dos Conselhos de Bacias Hídricas Regionais, juntamente com as Agências de Água, quando instaurado tal autarquia.

Conceituado nas legislações citadas, o Enquadramento dos corpos d'água visa:

Assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e a diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. (Art. 9º, Lei Federal nº 9.433/1997).

No que diz respeito à competência e aprovação da implantação:

Atribui competência às Agências de Água, no âmbito de sua área de atuação, de propor ao respectivo ou respectivos comitês de bacia hidrográfica o Enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para encaminhamento ao respectivo Conselho Nacional ou Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com o domínio destes. (Art. 44, inciso XI, alínea 'a', Lei Federal nº 9.433/1997).

Ainda que a competência e as diretrizes do Enquadramento sejam legalmente estabelecidas, cabe elucidar que às Agências de Água cabem propor e realizar a validação socioinstitucional, no entanto, a elaboração poderá ser realizada pelos demais atores que configuram a gestão integrada dos recursos hídricos, tal como o meio acadêmico.

Ainda no âmbito dos conceitos legais, a Lei das Águas em seu artigo 10º também determina que: “as classes de corpos de água serão estabelecidas pela legislação ambiental”, desencadeando as regulamentações específicas por meio das resoluções do CONAMA e CNRH.

A época da publicação da Lei nº 9433/1997, conforme afirma ANA (2009) na série Cadernos de Recursos Hídricos Volume 6, o Enquadramento pertencia exclusivamente ao Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA. Atualmente ele pertence tanto ao SISNAMA, quanto ao Sistema Nacional de Recursos Hídricos - SINGREH, demandando assim uma articulação entre ambos os sistemas para a implantação do instrumento.

Em 2000, o CNRH publicou a Resolução nº 12, que define as competências para elaboração e aprovação da proposta de Enquadramento e as etapas a serem observadas no processo, sendo elas: i) diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica; ii) prognóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica; iii) elaboração da proposta de Enquadramento, e; iv) aprovação da proposta de

Enquadramento e respectivos atos jurídicos. As etapas são amplamente conhecidas pelos profissionais e interessados na temática.

Após a delimitação dessas etapas pelo CNRH, o CONAMA publicou resoluções que consolidam conceitos técnicos importantes. A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece não só os conceitos de tratamento simplificado e vazão de referência de corpos superficiais, mas também os parâmetros de qualidade de água e seus valores máximos em cada classe, para aqueles corpos hídricos.

Ainda nesse âmbito, a Resolução CONAMA nº 357/2005 foi complementada pelas diretrizes da Resolução CNRH nº 91/2008, que dispõe sobre procedimentos gerais para o Enquadramento dos Corpos de Água Superficiais e Subterrâneos, reforçando as especificidades de algumas das etapas antes esquematizadas e detalhadas pela Resolução CNRH nº 12/2000.

Até aquele momento, a aplicabilidade da legislação publicada focava no Enquadramento de Corpos de Água Superficiais. Com a publicação da Resolução CONAMA nº 396/2008, a qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o Enquadramento das Águas Subterrâneas foi estabelecido para os corpos de água subterrâneos a seguinte sequência de procedimentos analíticos: i) a caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica; ii) a caracterização da vulnerabilidade e dos riscos de poluição; iii) o cadastramento de poços existentes e em operação; iv) o uso e a ocupação do solo e seu histórico; v) a viabilidade técnica e econômica do Enquadramento; vi) a localização das fontes potenciais de poluição, e; vii) a qualidade natural e a condição de qualidade das águas subterrâneas.

A Resolução CONAMA nº 396/2008 traz os aquíferos como unidade básica de análise do Enquadramento dos Corpos de Água Subterrâneos e considera que:

Os aquíferos se apresentam em diferentes contextos hidrogeológicos e podem ultrapassar os limites de bacias hidrográficas, e que as águas subterrâneas possuem características físicas, químicas e biológicas intrínsecas, com variações hidrogeoquímicas, sendo necessário que as suas classes de qualidade sejam pautadas nessas especificidades. (Considerações da Resolução CONAMA nº 369/2008).

Ainda que determinada a diversidade das características hidrogeológica e preconizadas as dificuldades de aplicação, devido as implicações para estabelecer os limites do aquífero ou conjunto de aquíferos, essa resolução não esgotou as discussões e dúvidas em relações aos procedimentos para implantação desse instrumento, visto a escassez de Enquadramentos dos Corpos Hídricos Subterrâneos realizados.

Nesse aspecto, o maior entrave consiste na compatibilização da viabilidade da execução das análises com a motivação para escolha dos parâmetros hidrogeoquímicos que de fato são significativos dentro do universo do anexo à Resolução CONAMA nº 396/2008, a qual apresenta: lista de parâmetros em seu Anexo I com maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas, seus respectivos limites aceitáveis de Valores Máximos Permitidos (VMP) para

cada um dos usos preponderantes e os Limites de Quantificação Praticáveis (LQP). E a abrangência pontual dessa classificação em território.

Tal limitação se verifica principalmente no que concerne atender aos usos concomitantes do recurso hídrico, dado que a mesma norma preconiza:

Os parâmetros a serem selecionados para subsidiar a proposta de Enquadramento das águas subterrâneas em classes deverão ser escolhidos em função dos usos preponderantes, das características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas das fontes de poluição e outros critérios técnicos definidos pelo órgão competente. (Art. 12º da Resolução CONAMA nº 396/2008).

Dentre os parâmetros selecionados, deverão ser considerados, no mínimo, Sólidos Totais Dissolvidos, nitrato e coliforme termotolerantes. (Parágrafo único do Art. 12º da Resolução CONAMA nº 396/2008).

Contudo, representou avanço na discussão da gestão dos recursos hídricos subterrâneos, uma vez que o aumento crescente da demanda pelo uso sustentável desse bem vital vem ocupando papel central nas temáticas de preservação e conservação ambientais.

Em consonância com essas prerrogativas legais voltadas a gestão sustentável dos aquíferos, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos publicou a Resolução CNRH nº 107/2010, que estabeleceu as diretrizes e critérios a serem adotados para o planejamento, a implantação e a operação de Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas.

Em seu Art. 3º essa Resolução elenca as considerações a serem observadas na escolha dos pontos de monitoramento e no Art. 4º indica as regras que deverão ser especificadas para a fase de monitoramento.

Dessa forma, a partir desse contexto legal e com adaptações da legislação publicada, a presente dissertação elabora uma proposta para Enquadramento dos Corpos de Águas Subterrâneas para Distrito Federal, embasada na análise científica para determinação dos aspectos hidrogeoquímicos adequados à região aliados a parâmetros ambientais vinculados ao usos histórico do território a fim de garantir sua adequação ao local onde se aplica.

2.2 Indicadores Hidrogeoquímicos

A escolha/inclusão ou descarte dos parâmetros que compõem os principais indicadores hidrogeoquímicos, os quais representam a qualidade da água para distinguir as classes do Enquadramento Subterrâneo do Distrito Federal foram submetidos aos seguintes critérios:

- ✓ Os parâmetros químicos e físicos fazem parte da série histórica de análises e rotina laboratorial desenvolvida pelos agentes institucionais atuantes, CAESB e ADASA, em seus monitoramentos;

- ✓ Os parâmetros químicos e físicos possuem variações de concentrações temporais e/ou hidrogeológicas que possibilitam a distinção de destinações nos usos preponderantes;
- ✓ As análises dos parâmetros químicos e físicos devem ser apuradas com graus de precisão adequados, permitindo distinção de destinações nos usos preponderantes;
- ✓ Os parâmetros químicos e físicos preferencialmente devem ter limites e valores de concentração referência estipulados e consolidados legalmente, ou produto de metodologia de *background* e *baseline*, para que a efetivação do instrumento de gestão hídrica tenha amparo judicial;
- ✓ O(s) parâmetro(s) que refletirem a mineralização natural derivada do aquífero, ou como descrita no Anexo II da CONAMA n: 396/2008: “Parâmetros selecionados passíveis de ser de origem natural”, que se destacando por possuir características químicas, físicas e geológicas notórias na diferenciação entre os aquíferos ou conjunto de aquíferos, deverá compor o que é estabelecido na presente proposta como Fator de Distinção Hidrogeológica (FDH);
- ✓ E principalmente, os parâmetros químicos e físicos escolhidos devem ter correlação com suas fontes originais conhecidas e determinadas, com objetivo de detectar e prevenir focos contaminantes e orientar ações de gerenciamento.

A partir desses critérios, foram identificados 20 (vinte) parâmetros físicos e químicos que se mostram adequados para embasar a finalidade do instrumento de gestão para Enquadramento dos Corpos de Água Subterrâneo no Distrito Federal, sendo 17 (dezessete) dentre os 92 (noventa e dois) listados no Anexo I da CONAMA nº 396/2008 e 03 (três) acrescentados por possuírem boa correlação com os usos presentes, são eles:

1. Carbonáticos ou Não Carbonáticos (relacionada ao subsistema de aquífero)/Fator de Distinção Hidrogeológica (FDH)
2. Sólidos Totais Dissolvidos (STD) / Parâmetro Mínimo Obrigatório e Fator de Distinção Hidrogeológica (FDH);
3. Nitrato (NO₃) expresso em Nitrogênio (N)/ Parâmetro Mínimo Obrigatório;
4. Coliformes Termotolerantes (CTT)/ Parâmetro Mínimo Obrigatório;
5. Coliformes Totais (C_Tot);
6. Sódio (Na);
7. Cloreto (Cl);
8. Manganês (Mn);
9. Ferro Dissolvido (Fe);
10. Fluoreto (F);
11. Potássio (K);
12. Benzeno;
13. Tolueno;

14. Estireno;
15. Xilenos;
16. Íon Fosfato (PO_4^{-2});
17. Chumbo (Pb);
18. Cromo (VI e III);
19. Cobre (Cu);
20. Clostrídios.

Na elaboração da metodologia para execução e implantação do Enquadramento de Aquíferos constatou-se a vital importância de considerar os aspectos estudados e enraizados pelos pesquisadores e acadêmicos para embasar as ações de gestão governamentais, principalmente os aspectos que abordam a influência da mineralização natural do meio físico nas características químicas das águas.

A partir dessa concepção, agrega-se na dinâmica do Enquadramento de Aquíferos ou Porções de Aquíferos um ou mais parâmetros, que possuem contribuições de origem natural e variações significativas para diferenciação dos usos preponderantes, que são fatores de distinção entre os aquíferos ou porções de aquíferos enquadrados, e então denominados Fator de Distinção Hidrogeológica (FDH).

O Fator de Distinção Hidrogeológica possivelmente será definido baseado no referencial teórico e permeará a disposição dos demais parâmetros dentro das Classes de Qualidade de Água determinadas para o Enquadramento dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos.

Para presente proposta de Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal, que abrange os Domínios Fraturados e Físsuro-Cárstico, dois indicadores hidrogeoquímicos se revelaram adequados para compor o Fator de Distinção Hidrogeológica, que são: Aquíferos carbonáticos ou não carbonáticos (relacionados aos Subsistemas de Aquíferos) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD), ambos com alta correlação direta das suas concentrações.

Essa determinação do FDH teve grande influência da contribuição de Boaventura & Freitas (2006), que analisaram os elementos químicos das diferentes águas que caracterizam os sistemas aquíferos regionais, evidenciando justamente a importância na escolha dos parâmetros geoquímicos que realmente podem ser usados como indicador da qualidade das águas nesses sistemas. Alguns dos resultados obtidos no trabalho desses autores foram:

- ✓ Os parâmetros para classificação das amostras provenientes dos Sistemas Bambuí, Paranoá/Subsistema PCC e Canastra/Subsistema F/Q/M podem e devem ser plotados no Diagrama de CHADHA, pois revelam uma boa correlação para águas de pH entre 5.5 e 8.5. Deflagrando e delimitando quais subsistemas possuem significativas contribuições carbonáticas, a interpretação e plotagem dos dados no Diagrama de CHADHA realizadas

pelos autores estão expostas na Figura 2.1;

- ✓ Os demais sistemas não deverão ser classificados pelo Diagrama de CHADHA, mesmo que algumas amostras ainda apresentassem pH dentro desse intervalo, não há uma resposta adequada para águas bicarbonatadas;
- ✓ Os elementos dos demais sistemas foram analisados através dos procedimentos das Análises de Componentes Principais - PCA (Fe, Al, Cu, Mn e Zn), que se mostra mais adequado para inferir a interação entre as feições geológicas locais e o impacto das atividades antrópicas nas áreas de recarga dos aquíferos;
- ✓ Elementos como Cd e Cr não foram considerados, pois apresentaram baixas concentrações;
- ✓ A análise através do PCA permitiu os autores detectarem 3 (três) classes, que de maneira resumida são: 1) amostras que não apresentam influências por metais, $\text{pH} < 5$ e condutividade $< 13 \mu\text{S}/\text{cm}$; 2) amostras que apresentam influências fortes de Zn e Mn, com baixa influência de Fe, pH entre 4.5 e 5.5, e condutividade $> 13 \mu\text{S}/\text{cm}$; e 3) amostras com $\text{pH} > 5.5$ e condutividade > 30 . Interpretação e plotagem dos dados PCA realizada pelos autores exposto no Gráfico da Figura 2.2.

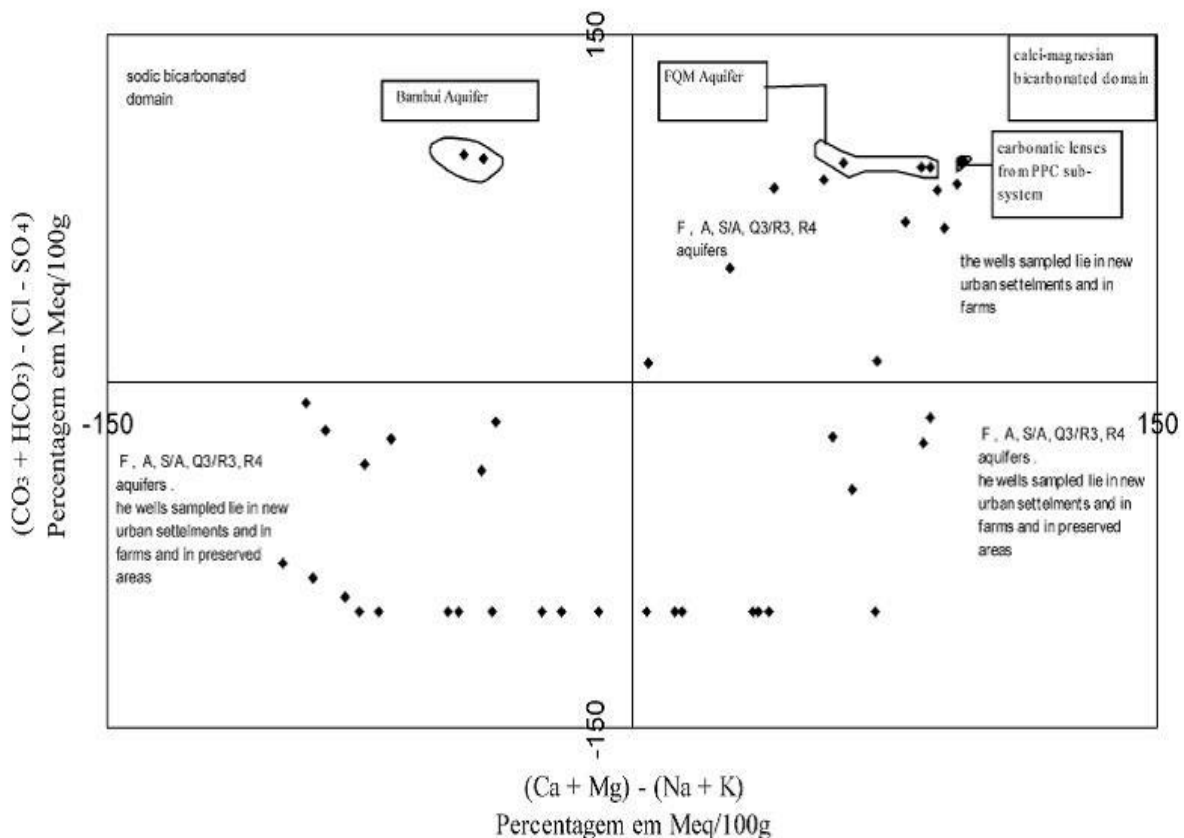


Figura 2.1 - Apresentação dos dados de amostragem de água dos Subistemas Aquíferos do Distrito Federal com contribuição carbonática no Diagrama de CHADHA (Boaventura & Freitas, 2006).

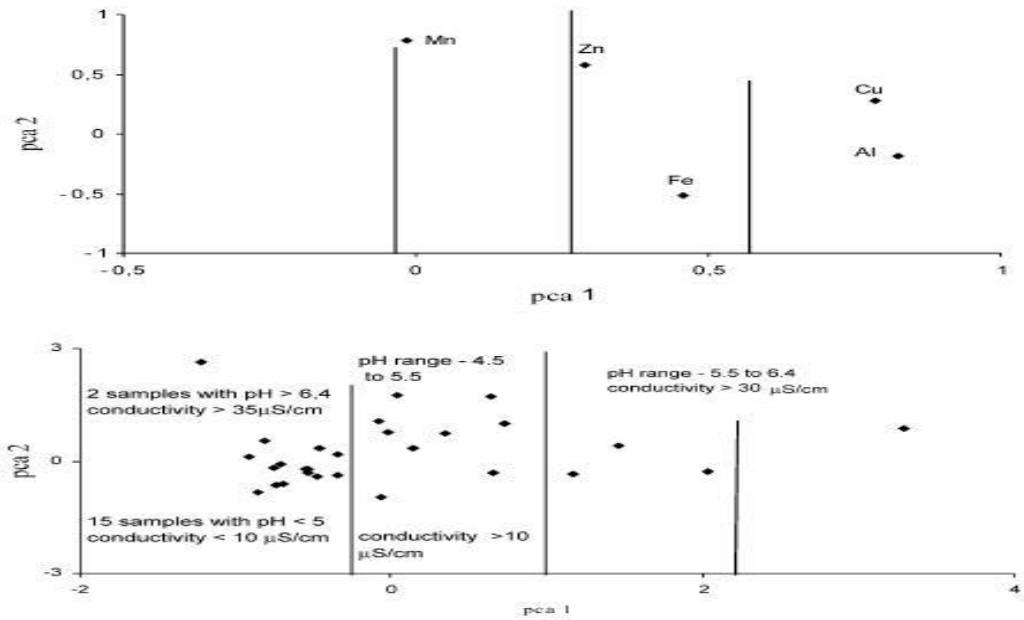


Figura 2.2 - Plotagem dos dados de amostragem de água dos distintos subsistemas de aquíferos do Distrito Federal e interpretação por Análise de Componentes Principais - PCA (Boaventura & Freitas, 2006).

Segundo Mizuno (2012), as águas do Distrito Federal são quimicamente classificadas em sua maioria como cloretada sódica e aquelas associadas principalmente ao Domínio Físsuro-Cárstico como bicarbonatadas cálcicas (Figura 2.3).

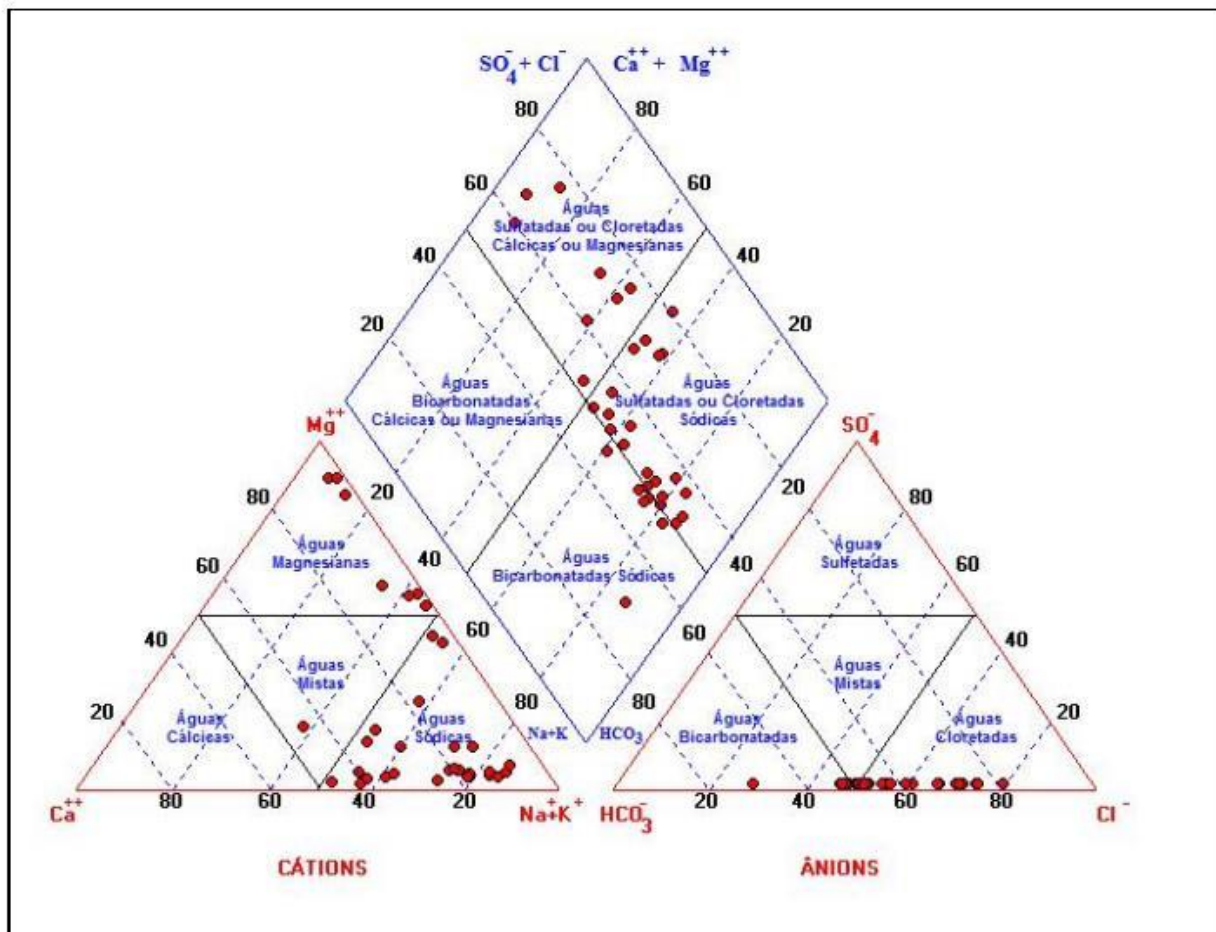


Figura 2.3 - Diagrama de Piper para amostras de águas do Distrito Federal (Mizuno, 2012).

Essa etapa expressa a compilação dos conhecimentos científicos consolidados, de modo que, o produto resultou a caracterização hidrogeoquímica dentro de cada Classe de Qualidade de Água para o Enquadramento dos Aquíferos ou Porções dos Aquífero proposto, resultando as determinações dos limites e intervalos de valores das concentrações desses elementos. No Capítulo 3 e 4 serão apresentados esses indicadores, seus limites e classes correspondentes.

2.3 Caracterização da Área de Estudo - Distrito Federal

2.3.1 Geologia

O Distrito Federal situa-se na porção central da Faixa de Dobramentos e Cavalgamentos Brasília, Marini *et al.*(1981), dentro do contexto tectônico da Província Estrutural Tocantins, onde ocorre a transição das porções internas, de grau metamórfico maior, para as externas, de grau metamórfico menor, apresentando complexa estruturação e superimposição de dobramentos com eixos ortogonais.

Na revisão e mapeamento da geologia do Distrito Federal, Campos & Freitas-Silva (1998) dispõe que há ocorrências de quatro Grupos litológicos distintos: Paranoá, Canastra, Araxá e Bambuí, além das suas respectivas coberturas de solos residuais ou coluvionares, sendo os Grupos Paranoá e Canastra datado de idade mesoproterozóica e os Grupos Araxá e Bambuí, idade neoproterozóica. O mapa litológico encontra-se na Figura 2.4, e a seguir as respectiva descrições desses Grupos.

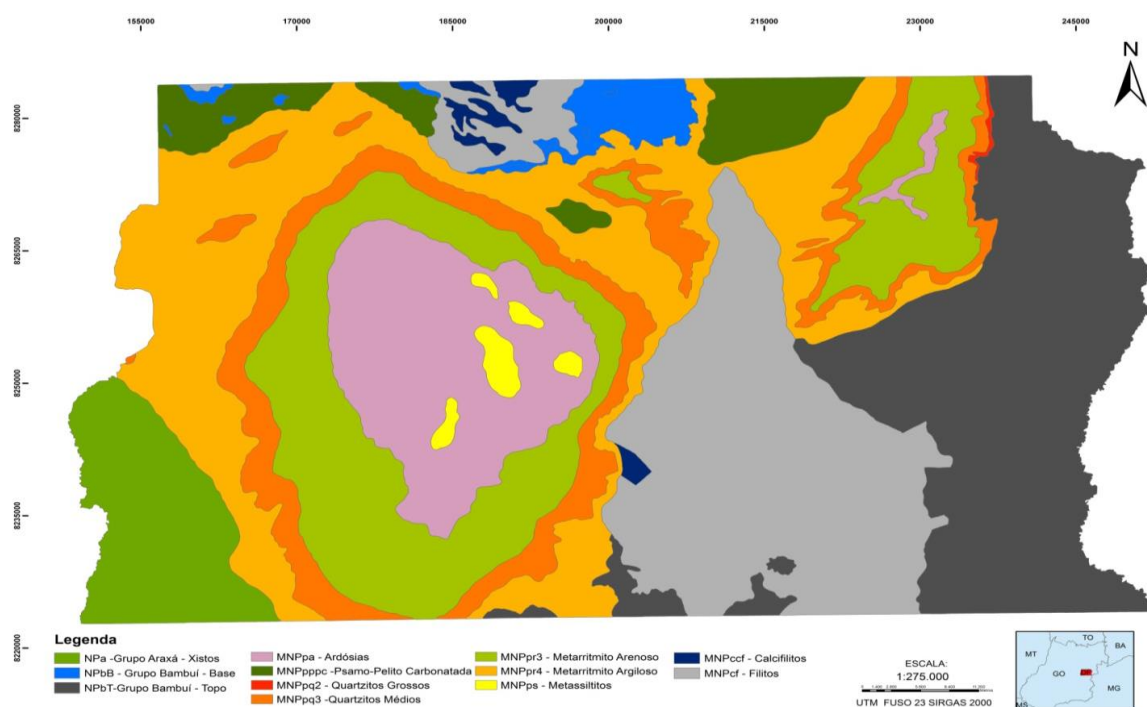


Figura 2.4 - Mapa litológico do Distrito Federal, mostrando a distribuição dos principais tipos petrográficos. Campos & Freitas-Silva (1998).

O Grupo Paranoá teve adequadamente suas sete unidades litoestratigráficas descritas e diferenciadas por Faria (1995), que utiliza a simbologia de letras correlacionáveis, da base para o topo, com as sequências deposicionais, são elas: SM, R1, Q1, R2, Q2, S, A, R3, Q3, R4 e PC, as quais recentemente foram formalizadas em Formações Litológicas por Campos *et al.* (2013), com atualizações interpretativas dos sistemas deposicionais, considerações sobre a evolução sedimentar e definições da estratigrafia de sequência e suas respectivas áreas-tipo/holoestrátotipo, compondo assim a Sequência Paranoá (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Tabela formalização do Grupo Paranoá, com indicação das formações presentes no Distrito Federal . Fonte: Campos et al. (2013).

Nome informal	Nome da formação	Sigla da unidade de mapeamento	Localidade da área-tipo/holoestrátotipo
Unidade PC	Formação Córrego do Barreiro	MNPpacb	Cabeceira do Córrego do Barreiro, Brazlândia, DF.
Unidade R ₄	Formação Córrego do Sansão	MNPpacs	Cabeceira do Córrego do Sansão, Sobradinho, DF.
Unidade Q ₃	Formação Ribeirão Contagem	MNPparc	Cabeceira do Ribeirão Contagem, Brasília, DF.
Unidade R ₃	Formação Serra da Meia Noite	MNPpasmn	Estrada da Linha de Transmissão próxima ao Povoado Garimpinho (Colinas do Sul), GO.
Unidade A	Formação Ribeirão do Torto	MNPpart	DF 005 próximo à ponte sobre o Ribeirão do Torto, DF.
Unidade S	Formação Ribeirão Piçarrão	MNPparp	GO-118, km 155 a 156.
Unidade Q ₂	Formação Serra do Paranã	MNPpasp	Cachoeira do Itiquira, GO.
Unidade R ₂	Formação Serra Almécegas	MNPpasa	Corte de Estrada na GO-118, km 165.
Unidade Q ₁	Formação Serra da Boa Vista	MNPpabv	Serra da Boa Vista a sudoeste do Vale da Lua.
Unidade R ₁	Formação Córrego Cordovil	MNPpacc	Baixo Cordovil, Chapada dos Veadeiros, GO.
Unidade SM	Formação Ribeirão São Miguel	MNPparsm	Vale da Lua, Chapada dos Veadeiros, GO.

DF

Seguindo a nomenclatura das Formações do Grupo Paranoá de Campos *et al.* (2013), o qual ocorre em cerca de 65% da área total do Distrito Federal, o pacote da sequência deposicional na área de estudo, da base para o topo são constituídos a partir da Formação Serra do Paranã, seguida da Formação Ribeirão Piçarrão, Formação Ribeirão do Torto, Formação Serra da Meia Noite, Formação Ribeirão Contagem, Formação Córrego do Sansão e Formação Córrego do Barreiro, onde segundo os mesmos autores:

A Formação Serra do Paranã (Unidade Q2) é caracterizada por quartzitos médios a grossos até conglomeráticos, ocorrem em camadas métricas internamente maciças ou laminadas. Na forma mais comum estão silicificados e fraturados, nas áreas mais arrasadas são exposto sem grandes blocos. Há ocorrência da fácies de ortoquartzitos com grãos arredondados e esféricos e fácies de quartzitos feldspáticos com grãos mais angulosos. Os quartzitos desta formação apresentam as seguintes estruturas sedimentares: acamamento plano-paralelo, estratificação cruzada tabular, tangencial, revirada e acanalada, canais de corte e preenchimento e raras marcas onduladas.

A Formação Ribeirão Piçarrão (Unidade S) é composta por um conjunto de metassiltitos argilosos homogêneos com coloração cinza esverdeada a amarelada quando frescos, passando a tons rosados e vermelhos escuro com o aumento da alteração intempérica. Ocorrem

secundariamente: i) metassiltitos intercalados com níveis de quartzitos finos variando em espessuras desde centimétricas a decimétricas; ii) camadas decimétricas a métricas de quartzitos médios a grossos (com grãos esféricos); iii) rochas carbonáticas na forma de lentes interdigitadas a metarritmitos, micríticas ou localmente apresentando estromatólitos colunares e conophyton, e; iv) metarritmitos com bancos de quartzitos arcoseanos, decimétricos, geralmente rosados e comumente com aspecto maciço ou, mais raramente, finamente laminados. Algumas das estruturas sedimentares presentes são acamamento plano-paralelo, laminação plano-paralela, laminações cruzadas, laminações truncadas, marcas onduladas simétricas e raras *climbing ripples*.

A Formação Ribeirão do Torto (Unidade A) é caracterizada por ardósias roxas quando alteradas, ou cinza esverdeadas quando frescas. Próximo ao limite com a unidade superior (Formação Serra da Meia Noite) ocorre intercalações siltico-argilosas milimétricas a centimétricas, com tonalidade vermelha a rosada, indicando o início da passagem gradual para a unidade de metarritmitos sobreposta. As rochas se apresentam intensamente fraturadas com presença marcante das foliações metamórficas penetrativas, caracterizando clivagens ardosianas típicas. A única estrutura sedimentar observada é a laminação plano-paralela, próximo ao topo da unidade. Ocorrências de quartzitos brancos a amarelados são raras, sendo sempre caracterizadas por lentes métricas ou decamétricas geralmente irregulares e maciças.

A Formação Serra da Meia Noite (Unidade R3) é caracterizada por alternâncias de estratos centimétricos a métricos de quartzitos finos a médios com níveis geralmente mais delgados de metassiltitos argilosos, metalamitos siltosos e metalamitos micáceos. Nessas rochas a quantidade relativa de termos arenosos é sempre importante, justificando, assim, a denominação deste pacote como unidade de metarritmito arenoso. Além dos estratos decimétricos a métricos, duas camadas de quartzito com coloração branca/ocre, granulação fina a média e espessura variável entre 8 e 20 m se destacam próximo à base e no topo desta formação. A interestratificação dos diferentes tipos petrográficos que compõem os metarritmitos é representada por estratos de 1 a 5 cm de espessura, onde localmente é possível observar o caráter granocrescente do conjunto. Raramente são observadas camadas e lentes de quartzito muito grosso a conglomerático, com seixos de quartzo e quartzito arredondados e esféricos. O acunhamento lateral e o aspecto lenticular de alguns estratos são feições bastante comuns. As estruturas sedimentares do tipo estratificações plano-paralelas, marcas onduladas (simétricas e assimétricas com cristas sinuosas ou paralelas), estratificações lenticulares e diques de areia são bastante frequentes na Formação Serra da Meia Noite, enquanto as laminações cruzadas e truncadas por ondas, estratificações sigmoidais, *hummockys* e estratificações do tipo *Swaley* são mais raras.

A Formação Ribeirão Contagem (Unidade Q3) é caracterizada por quartzitos finos a médios, brancos ou cinza claro (cinza escuro quando frescos), bem selecionados, maduros mineralogicamente, em geral muito silicificados, mostram grãos arredondados nos locais menos recristalizados. O aspecto maciço é constante na maioria das exposições, sendo atribuído à intensa silicificação. Localmente, em condições de maior intemperismo, é possível identificar o acamamento plano-paralelo em bancos decimétricos a métricos. Frequentemente, o acamamento original é de difícil percepção em virtude da silicificação e do intenso fraturamento desenvolvidos nestas litofácies. Além da difícil visualização do acamamento, são observadas estratificações cruzadas de pequeno a médio porte e de caráter variado, sendo comuns as tabulares, tangenciais, acanaladas e do tipo espinha de peixe e raras marcas onduladas assimétricas de cristas sinuosas ou paralelas. A estruturação interna de algumas estratificações tipo espinha de peixe mostra, raramente, a presença de estruturas tipo *tidal bundles*. Lentes de metarritmitos, com espessuras variando de decimétricas até 10m (comumente interceptadas por poços tubulares profundos), ocorrem geralmente próximas à base e ao topo desta sucessão de quartzitos.

A Formação Córrego do Sansão (Unidade R4) é representada por metarritmitos homogêneos com intercalações centimétricas regulares de metassiltitos, metalamitos e quartzitos finos que apresentam coloração cinza, amarelada, rosada ou avermelhada em função dos diferentes graus de intemperismo. Raros bancos (de 0,5 até 1,0 m) de metassiltitos maciços amarelados ou rosados e de quartzitos finos feldspáticos e rosados ocorrem localmente, quebrando assim a regularidade das camadas rítmicas centimétricas. Dentre as estruturas sedimentares são comuns as estratificações plano-paralelas, níveis ricos em estruturas do tipo lentes arenosas, *climbing ripples*, *hummockys* de pequeno porte, raras marcas onduladas de oscilação (simétricas) e pequenas sigmoides geralmente amalgamadas em bancos mais espessos. É possível observar que os bancos arenosos apresentam base plana e topo ondulado. Os níveis de quartzitos são mal selecionados e sempre apresentam concentrações variáveis de material pelítico intersticial aos grãos de quartzo. A recristalização de grãos é comum, sendo localmente possível observar sobrecrecimento. Proporções entre 5 e 10% de feldspatos (sendo o plagioclásio mais comum) permitem enquadrar os protolitos dos níveis quartzíticos como arenitos feldspáticos. Nos casos onde o material pelítico ultrapassa os 15%, o protolito é representado por grauvaqa quartzosa. Os níveis pelíticos mostram apenas algumas lamelas de muscovita detrítica em meio a uma massa de óxidos e hidróxidos de ferro, provavelmente resultante da alteração dos filossilicatos e argilo-minerais originais da rocha.

A Formação Córrego do Barreiro (Unidade PPC) é representada principalmente por metalamitos siltosos de coloração cinza prateado (que passa a amarelo, rosado ou avermelhado quando há alteração) bastantes laminados, podendo mostrar foliações e, por vezes, aspecto

sedoso ao tato devido à abundante presença de filossilicatos. Este tipo litológico é o mais comum nesta formação, contribuindo em torno de 85% do total da sucessão. Além dos metapelitos, ocorrem as rochas carbonáticas e quartzíticas. As rochas carbonáticas são representadas por calcários pretos ou cinza escuros, micríticos ou intraclásticos (classificados como mudstones, grainstone intraclásticos, packstone intraclásticos e floatstones intraclásticos) e subordinadamente por dolomitos com tons cinza claros, localmente estromatolíticos. A geometria lenticular é facilmente interpretada em função do padrão de afloramentos que mostra clara interdigitação com as fácies pelíticas. As lentes apresentam diâmetros de centenas de metros, podendo as maiores terem mais de um quilômetro. Não raramente, os calcários e os dolomitos apresentam delgadas lâminas de material argiloso, marcando o acamamento primário. Brechas calcárias muitas vezes silicificadas são distribuídas sem controle estratigráfico definido, tendo sido observadas próximo às bordas de algumas lentes ou em posições mais baixas topograficamente, possivelmente na base de ciclos carbonáticos. Na região de interdigitação entre as lentes carbonáticas e as rochas pelíticas, são comuns as fácies de metamargas com aspecto maciço, quando frescas, e poroso quando alteradas. Os estromatólitos observados nestes carbonatos são relativamente abundantes e são compostos por estromatólitos com laminações diversificadas: estromatólitos colunares, estromatólitos cônicos (*conophyton*) e estromatólitos caracterizados por esteiras horizontais. Os quartzitos observados na Formação Córrego do Barreiro ocorrem em lentes alongadas métricas até decamétricas ou em níveis centimétricos contínuos lateralmente, que podem apresentar certo ritmo. Trata-se de quartzitos médios, grossos a conglomeráticos, mal selecionados, preto a cinza escuro (em função de uma película de matéria orgânica em torno dos grãos detríticos) e feldspáticos, com clastos subangulosos a arredondados. Este tipo litológico não é comum em afloramentos, uma vez que são facilmente desagregáveis, contudo, são muito comumente observados em amostras de calha de poços tubulares profundos. Os quartzitos e conglomerados finos, muitas vezes, apresentam matriz pelítica de coloração rosada ou ocre.

Sobreposto ao Grupo Paranoá, o Grupo Canastra ocupa em torno de 15% da área total do DF e está distribuído pelos vales dos rios São Bartolomeu (na porção central do DF) e Maranhão (na porção centro-norte do DF), sendo constituído essencialmente por filitos variados, os quais incluem clorita filitos, quartzo-fengita filitos e clorita-carbonato filitos. Além dos filitos ocorrem subordinadamente, na forma de lentes decamétricas, mármore finos cinza-claros e quartzitos finos silicificados e cataclásados (Freitas-Silva & Campos 1998).

Estratigraficamente acima do Grupo Canastra, o Grupo Araxá ocorre na porção sudoeste do Distrito Federal e corresponde a 5% da área total do território. É composto por xistos variados, principalmente muscovita xistos, além de ocorrências restritas de clorita xistos, quartzo-muscovita xistos, granada xistos e lentes de quartzitos micáceos, Freitas-Silva & Campos (1998).

No topo ocorre o Grupo Bambuí, que consiste em um pacote pelito-carbonatado-arcoseano distribuído ao longo de toda extensão da borda externa da Faixa Brasília e corresponde aproximadamente 15% da área total do DF, Freitas-Silva & Campos (1998). Os seis tipos petrográficos que representam esta unidade e afloram no Distrito Federal são os sedimentos correlacionáveis a: i) siltitos, folhelhos e arcóseos da Formação Serra da Saudade e da base da Formação Três Marias, na porção leste do Distrito Federal referente ao topo; ii) pelitos, calcários e dolomitos correlacionados às Formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena, referente à base.

Os grupos que compõem a estratigrafia do Distrito Federal apresentam contatos tectônicos que são representados por cavalgamentos regionais desenvolvidos no Ciclo Brasileiro, cuja vergência é em direção ao Cráton São Francisco. As deformações observadas são interpretadas como uma sucessão de eventos estruturais caracterizada por cinco fases de deformação, que fazem parte de um único evento compressivo relacionado à Orogênese Brasileira (Freitas-Silva & Campos 1998).

As alterações posteriores à deformação ocorridas durante o Cenozoico resultaram em processos intempéricos sobre o substrato rochoso, desenvolvendo na região um extenso manto de intemperismo que pode alcançar até 80 m de espessura, as quais são representadas por diferentes tipos de solos e saprolitos, Freitas-Silva & Campos (1998). Tal fato explica as restritas exposições rochosas no Distrito Federal.

2.3.2 Pedologia

Segundo Reatto *et al.* (2004), em texto explicativo do mapeamento pedológico do Distrito Federal em escala 1:100.000, disposto no mapa EMBRAPA (1978) (Figura 2.5) na região ocorrem diferentes classes de solos que serão a seguir caracterizadas.

A Classe dos Latossolos predomina em 54% da área do DF, sendo 39% correspondentes aos Latossolos Vermelhos e 15% aos Latossolos Vermelho-Amarelos. Caracterizam por apresentarem altamente intemperizados, resultantes da remoção de sílica e de bases trocáveis do perfil. Consequentemente, concentram minerais secundários do grupo da caulinita, óxidos, hidróxidos e oxi-hidróxidos de Fe e Al como hematita, goethita, gibbsita e outros. O quartzo, por ser muito resistente ao intemperismo, persiste como mineral primário residual no perfil de alteração.

Os Latossolos predominam nos relevos das superfícies residuais de aplainamento, conhecidas regionalmente como chapadas, onde na porção de chapada com topografia mais plana a suave-ondulada há maior porcentagem de óxidos de Fe e principalmente óxidos de alumínio na forma de gibbsita, com matiz mais amarelado e nas demais a origem dos Latossolos são depósitos de sedimentos, normalmente menos intemperizados, mais cauliniticos e vermelhos. Apresentam baixo teor de silte (entre 10% e 20%) e argila, variando entre 15% e 80%.

Quimicamente, mais de 95% dos Latossolos no DF são distróficos e ácidos, com baixa a média capacidade de troca catiônica e níveis de pH em torno de 4,0 e 5,5.

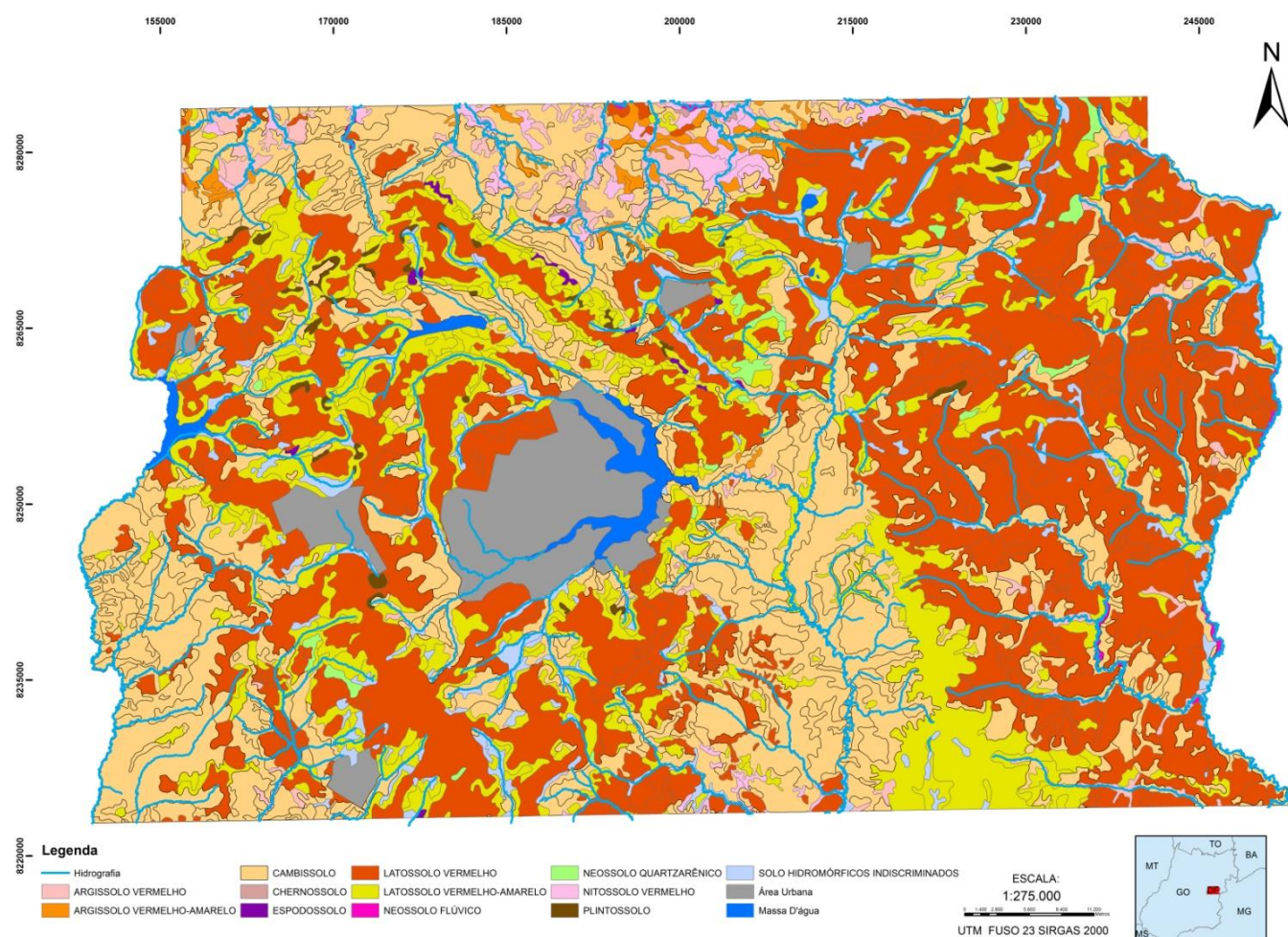


Figura 2.5 - Mapa pedológico do Distrito Federal. Fonte: EMBRAPA 1978.

Os Latossolos caracterizam por serem solos minerais, não hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2m) apresentando horizonte B latossólico muito espesso (> 50 cm), com estruturas predominantemente de blocos subangulares (pouco desenvolvidos) e/ou em forma muito pequena granular podendo compreender partes com aspecto maciço poroso. São solos com alta permeabilidade de água. A capacidade de água disponível varia de 1 até 2m de profundidade, em média, de 500 a 760 mm para os solos de textura muito argilosa, de 300 a 500 mm para os de textura argilosa e de 260 a 330 mm para os de textura média. Podem ser excessivamente drenados, fortemente drenados e acentuadamente drenados, conforme a natureza da textura, da estrutura e da situação topográfica.

A Classe dos Cambissolos predomina em 30% do DF, apresenta horizonte subsuperficial o qual apresenta pouca alteração física e química, porém, suficiente para desenvolvimento de cor e estrutura. Em geral, esses solos apresentam minerais primários facilmente intemperizáveis, teores mais elevados de silte, indicando baixo grau de intemperização. Caracterizados pelo

horizonte subsuperficial denominado B incipiente, estão associados aos relevos ondulados e forte-ondulados, possuem profundidades diversas de rasas a profundas (0,2 a 1 m). Em alguns perfis, ocorre a presença de cascalhos e material concrecionário. A textura pode apresentar desde muito argilosa até franco-arenosa, com cascalho ou sem cascalho. Quimicamente são distróficos em função do material de origem e do clima local.

O grupo de Solos Hidromórficos Indiscriminados constitui as Classes de Gleissolos Háplicos e Gleissolos Melânicos, Espodossolos, as quais ocupam área estimada de 4% do DF. São solos hidromórficos que ocupam geralmente as depressões da paisagem, sujeitas a inundações. Apresentam drenagem dos tipos: mal drenado ou muito mal drenado, ocorrendo com frequência, espessa camada escura de matéria orgânica mal decomposta sobre uma camada acinzentada (gleizada), resultante de ambiente de oxirredução. Quando argilosos ou muito argilosos, sua consistência é plástica e pegajosa. Quimicamente podem ser ricos ou pobres em bases ou com teores de alumínio elevados por estarem posicionados em áreas sujeitas a contribuições de material transportado das posições mais elevadas, uma vez que são formados em terrenos de recepção ou trânsito de produtos transportados. Apesar de serem sistemas conservadores de água, próximos a nascentes e cursos d'água não se recomenda a drenagem desses solos, pois tendem a incrustar e endurecer, perder matéria orgânica e assim apresentarem caráter tiomórfico (presença de quantidades elevadas de sulfetos e/ou sulfatos), tornando-se fortemente ácidos, Motta *et al.* (2003).

A Classe dos Argissolos correspondem a 3% da área do DF, sendo 2% Argissolo Vermelho e 0,80% Argissolo Vermelho-Amarelo, constitui uma classe de solos bastante heterogênea que tem em comum aumento substancial no teor de argila com profundidade e/ou evidências de movimentação de argila do horizonte A para o horizonte B, expressas na forma de cerosidade. São solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural de cores avermelhadas e tendência à tonalidade escura, teores de óxidos de ferro são inferiores a 15%. Na paisagem ocupam a porção inferior das encostas. Em relação à estrutura física, apresentam profundidade e textura variáveis. Quimicamente podem ser eutróficos (em geral os mais vermelhos) e distróficos, apresentam argila de baixa (Tb), em geral, com poucos minerais primários facilmente intemperizáveis.

A Classe dos Nitossolos correspondem a 1,36% do DF e são solos derivados de rochas calcárias que ocorrem em porções média e inferior de encostas onduladas até forte onduladas, devido ao uso agrícola, ficam expostos à erosão. Morfologicamente apresentam semelhança com os Argissolos, porém, com gradiente textural menos expressivo. Apresentam cor vermelho escuro tendendo à arroxeadada. A estrutura é bem desenvolvida no horizonte B nítico, sendo do tipo prismático ou em blocos subangulares, a cerosidade é abundante. Fisicamente, a textura é argilosa ou muito argilosa ao longo do perfil, com reduzido gradiente textural entre o horizonte

A e B, são bem porosos e apresentam boa drenagem. Quimicamente, na sua maioria, são eutróficos e muito procurados para uso na agricultura e na pecuária.

A Classe dos Neossolos Quartzarênicos correspondem a 0,5% da área do DF, apresenta solos profundos (pelo menos 2m) de textura arenosa ou franco-arenosa, constituídos essencialmente de quartzo, com máximo de 15% de argila e sequência de horizontes do tipo A-C. Relacionada a sedimentos arenosos de cobertura e a alterações de rochas quartzíticas e areníticas, normalmente em relevo plano ou suave-ondulado, ocorre em camadas de areia inconsolidadas cuja estrutura é fraca, pouco coerente, constituída basicamente por grãos simples. Fisicamente, são solos muito porosos, excessivamente drenados e com uma capacidade de água disponível até 2 m de profundidade variando em média de 70 a 200 mm. Quimicamente apresentam baixa disponibilidade em nutrientes para as plantas, além de não disporem de reservas nutricionais que possam ser liberadas de forma gradual, sendo em geral álicas ou distróficas, com baixa capacidade de retenção de cátions.

A Classe dos Plintossolos são solos minerais com séria restrição à percolação de água, encontrados em situações de alagamento temporário e, portanto, escoamento lento Motta *et al.* (2003). No DF correspondem a 0,40% da área total, sendo típicos de regiões quentes e úmidas com estação seca definida. Ocorrem em relevo plano e suave-ondulado, em áreas deprimidas e nos terços inferiores da encosta onde há importante movimentação lateral de água. Morfologicamente, apresentam horizonte de subsuperfície com manchas avermelhadas distribuídas no perfil de aspecto variegado (resultado da concentração diferencial de ferro do solo), chamadas de plintitas. Estas são submetidas a ciclos de umedecimento e secagem, o que a torna endurecida de maneira irreversível, transformando-se gradualmente em petroplintita, então denominados de Plintossolos Pétricos.

Os Plintossolos possuem suas limitações físicas relacionadas com a profundidade do horizonte plíntico, pois quando as plintitas ou as petroplintitas são mais rasas, formam uma camada contínua e espessa, havendo sérias limitações quanto à permeabilidade e à restrição ao enraizamento das plantas. São solos que apresentam grande variabilidade em suas propriedades químicas. Regionalmente são distróficos e com alto ou baixo teor de carbono orgânico no horizonte superficial.

A Classe dos Neossolos Flúvicos ocupa extensão correspondente a 0,18% da área no DF, e são solos não hidromórficos formados de depósitos aluviais recentes, seguido de uma sucessão de camadas estratificadas sem relação pedogenética entre si, normalmente em relevo plano e associados aos interflúvios de drenagem.

A Classe dos Chernossolos ocupam apenas 0,08% da área do DF, caracterizada por solos associados a relevos mais movimentados e a rochas calcárias. Morfologicamente possuem horizonte A chernozêmico bem espesso, superior a 40 cm, muito rico em matéria orgânica, sobre

um horizonte B textural avermelhado, com argila de atividade alta e saturação por bases superior a 65%, logo descritos como Chernossolos Argilúvicos.

2.3.3 Hidrogeologia

Cadamuro (2002) e Campos & Freitas-Silva (1998) caracterizaram o conjunto de aquíferos do Distrito Federal classificando-os em três domínios maiores: o Freático (Poroso ou Intergranular), o Fraturado e o Físsuro-Cárstico, subdividindo-os em sistemas e subsistemas (Tabela 2.2).

O sistema do Domínio Freático, também conhecido como Poroso ou Intergranular (Tabela 2.2) corresponde aos aquíferos rasos, com vazões menores que 800 l/h. A divisão em Sistemas tem como critérios: a classe de solo predominante, unidade geológica subjacente, espessura e condutividade hidráulica. A partir desses parâmetros esse Domínio pode ser dividido em quatro sistemas denominados: P1, P2, P3 e P4, sendo os três primeiros caracterizados por espessuras maiores que 5 m e condutividades hidráulicas respectivamente altas, médias e baixas, o sistema P4 possui espessuras menores que 2,5 m, geralmente não ultrapassam o limite de 1,0 m e baixa condutividade hidráulica.

Tabela 2.2 - Classificação e características dos corpos hídricos subterrâneos do Distrito Federal, compilação reorganizada de Campos & Freitas-Silva (1999).

DOMÍNIO	SISTEMA	SUBSISTEMA	Vazão Média (m ³ /h)	Litologia/Solo Predominante
Freático	Sistema P ₁	-	< 0,8	Latossolos Arenosos e Neossolos Quartzarênicos.
	Sistema P ₂		< 0,5	Latossolo Argilosos.
	Sistema P ₃			Plintossolos e Argissolos.
	Sistema P ₄		< 0,3	Cambissolo e Neossolo Litólico.
Fraturado	Paranoá	S/A	12,5	Metassiltitos.
		A	4,5	Ardósias.
		R ₃ /Q ₃	12,0	Quartzitos e metarritmitos arenosos.
		R ₄	6,5	Metarritmitos argilosos.
	Canastra	F	7,5	Filitos micáceos.
	Bambuí	-	6,0	Siltitos e arcóseos.
	Araxá	-	3,5	Mica xistos.
Físsuro-Cárstico	Paranoá	PPC	9,0	Metassiltitos e lentes de mármore.
	Canastra	F/Q/M	33,0	Calcifilitos, quartzitos e mármore.

O Domínio Poroso encontra-se na transição da zona vadosa e zona saturada, onde ocorrem as interações entre o meio externo e os aquíferos de águas mais profundas, caracterizam-se por serem áreas de recarga natural, a partir da infiltração pluvial. Uma importância adicional desse domínio está vinculada à manutenção da perenidade de drenagens no período de recessão de chuvas.

Os fluxos regionais e intermediários do Domínio Poroso possuem vazões superiores a 2,0 l/s, maiores que o fluxo local que apresenta vazões reduzidas e sazonais. Os exutórios ocorrem em depressões ou contatos litológicos, sendo controlado pelo regime de fluxo, apresentam-se também localizados nos aquíferos subjacentes ao Domínio Fraturado, pois são diretamente alimentados a partir da zona saturada contida nos solos e nas rochas alteradas Campos & Freitas-Silva (1998).

A Figura 2.6 mostra o mapa de distribuição dos sistemas porosos no Distrito Federal, atualizações de Gonçalves (2010).

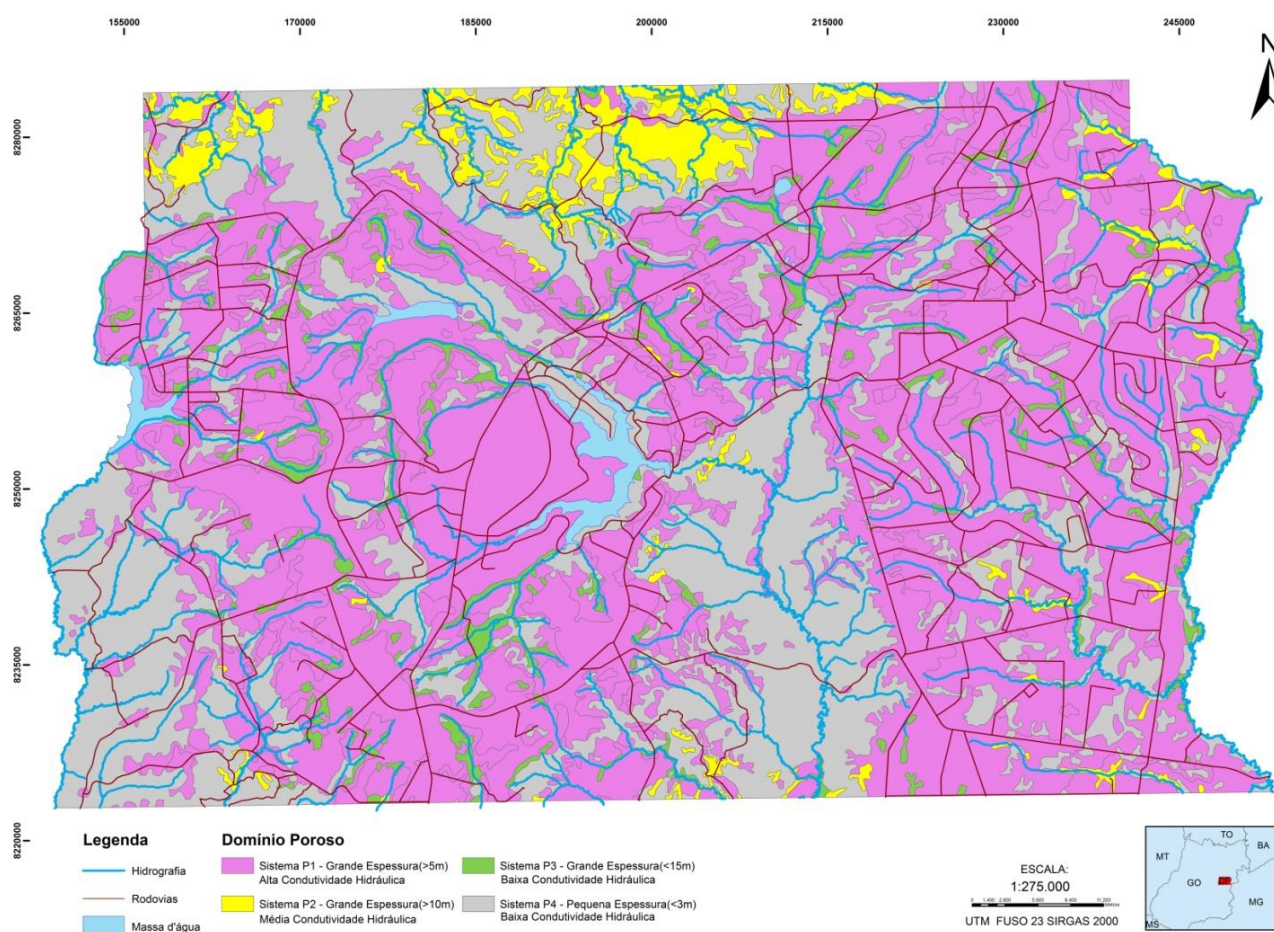


Figura 2.6 - Mapa dos aquíferos do Domínio Poroso do Distrito Federal (Gonçalves, 2010. Com atualizações).

O Domínio Fraturado são os correspondentes aos meios rochosos mais profundos (mais rasos que 200 m), onde a água circula por discontinuidades planares, plano de fraturas, microfaturas, diáclases, juntas, zonas de cisalhamento e falhas, no Distrito Federal representado pela porosidade secundária nos metassedimentos, Campos & Freitas-Silva (1998).

Nesse domínio os aquíferos são livres ou confinados, de extensões laterais variável, fortemente anisotrópicos e heterogêneos, e apresentam parâmetros hidrodinâmicos diversos em função da litologia, variando significativamente em um mesmo tipo de rocha, logo o principal

controlador da condutividade hidráulica é a densidade das descontinuidades do corpo rochoso. A exploração ocorre por meio de poços tubulares profundos e apresentam vazões que variam de zero até valores a maiores que a 100.000 l/h, sendo que a grande maioria dos poços apresenta entre 5.000 e 12.000 l/h.

A classificação em sistemas e subsistema está baseada na base atualizada do conhecimento geológico, na análise estatística dos dados de vazões e as feições estruturais, resultando na classificação desse domínio em quatro conjuntos distintos, denominados de sistemas aquíferos Paranoá, Canastra, Araxá e Bambuí (Figura 2.7).

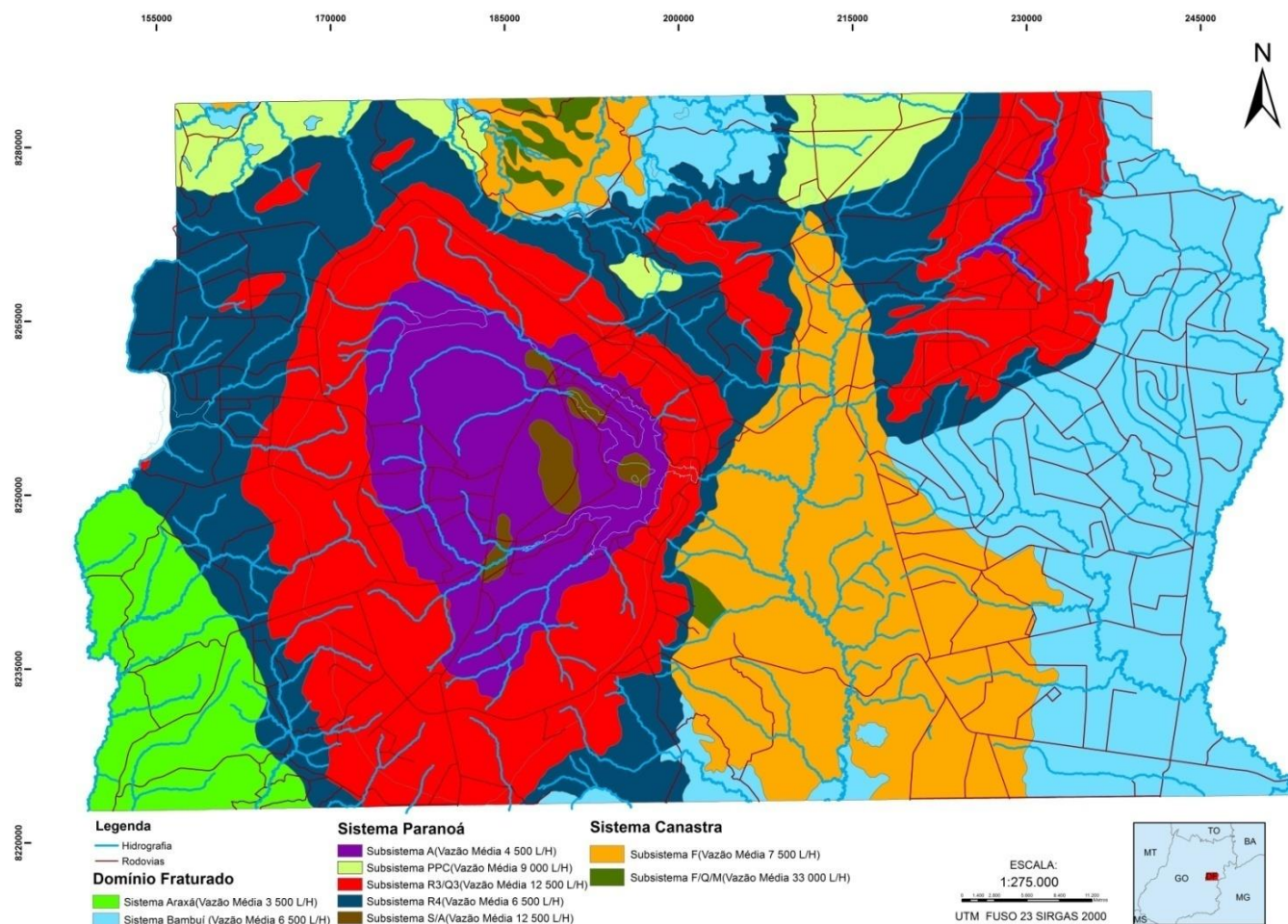


Figura 2.7 - Mapa dos aquíferos do Domínio Fraturado e Físsuro-Cárstico do Distrito Federal (Campos, 2010).

O Sistema Paranoá foi subdividido nos seguintes subsistemas: S/A, A, R3/Q3 e R4, enquanto o Sistema Canastra foi subdividido nos subsistemas: Fe Q/F/M. A recarga desses aquíferos se dá através do fluxo vertical e lateral de águas de infiltração originadas da precipitação pluviométrica, logo influenciada diretamente pela morfologia da paisagem que controla as principais áreas de recarga regionais.

O Domínio Físsuro-Cárstico (Figura 2.7) representa os aquíferos que também possuem características de fraturamento, entretanto que incluem rochas carbonáticas (calcários, dolomitos,

margas e mármore) em seu conjunto, que ocorrem na forma de lentes com restrita continuidade lateral. Nesses casos suas interdigitações com litologias pouco permeáveis (siltitos argilosos, folhelhos ou filitos) limitam a circulação da dissolução cárstica e as cavidades resultantes são restritas, inferiores a 3 metros de abertura, não representando sistemas cársticos clássicos. Esses aquíferos são responsáveis pelas vazões mais expressivas do Distrito Federal, Campos e Freitas (1999).

O Domínio Físsuro-Cárstico compreende o subsistema PPC do Sistema Paranoá e o subsistema F/Q/M do Sistema Canastra ao, sendo esse último responsável pelo abastecimento de cerca de 100.000 habitantes na região da cidade de São Sebastião.

Esses dois últimos domínios apresentam exposição à contaminação atenuada, pois recebem águas dos aquíferos do Domínio Poroso sobrepostos, os quais tem a função de um filtro depurador natural, agindo como uma proteção da qualidade das águas mais profundas. Os citados autores também consolidam o fato que as rochas do domínio fraturado são os maiores reservatórios da região e apresentam as maiores vazões

A presente proposta de Enquadramento dos corpos hídricos subterrâneo tem como alvo os domínios Fraturados e Físsuro-Cárstico por entender que esses aquíferos são as principais fontes que contribuem com a disponibilidade hídrica regional, e por estarem intrinsecamente correlacionados aos usos e demandas que requerem ações de gestão dos aquíferos.

2.3.4 Uso e Ocupação do Solo

A caracterização do Uso e Ocupação do Solo voltado para o Enquadramento Subterrâneo visa tanto identificar os usos e formas de ocupação com potencial poluidor dos aquíferos para vislumbrar as ações de mitigação, como também antecipar cenários para embasar decisões de abastecimento de água que atendam as demandas produtivas sociais.

Em relação aos usos de produção, o Produto Interno Bruto (PIB) regional é geralmente utilizado como indicador, porém para o presente estudo seus dados contribuíram apenas para constatar de maneira qualitativa estes usos no Distrito Federal. Este fato decorre da falta de correlação entre a contribuição de cada setor produtivo no PIB DF e área ocupada no território pelos diferentes setores.

Dessa maneira, tomando como base a representação das classes do uso do solo e cobertura vegetal ZEE-DF (2010) (Figura 2.8), juntamente com os relatórios regionais produzidos pela CODEPLAN, IBGE e demais órgãos de análise econômica apontam a possibilidade de agrupar as atividades financeiras do DF em três conjuntos representativos dos setores produtivos presentes: Agropecuária, Indústria e Serviços.

A Agropecuária predominantemente ocupa a porção leste do DF, nas Bacias Hidrográficas do Rio São Bartolomeu e do Rio Preto. Esse uso implica em impactos expressivos para os

aquíferos, uma vez que, além da utilização de agrotóxicos e fertilizantes, distrofia e compactação dos solos, desmatamento para utilização de pasto, a saneamento e formas de abastecimento e irrigação não são adequados.

As análises de água abordadas nessa dissertação revelam uma contaminação proeminente por esgotamento sanitário nas Zonas Rurais, com a detecção de presença de teores de Nitrato e Coliformes Termotolerantes nas águas dos poços amostrados, uma vez que a rede pública de saneamento não contempla tais áreas.

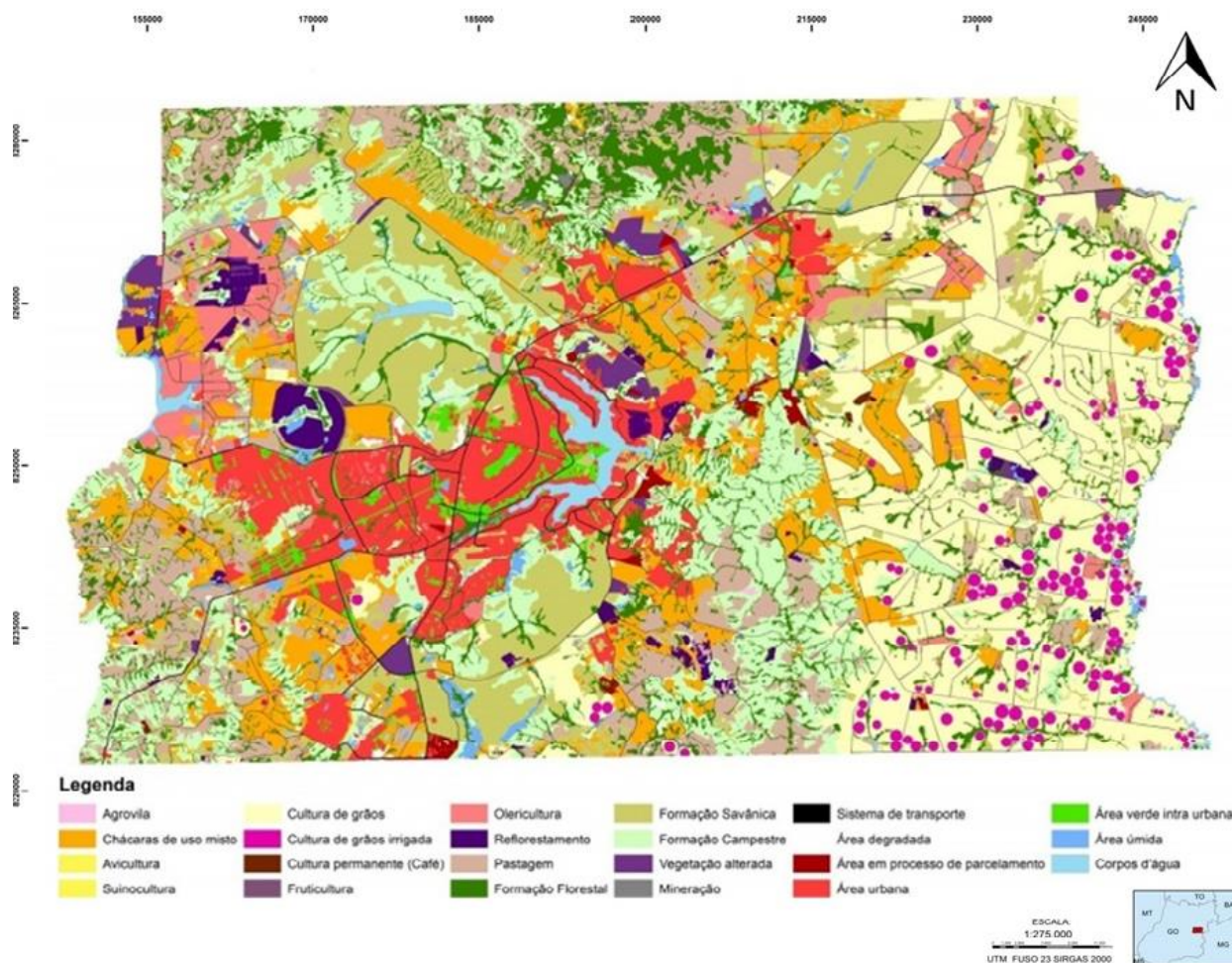


Figura 2.8 - Representação das classes de uso do solo e cobertura vegetal do Distrito Federal (Fonte: ZEE - DF, 2010).

Já os setores de Indústria e Serviços estão concentrados nas zonas urbanas consolidadas, localizadas na porção centro sudoeste do DF, onde o saneamento público abrange a coleta das emissões de efluentes, porém os indicadores químicos das amostras de água dos poços analisados também revelam baixa qualidade das águas subterrâneas. Nestes casos as águas são caracterizadas pela presença de teores elevados de Nitrato e Coliformes Termotolerantes, além da presença da série dos hidrocarbonetos (BTEX).

Outro modo de diagnosticar a forma de ocupação do solo é utilizar as zonas de uso e ocupação determinadas pelo Plano Diretor de Ordenamento Territorial (Figura 2.9), sendo elas:

- a) Zona Urbana do Conjunto Tombado.
- b) Zona Urbana de Uso Controlado.
- c) Zona Urbana de Uso Controlado II.
- d) Zona Urbana de Consolidação.
- e) Zona Urbana de Expansão e Consolidação.
- f) Zona de Contenção Urbana.
- g) Zona Rural de Uso Controlado.
- h) Zona Rural de Uso Diversificado.
- i) Macrozona de Proteção Integral.

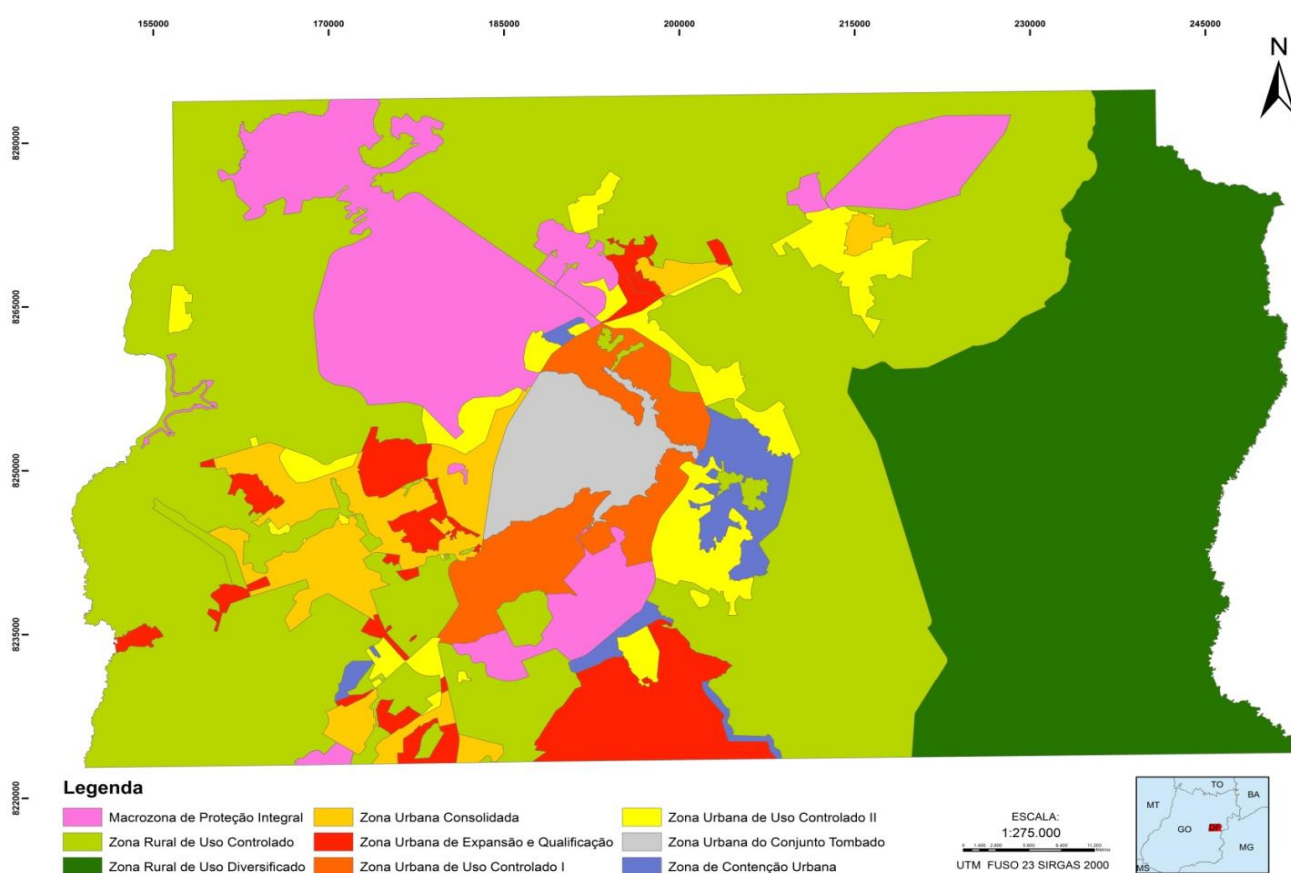


Figura 2.9 - Zoneamento do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do DF. Fonte: SEGETH/GDF.

Essa classificação evidencia as principais preocupações da atuação do setor público frente ao avanço da ocupação e relaciona as Unidades de Conservação presente no território. Cabe ressaltar que as últimas atualizações, 2009 e 2012, abarcam a regularização de assentamentos irregulares entre outras medidas de sustentabilidade, projetando um cenário de mudanças no macrozoneamento do Distrito Federal.

A partir dessas constatações, subtrai que a forma que atualmente ocorrem ocupação populacional e crescimento urbano são os principais fatores impactantes no Distrito Federal. Tal

fato se torna mais relevante quando se trata de um território no qual predomina o regime jurídico da propriedade pública do solo, onde a facilidade de dispor das terras ensejou políticas predatórias de ocupação do território.

O processo de uso e ocupação indica a necessidade eminente da execução dos instrumentos de gestão dos recursos naturais, como o Enquadramento de Águas Subterrâneas para garantir a sustentabilidade do desenvolvimento social, revelando também a necessidade de elaboração de um mapa de uso voltado para os propósitos do instrumento Enquadramento.

2.3.5 Potencial de Recarga e Principais Fontes Poluentes

Há indicadores já publicados que também compõem a caracterização da área de estudo e são centrais para as discussões pertinentes ao Enquadramento, principalmente por serem a temática mais enfática quanto se trata da gestão de aquíferos, sendo eles: Potencial de Recarga e Principais Fontes Poluentes.

Considerando a definição de Simmers (1990) que “Recarga é o fluxo de água através da zona não saturada do solo, que alcança o nível freático e se adiciona ao reservatório de água subterrânea”, e a listagem de Rushton (1988) dos principais processos que afetam a recarga natural ou induzida por atividades antrópicas pode-se inferir que o mapa de Potencial de Recarga revela a efetividade e/ou deficiência desses processos na contribuição do volume dos aquíferos.

No Distrito Federal o máximo de Potencial de Recarga é de 49% do total de precipitação (Figura 2.10), e essas áreas correspondem quase na totalidade as áreas isoladas e/ou conservadas, muitas são Unidades de Conservação, corroborando com o vocacional para função ambiental.

As áreas rurais à leste já apresentam-se com Potencial de Recarga intermediário deflagrando os efeitos da agropecuária nos aquíferos. Os núcleos urbanizados e as várzeas de grandes rios apresentam baixos potenciais de recarga, porém resultados de processos distintos, sendo o primeiro passível de adoção de medidas mitigadoras.

A Recarga de Aquíferos no Distrito Federal apresenta duas peculiaridades que influem nos Domínios de Aquíferos que serão Enquadrados, o Fraturado e o Físsuro-Cárstico, sendo: i) a recarga, seja natural ou artificial, transpassa o Domínio Freático sem que haja significantes mineralizações pelos solos, sendo que a maioria são inertes em relação a essa transferência química, exercendo basicamente a função filtro, e; ii) a sazonalidade do clima não afeta a regularidade da disponibilidade hídrica dos aquíferos mais profundos, sendo a vazão influenciada pela sobreexploração dos mesmos.

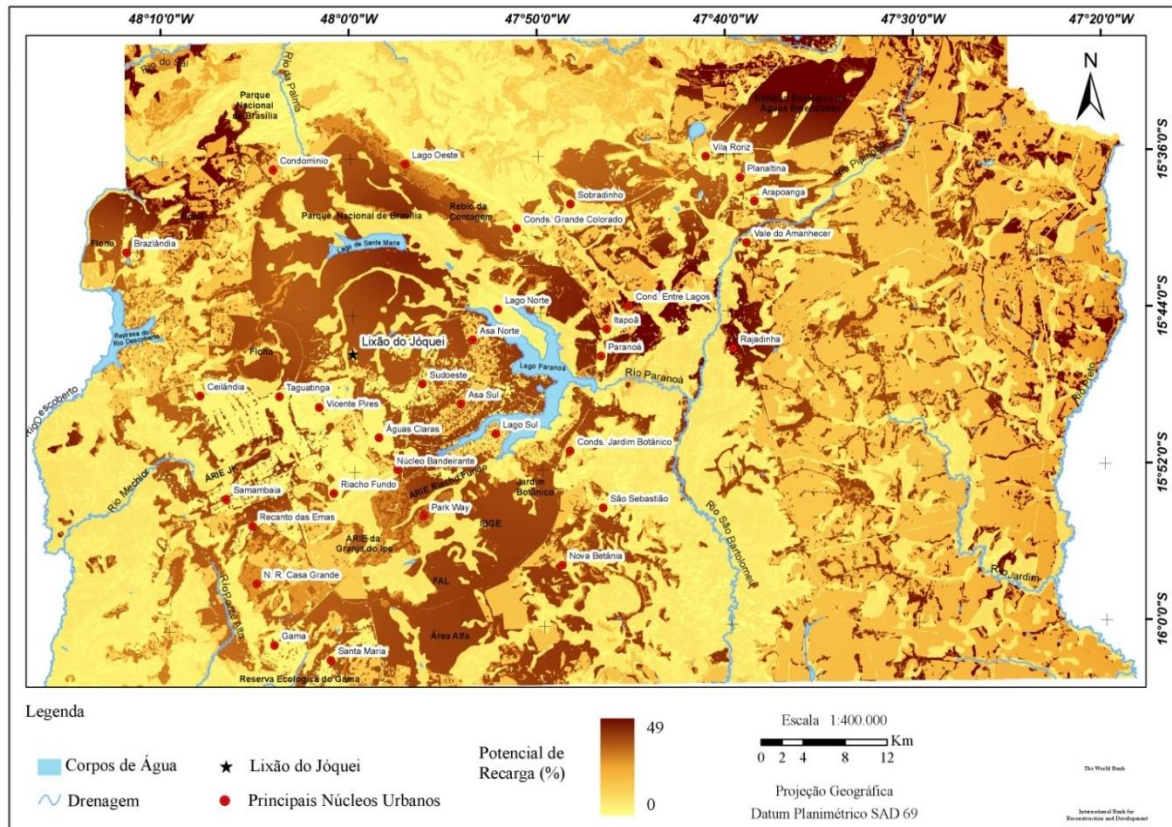


Figura 2.10 - Mapa de Potencial de Recarga do Distrito Federal. Disponibilizado no Portal Eletrônico da ADASA. Fonte ZEE-DF (2010).

No Distrito Federal são definidas como áreas de recarga regionais as regiões com relevo plano e elevado (região de Chapadas Elevadas) recobertas por solos de textura média a arenosa com elevada capacidade de infiltração.

No âmbito das fontes poluidoras presentes, e com base no trabalho de Campos & Freitas-Silva (1998), que considerou as principais atividades que são responsáveis pelas cargas poluentes dos aquíferos no Distrito Federal, e relevando-se a análise integrada dos mapas de uso mais recentes, pode-se listar as seguintes atividades com potencial poluidor mais significantes:

1. Postos de Combustíveis, principalmente ao fato de possuírem tanques enterrados passíveis de vazamentos derivados de problemas com a corrosão de tanques e tubulações;
2. Cemitérios, pelo fato da longa data de operação, de épocas que não havia regulamentações ambientais, há a preocupação constante para detecção da pluma de contaminação por necrochorume;
3. Área de Acumulação de Resíduos Sólidos, como a questão da desativação do lixão da Estrutural, os entrepostos de lixo (Sobradinho e Asa Sul) e demais locais onde há acumulação oficial ou não de resíduos sólidos;
4. Poços Tubulares e Escavados, esses casos tornam-se potenciais poluidores devido ao abandono sem obturação dos poços somado ao baixo nível técnico construtivo, que raramente

apresentam qualquer sistema de proteção sanitária. Tanto maior a probabilidade quanto maior a densidade de poços tubulares, a exemplo dos condomínios e setores rurais em expansão (exemplo: Lago Oeste);

5. Efluentes Domésticos, esse é considerado o principal fonte de contaminação das águas subterrâneas na região do Distrito Federal, principalmente em áreas onde o saneamento é feito in situ na forma de fossas e sumidouros ou fossas e valas de infiltração. Caracterizada por ser contínuo, o aporte elevado de taxa patogênica, e teores de nitrato, fósforo, sódio, cloreto e metais afetam grandes áreas contíguas e podem ter alcance nas águas profundas de maneira difusa;

6. Garagens e Oficinas, a concentração dessas atividades em setores que em alguns casos possuem localização isolada, fazem com que a emissão de efluentes com aporte de contaminantes para água e solos, principalmente associados a óleos, graxas, derivados de hidrocarbonetos e detergentes, seja cumulativo e significativo;

7. Agricultura, as fontes contaminantes são provenientes do uso intensivo tanto de fertilizantes químicos, como de agrotóxicos (herbicidas e fungicidas). As proibições legais e a utilização de agrotóxicos de baixa persistência ambiental vêm diminuindo o risco inerente a essa atividade;

8. Áreas Industriais e de Armazenamento, representados por efluentes de origem diversa e como não há ostensivo e diversificado setor industrial as fontes derivadas dessas atividades são pontuais considerados como de fonte pontual. Hidrocarbonetos e solventes químicos são os principais contaminantes;

9. Estações de Tratamento de Esgoto, as lagoas de estabilização e oxidação, o sub dimensionamento dos sistemas coletores são os principais riscos ao aquífero nas operações de saneamento sanitário.

CAPÍTULO 3

PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA SUBTERRÂNEOS DO DISTRITO FEDERAL

3.1 Considerações Gerais

A presente proposta para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal foi construída seguindo a dinâmica metodológica específica elaborada nesse trabalho para a efetivação desse instrumento e é apresentada de forma esquemática na Figura 3.1. Esta proposta contempla o tratamento dos dados com base científica, os conhecimentos acadêmicos sobre o território, as exigências legais vigentes com adaptações, e suas interações temporais e espaciais.

Os propósitos técnicos científicos alcançados, e que serão apresentados nesse capítulo, foram:

- ✓ Elaboração de metodologia dinâmica para concretização do instrumento Enquadramento de Corpos de Águas Subterrâneos, produção fluxograma de execução;
- ✓ Interpretações hidrogeoquímicas: apresentação, justificativas e embasamentos dos parâmetros químico-físicos escolhidos para compor as classes do Enquadramento de Aquíferos, limites e seus usos preponderantes no Distrito Federal;
- ✓ Aplicação de tratamento estatístico nos resultados das análises de água da série histórica dos poços da Rede de Saneamento Rural e Urbano da CAESB, e os da rede de monitoramento ADASA disponibilizados por esses órgãos;
- ✓ Proposta de Enquadramento dos Aquíferos dos Domínios Fraturado e Físsuro-Cárstico do Distrito Federal e apresentação dos respectivos mapas;
- ✓ Proposta da periodicidade do Enquadramento de Aquíferos e Ações de Gerenciamento.

A dinâmica apresenta três grandes momentos: Diagnóstico, Avaliação Técnica e Validação Socioinstitucional. Neste trabalho foram elaboradas as duas primeiras etapas aplicadas ao território do Distrito Federal, além das discussões a respeito da periodicidade da revisão do Enquadramento.

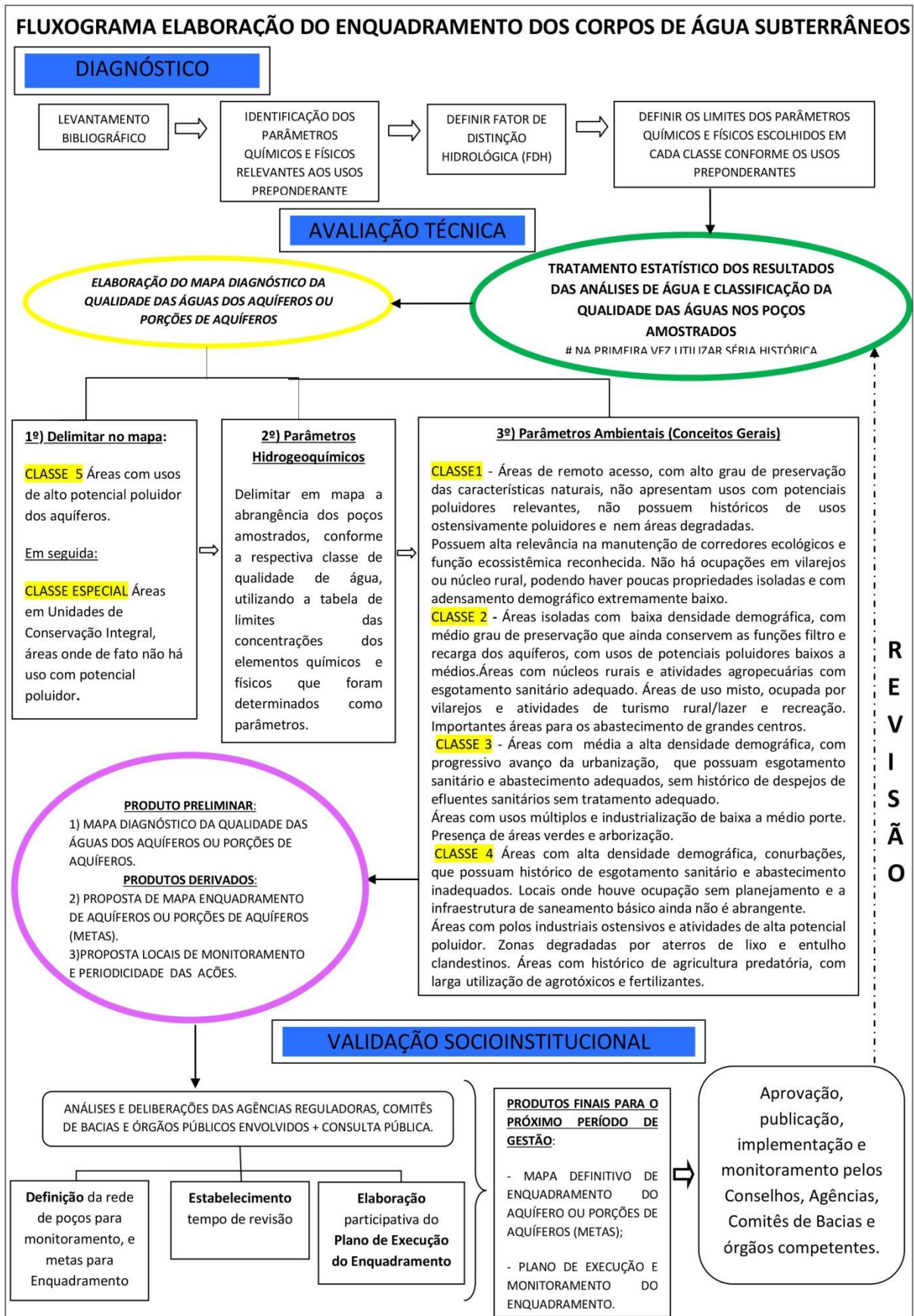


Figura 3.1 - Fluxograma da metodologia para a operacionalização do Enquadramento de Corpos Hídricos Subterrâneos.

3.2 Diagnóstico

O Diagnóstico dos aspectos inerentes ao uso e a caracterização do elementos químico e física dos aquíferos ou porções de aquíferos de interesse é o somatório do levantamento bibliográfico, da identificação dos principais parâmetros químicos e físicos dos aquíferos (passíveis de alterações mediante os usos atuais e previstos), da definição dos limites das concentrações dos parâmetros anteriormente escolhidos para formar cada classe de qualidade das águas conforme os usos preponderantes e da definição do Fator de Distinção Hidrogeológica.

3.2.1 Levantamento Bibliográfico

A reunião do conhecimento a respeito do meio físico, sua caracterização e peculiaridades é o primeiro passo para elaboração do Enquadramento dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos. As constatações e estudos realizados embasarão e nortearão as escolhas dos parâmetros hidrogeoquímicos, químicos e físicos, que deverão ser relevados e os que deverão ser desconsiderados, também apontarão a tendência vocacional no uso e ordenamento do território a ser abrangido.

Inicialmente para compor o diagnóstico dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos dos Domínios: Fraturado e Físsuro-Cárstico do Distrito Federal, seus usos preponderantes, e escolher quais parâmetros químicos e físicos são relevantes para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneo, foi importante sintetizar do levantamento bibliográfico as seguintes constatações:

- O Distrito Federal não possui escala expressiva de industrialização atuante. Conforme anteriormente descrito no item 2.3.4, este setor não é representativo em ocupação de área e suas fontes poluidoras são consideradas não diversificadas e pontuais uma vez que se localizam em setores específicos do território, concentrando-se nos polos industriais (Polo Industrial JK) e/ou Setores de Indústria e Abastecimento (SIA);

- Ainda sobre a distribuição da ocupação da indústria no Distrito Federal pode-se diagnosticar que é concentrada na região centro sudoeste, em áreas urbanizadas, e não tem altas contribuições de metais pesados comparado a polos industriais ostensivos;

- As zonas rurais possuem expressão significativa em área de ocupação no território, concentrando-se na porção leste, sudoeste e noroeste do DF. Logo, a utilização primordial de pivôs para irrigação, o uso de agrotóxicos para controle de pragas, e a utilização de fertilizantes químicos para adubação do solo são fatores conjugados que eclodem em consideráveis potenciais poluidores para os aquíferos subjacentes;

- Os núcleos rurais, considerados de uso misto, não são contemplados com rede de saneamento e apresentam esgotamento sanitário deficiente por meio de fossas;

- Devido às deficiências na cobertura de saneamento básico e abastecimento da rede de água principalmente nas zonas rurais, em busca de ampliar o alcance desses serviços essenciais

foram instaladas a Rede de Poços de Abastecimento Rural pela CAESB, juntamente com os esforços para implantação de fossas sépticas em substituição às fossas negras. Contudo, a poluição dos aquíferos, principalmente por Coliformes Termotolerantes e níveis significantes da série NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) são constantes nessas áreas, tal fato é revelado na avaliação dos dados de análises de água da série histórica do DF, em especial os amostrados nos poços monitorados pela CAESB;

- O setor de maior expressão econômica no Distrito Federal é o de prestação de serviços, esse fato reflete a crescente urbanização territorial consequente da expansão populacional notória das últimas décadas. Nessas áreas urbanas consolidadas há uma cobertura ampla dos serviços de saneamento básico e abastecimento de água, porém a efetiva impermeabilização dos solos, o carreamento de poluentes em especial da série dos BTEX, e as crescentes áreas sob efeitos de processos erosivos derivados do insuficiente disciplinamento das águas pluviais consistem nos impactos a serem mitigados visando recuperar a potencialidade e qualidade dos aquíferos subjacentes;

- Atualmente os usos com potenciais poluidores mais expressivos são os equipamentos públicos de utilidade primordial, tais como cemitérios, aterros sanitários, Estação de Tratamento de Esgoto, os quais demandam previsão de monitoramento e medidas de contenção mais ostensivas que são determinadas na presente proposta de monitoramento do Enquadramento de Corpos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal;

- A questão dos contaminantes originados de pontos de abastecimento e postos de combustíveis possui o caráter de passivo ambiental, uma vez que a legislação em vigor prevê a troca dos tanques antigos por mais modernos, com duplo revestimento aliada ao controle e prevenção dos vazamentos;

- As áreas de mineração atuantes correspondem na sua totalidade insumos voltados para construção civil, tendo sua maior expressividade na região da Fercal, nordeste do Distrito Federal, onde se localiza as lentes calcárias viáveis e passíveis de exploração. O impacto é pontual, embora de alto potencial poluidor para os aquíferos, e também são demandados para essas atividades a previsão de monitoramento e medidas de contenções específicas e mais rigorosas determinadas no Licenciamento Ambiental e no Enquadramento de Corpos Hídricos Subterrâneos;

- O Distrito Federal apresenta em torno de 85% de sua área sob a legislação de diferentes modalidades de Unidades de Conservação, o que implica em previsão de controles ambientais legais, com dispositivos de regularização importantes para proteção dos aquíferos. Estes controles incluem: regulação da porcentagem de impermeabilização do solo, inibição do uso de algumas fórmulas de agrotóxicos e mecanismos obrigatórios de recarga artificial.

Os demais conceitos incorporados nessa etapa, principalmente os consensos hidroquímicos e hidrogeológicos, serão apresentados oportunamente nas próximas etapas.

3.2.2 Identificação dos Parâmetros Químicos e Físicos Relevantes ao Uso e Definição do Fator de Distinção Hidrogeológica (FDH)

A identificação dos parâmetros químicos e físicos para compor a lista de análise que refletirá a qualidade da água dos aquíferos ou porções de aquíferos deverá ser composta por elementos indicadores que possuam concentrações com variação analítica significativa e contemplem satisfatoriamente as possíveis fontes poluidoras presentes na região.

A Resolução CONAMA nº 396/2008 apresenta uma lista em seu anexo dos possíveis elementos a serem utilizados e preconiza os três obrigatórios: Sólidos Totais Dissolvidos, Coliformes Termotolerantes e Nitrato (expresso em N). Tais indicadores inferem potenciais fontes poluidoras de efluentes sanitários sem tratamento adequado, despejados diretamente na superfície, a qual constitui a principal causa de má qualidade das águas e assim a maior preocupação na abordagem química.

Os Coliformes Termotolerantes e Nitrato (expresso em N) já possuem determinações dos limites toleráveis para os usos preponderantes, tanto científicos como legais. Já os Sólidos Totais Dissolvidos é um parâmetro que dependerá das características geológicas naturais de cada região, logo seus limites deverão ser determinados a partir dos conhecimentos enraizados e da interpretação dos dados de análise disponíveis.

Porém, ainda que o local apenas apresente usos rudimentares, ou não haja uso na área, apenas esses três parâmetros são insuficientes para avaliar a qualidade das águas, que naturalmente podem não ser propícia para usos mais nobres (consumo humano, dessedentação animal, irrigação e recreação).

Assim, além desses três obrigatórios, o grupo de parâmetros hidrogeoquímicos deverá ser composto por elementos de expressiva mineralização natural e que detectam as diversas fontes poluidoras possíveis. A variação analítica da concentração de cada um deles tem que permitir a distinção dos usos preponderantes, principalmente transpassando os níveis de potabilidade da água, pois a análise de um elemento que localmente apresente valores máximos dentro do limite permitido para os usos preponderantes se torna desnecessária para classificá-la.

Um importante aspecto constatado nesse trabalho é que cada classe de qualidade agrupa uma quantidade progressiva de elementos químicos e físicos a serem analisados, viabilizando a execução da Classificação das Águas dos Poços amostrados.

Ao contrário do que usualmente é realizado, não se faz necessário a análise do grupo com maior quantidade de parâmetros (Classe 5) em todas as amostras de água dos poços. Esse fato se torna lógico e dinâmico quando se determina indicadores que refletirão as características de qualidade de cada Classe, por exemplo: a presença de Benzeno e Fluoretos são indicativos da Classe 3 e serão analisados quando os limites dos demais parâmetros da Classe 2 forem extrapolados.

Além dos indicadores que parametrizam a mudança da qualidade de água de cada Classe, é essencial que a Classificação apresente elementos que reflitam as características hidrogeoquímicas e hidrogeológicas dos aquíferos abordados. A presente proposta denomina esses parâmetros como Fator de Distinção Hidrogeológica (FDH).

A escolha desse fator deve considerar os elementos que possuam variações nas concentrações capazes de distinguir os domínios maiores de aquíferos ou porções dos mesmos, que possuam correlações diretas com as características naturais marcantes e também reflitam a qualidade da água. O FDH é essencial para que os conhecimentos hidrogeológicos sejam disponibilizados para os gestores e atores do instrumento de gestão, e sejam assim considerados nas tomadas de decisões.

A elaboração e esclarecimento do FDH, no contexto de gestão dos recursos hídricos, impede que valores e parâmetros não exequíveis sejam almejados para quantificar e qualificar as águas subterrâneas. Evita-se o equívoco de generalizar a qualidade da água com parâmetros e em níveis que naturalmente não ocorreriam em determinadas regiões. Torna o instrumento compatível com a realidade sustentável de uso dos recursos locais, além de conferir viabilidade na execução das análises químicas.

A partir da concepção do FDH, por exemplo, pode-se inferir que em sistemas de aquíferos com ampla variação litológica o grupo dos metais com mobilidade química considerável configurarão os elementos mais indicados para compor esse fator.

Os metais geralmente são bons indicadores da qualidade da água e a maioria possui seus limites toleráveis definidos para diferentes usos, e suas anomalias provavelmente viriam de fontes industriais conhecidas.

Já para sistemas com pouca diversidade litológica e usos com potenciais poluidores baixos a médios, o FDH poderá ser composto por parâmetros de ocorrências comuns de mais fáceis detecções e análises menos onerosas.

Como o caso do Distrito Federal, onde se tem dois domínios de aquíferos profundos distintos: o Fraturado e o Físsuro-Cárstico, o FDH é composto pelos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e pela característica do domínio possuir ou não contribuição de rochas carbonáticas, sendo que o fato de possuir contribuição carbonática implica diretamente nas características de vazões e potencialidades desses aquíferos, diferenciando-os dos que não possuem, o mesmo ocorre com relação ao STD, mais elevado nas que possuem tal contribuição.

Assim no processo de definição do FDH para os Aquíferos dos Domínios Fraturados e Físsuro-Cárstico do Distrito Federal foram considerados os seguintes fatores: i) dessas águas subterrâneas serem pouco mineralizadas por possuírem alta taxa de circulação; ii) a baixa reatividade das rochas reservatório, e; iii) apenas as águas que percolam rochas carbonáticas apresentarem STD mais elevados, Campos (ZEE-DF 2010).

Como poderá ser observado na Tabela das Classes de Qualidade, que será apresentada a seguir, e seus respectivos limites de concentração, esses dois parâmetros deflagram qual domínio aquífero a água percola, evitando a generalização do tipo de mineralização e assim a cobrança de limites irreais.

Além dos três obrigatórios e o FDH, foram determinados outros 16 (dezesseis) elementos que contemplam as possibilidades das possíveis fontes de contaminantes presentes no Distrito Federal, elencadas a partir da análise do uso e ordenamento do território.

O conjunto escolhido diminui consideravelmente o conjunto de parâmetros para caracterização de cada classe dos 92 (noventa e dois) possíveis apresentados pela CONAMA para 20 (vinte), pois foram baseados nos critérios de parâmetros químicos e físicos que possuem variações significativas perante as condições ambientais locais e/ou regionais conhecidas.

Com a redução do número de parâmetros a serem analisados, tanto a Classificação da Qualidade das Águas quanto o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos se torna uma ação exequível e compatível com os conhecimentos técnicos científicos já consolidados no local a ser desenvolvido.

O grupo escolhido caracteriza a qualidade das águas para os usos preponderantes mais restritivos (usos nobres): consumo humano, dessedentação animal e irrigação. Atende também a exigência obrigatória dos três parâmetros exigidos na Resolução CONAMA nº 396/2008. A Tabela 3.1 elenca os elementos e representa uma adaptação da dinâmica de justificativa de motivação da inclusão de cada parâmetro proposta no Anexo II da referida resolução.

Esse exercício deverá ser feito anteriormente a definição dos limites para que possam ser visualizados como um conjunto que caracteriza cada Classe de Qualidade da Água, extinguindo os parâmetros redundantes e buscando a abrangência das situações diagnosticadas no território.

Tabela 3.1 - Justificativa de escolhas dos parâmetros físico-químicos para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneo do Distrito Federal.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	ORIGENS NO DF	JUSTIFICATIVA/MOTIVAÇÃO DA INCLUSÃO
Benzeno Tolueno Estireno Xilenos	Contaminações por postos de gasolinas ou pontos de abastecimento. Fonte de atividades que usam óleos e graxas e são setorizados, tais como garagem e oficinas.	A série BTEX abrange os graus de contaminação por hidrocarbonetos e derivados, sendo adequada para distinguir o limite dos usos menos restritivos e delimitar a potabilidade das águas.
Ferro Dissolvido (Fe) Cobre (Cu) Chumbo (Pb) Cromo (VI e III)	A distribuição de Ferro Dissolvido têm ocorrências naturais no Distrito Federal controlada pelos solos oxidados e matéria orgânica, argilominerais, minerais detríticos em rochas metassedimentares (feldspatos, micas e sulfetos), quando dessa origem apresentam-se em concentrações extremamente baixas. As fontes de Cobre, Chumbo e Cromo são de origem antrópicas.	Valores anômalos desses metais podem indicar fontes contaminantes de aterros e/ou depósitos de lixo e necrochorume no DF. O lodo gerado nas ETE do DF não apresentam teores de metais pesados, por não haver setor industrial significativo que implique em altas concentrações de metais pesados presentes no sistema de saneamento.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	ORIGENS NO DF	JUSTIFICATIVA/ MOTIVAÇÃO DA INCLUSÃO
Clostrídios	<p>Detecção de contaminação por esgotamento sanitário inadequado antigo.</p> <p>Detecção do necrochorume</p>	<p>Acompanhar fonte de contaminação de cemitérios e antigas contaminações por despejos de efluentes sanitários sem tratamentos. A modernização das técnicas de sepultamento e dos cemitérios deu início recentemente deixando um passivo ambiental que pode refletir na qualidade da água, assim como locais que por muito tempo não possuíram esgotamento sanitário adequado, sendo os Clostrídios um indicativo dessas contaminações.</p>
<p>Cloretos (Cl)</p> <p>Sódio (Na)</p> <p>Manganês (Mn)</p>	<p>Cloro, Manganês e Sódio são alguns dos principais elementos que mineralizam as águas regionais, as quais foram classificadas quimicamente por Mizuno (2012) como cloretadas magnesianas e/ou sódicas.</p> <p>No DF as anomalias desses elementos provavelmente tem origem em esgotamento sanitário inadequado, secundariamente podem ter origem de efluentes industriais.</p>	<p>Altas concentrações desses elementos revelam saneamento sanitário inadequado ou mal dimensionado. Apesar de ser um bactericida as anomalias de Cloro também pode indicar o uso ostensivo de fungicidas.</p>
<p>Coliformes Termotolerantes (CTT)</p> <p>Coliformes Totais (C_Tot)</p> <p>Nitrato (NO₃) expresso em Nitrogênio (N).</p>	<p>Os Coliformes Termotolerantes são originados nos esgotamentos sanitários não tratados, e foram representados nos dados da série histórica pela bactéria <i>E. Coli</i>.</p> <p>Os Coliformes Totais também abarcam os Coliformes Termotolerantes e originam da mesma fonte.</p> <p>O Nitrato, expresso em N, consiste em outro parâmetro que pode apresentar valores anômalos devido ao despejo de esgotamentos sanitários sem tratamento, e também pelo uso de fertilizantes de solos pela agricultura.</p>	<p>Além de configurarem dois dos três Parâmetros Mínimos Obrigatórios pela CONAMA, a simples confirmação de qualquer valor de concentração desses parâmetros, já indica fontes poluentes de esgotamento sanitário influenciando na qualidade da água. Logo, são parâmetros que delimitam os usos mais restritos (consumo e irrigação), refletindo a potabilidade da água. Os valores de concentrações do Nitrato e os Coliformes totais também evidenciam a longevidade da contaminação e possibilita inferir se a fonte é contínua.</p>
<p>Íon Fosfato (PO₄⁻²)</p> <p>Potássio (K)</p>	<p>No Distrito Federal a fonte principal desses elementos se deve ao uso intensivo de fertilizantes na agricultura.</p>	<p>As altas concentrações desses elementos indicam o uso nocivo de produtos químicos pela agricultura, uma vez que as principais fontes contaminantes é a utilização de fertilizantes e agrotóxicos agrícolas da série NPK. Também configuram um bom parâmetro para distinguir os usos preponderantes, já que a variação da concentração apresentada na série histórica permite distinguir os usos preponderantes.</p>

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	ORIGENS NO DF	JUSTIFICATIVA/ MOTIVAÇÃO DA INCLUSÃO
Fluoreto (F)	Os sistemas de aquíferos locais não apresentam mineralizações naturais das águas por fluoreto. Logo, se constatado concentrações anômalas as fontes contaminantes originárias são devido às ações antrópicas.	A série histórica das análises revelou que os valores de fluoreto apresentaram uma variação ampla, a ponto desse composto permitir delimitar os usos restritivos, favorecendo a distinção entre as classes do Enquadramento de Aquíferos, principalmente delimitando o limite de potabilidade.
Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Contribuição Carbonática (Sistema de Aquífero)	Os valores de Sólidos Totais Dissolvidos, quando não influenciados por fontes contaminantes, no caso do Distrito Federal indicam o tipo da mineralização natural dos aquíferos, correlacionado diretamente com o fato do Domínio de Aquífero ter ou não Contribuição Carbonática.	Além do SDT ser um dos parâmetros mínimos obrigatórios, ele compõe juntamente com o dado se há ou não contribuição carbonática nas águas, formando o Fator de Distinção Hidrogeológica (FDH), agregando à classificação características inerentes ao domínio do aquífero e possibilitando a avaliação pertinente.

Com os parâmetros definidos agora é necessário agrupá-los para que reflitam a qualidade de cada Classe do Enquadramento de Aquíferos, e definir quais deles atuarão como indicadores de influência de fontes contaminantes dos aquíferos.

Nesse momento o raciocínio desenvolvido mostra mais eficiência quando inicialmente agrupam-se os elementos que reflitam os extremos: a pior e a melhor qualidade de água que possa ser encontrada no contexto, os quais caracterizarão as Classes 5 e 1.

Depois, quais elementos dentre os escolhidos são indicadores, seja com a presença ou valores anômalos, refletirão a falta de potabilidade, caracterizando então a Classe 4.

O limite das concentrações que ainda possibilitam a potabilidade e demais usos nobres devem ter seus valores máximos permitidos na Classe 3. Dessa maneira, as Classes Especial, 1, 2 e 3 devem possuir diferentes indicadores que progressivamente qualifique as águas cujas qualidades servirão para os usos preponderantes considerados nobres: consumo humano, dessedentação animal e irrigação.

A Classe 3 comportará os limites toleráveis para os usos nobres dos possíveis contaminantes, caracteriza águas que foram afetadas pelos usos e ordenamento do território, porém não necessitam de pré tratamentos agressivos para sua utilização.

As Classes 1 e 2 são as que refletem as águas de melhores qualidades presentes no contexto. A Classe 2 poderá ainda apresentar alguma influência de contaminantes em valores bem insignificantes ou elementos com potenciais nocivos de origens naturais (como Fluoreto derivado da mineralização por Fluorita).

A Classe Especial deverão possuir qualidade de água compatíveis com as águas da Classe 1, porém são assim consideradas por estarem em áreas de Unidades de Conservação Integral.

A Classe 4 refletirá qualidade de águas com graus de contaminações que devem ser mitigados ou receberem tratamentos adequados para possibilitar a sua utilização.

A Classe 5 deve revelar qualidades de águas passíveis de contaminação constante e progressiva, influências de usos preponderantes de cunho de interesses sociais, tais como cemitérios e aterros sanitários, e assim classificadas para que possam ter o devido monitoramento adequado visto o alto potencial poluidor do uso.

Ao utilizar essa lógica no Distrito Federal obteve-se o seguinte agrupamento dos parâmetros a serem analisados para cada Classe:

- Classe 5: todos os parâmetros correlacionados na Tabela 3.1;
- Classe 1: composto por sete parâmetros - Sólidos Totais Dissolvidos, Nitrato (expresso em N), Coliformes Termotolerantes , Coliformes Totais, Sódio e Cloro, ter ou não Contribuição Carbonática;
- Classe2: Todos da Classe 1 somado aos dados dos indicadores Manganês, Ferro Dissolvido e Potássio;
- Classe 3: Todos da Classe 2 mais os indicadores Benzeno e Fluoretos;
- Classe 4: Todos da Classe 5, avaliados sob os limites de concentração com valores que indique possibilidade de mitigações e tratamentos.

O próximo passo consistirá na delimitação dos limites de concentração para o grupo de elementos a serem analisados em cada Classe de Qualidade das Águas, onde será necessário considerar os Valores Máximos Permitidos (VMP) para cada uso, bem como os Limites de Quantificação Praticáveis (LQP) pelos laboratórios de análises, ambos dispostos no Anexo I da Resolução CONAMA nº 396/2008.

3.2.3 Definição dos Limites dos Grupos de Indicadores Escolhido em Cada Classe de Qualidade Conforme Usos Preponderantes

Após o agrupamento dos indicadores químicos e físicos, é realizada a definição dos limites das suas respectivas concentrações, concomitantemente com a determinação das características para uso e intervalos desses valores dentro de cada Classe de Qualidade, o qual será usado para Classificação das Águas no âmbito do Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos, relevando além dos respectivos usos preponderantes mais restritivos as exigências qualitativas para cada classe.

Foram considerados inicialmente, para estabelecer os limites entre as Classes de Qualidade, os Valores Máximos Permitidos (VMP) para os usos: Consumo Humano, Dessedentação Animal, Irrigação e Recreação, bem como os Limites de Quantificação Praticáveis (LQP) dispostos no Anexo I da Resolução CONAMA nº 396/2008 e na Portaria nº

518/2004 - ANVISA/MS, as quais refletem a tolerância em valores de concentrações das possíveis contaminações por esses indicadores, evidenciando os possíveis riscos danosos correlacionados aqueles diferentes usos que as águas podem ser destinadas.

A contribuição de Mestrinho (2012) torna-se importante nesse momento, uma vez que propõe o 'Esquema Simplificado para Classificação das Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA nº 396/2008' (Figura 3.2), no qual considera os Valores de Referência de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas (VRQ), os Valores Máximo Permitido para cada uso, sendo o mais restritivo VMP_{r+} e o menos restritivo o VMP_{r-}, tendo como saída o Limite de Quantificações Praticáveis (VQP).



Figura 3.2 - Esquema Simplificado de Classificação das Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA nº 396/2008. 'X' representa a concentração de um ou vários (Xn) parâmetros analisados na água, atendendo a condição X > Limite Quantificação Praticado (LQP). Fonte: Mestrinho (2012).

A Tabela 3.2 apresenta o resultado dessa delimitação das Classes de Qualidade das Águas proposta para fins do Enquadramento de Aquíferos do Distrito Federal, onde é possível verificar os indicadores químicos e físicos agrupados em cada classe. Conforme decresce a Classe de Qualidade da Água, consequentemente aumenta a permissividade dos valores das concentrações de seus indicadores, revelando assim as possibilidades e maneiras de seus respectivos usos.

Para a definição e conceitualização de cada Classe de Qualidade da Água, o Artigo 3º da Resolução CONAMA nº 396/2008 apresenta as características inerentes às águas subterrâneas para seu Enquadramento dispondo-as em seis classes, as quais são a seguir definidas e consubstanciadas nas boas práticas ambientais comprovadas, nas demandas sociais e nas possíveis ações mitigadoras e restauradoras exequíveis.

Tabela 3.2 - Tabela com agrupamento dos indicadores hidrogeoquímicos e seus respectivos valores de concentração limitantes das Classes de Qualidades de Água para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneo do Distrito Federal.

CLASSE ESPECIAL & CLASSE 1		CLASSE 2		CLASSE 3		CLASSE 4		CLASSE 5	
CARBONÁTICOS	NÃO CARBONÁTICOS	CARBONÁTICOS	NÃO CARBONÁTICOS	CARBONÁTICOS	NÃO CARBONÁTICOS	CARBONÁTICOS	NÃO CARBONÁTICOS	CARBONÁTICOS	NÃO CARBONÁTICOS
NO ₃ < 300 µg/L	NO ₃ < 300 µg/L	300 ≤ NO ₃ < 2500 µg/L	200 ≤ NO ₃ < 2500 µg/L	2500 ≤ NO ₃ < 10000 µg/L	2500 ≤ NO ₃ < 10000 µg/L	10000 ≤ NO ₃ < 20000 µg/L	10000 ≤ NO ₃ < 20000 µg/L	NO ₃ ≥ 20000 µg/L	NO ₃ ≥ 20000 µg/L
Na < 1000 µg/L	Na < 1000 µg/L	1000 ≤ Na < 3000 µg/L	1000 ≤ Na < 3000 µg/L	3000 ≤ Na < 5000 µg/L	3000 ≤ Na < 5000 µg/L	5000 ≤ Na < 10000 µg/L	5000 ≤ Na < 10000 µg/L	Na ≥ 10000 µg/L	Na ≥ 10000 µg/L
Cl < 2000 µg/L	Cl < 2000 µg/L	2000 ≤ Cl < 2500 µg/L	2000 ≤ Cl < 2500 µg/L	2500 ≤ Cl < 5000 µg/L	2500 ≤ Cl < 5000 µg/L	5000 ≤ Cl < 12000 µg/L	5000 ≤ Cl < 12000 µg/L	Cl ≥ 12000 µg/L	Cl ≥ 12000 µg/L
C_Tot Ausente	C_Tot Ausente	C_Tot Ausente	C_Tot Ausente	C_Tot Ausente	C_Tot Ausente	0 < C_Tot < 1000 NMP/100 ml	0 < C_Tot < 1000 NMP/100 ml	C_Tot ≥ 1000 NMP/100 ml	C_Tot ≥ 1000 NMP/100 ml
CTT Ausente	CTT Ausente	CTT Ausente	CTT Ausente	CTT Ausente	CTT Ausente	0 < CTT < 500 NMP/100 ml	0 < CTT < 500 NMP/100 ml	CTT ≥ 500 NMP/100 ml	CTT ≥ 500 NMP/100 ml
STD < 50000 µg/L	STD < 90000 µg/L	STD < 50000 µg/L	STD < 90000 µg/L	50000 ≤ STD < 60000 µg/L	90000 ≤ STD < 110000 µg/L	60000 ≤ STD < 100000 µg/L	110000 ≤ STD < 200000 µg/L	STD ≥ 100000 µg/L	STD ≥ 200000 µg/L
		0 < Mn < 100 µg/L	0 < Mn < 100 µg/L	100 ≤ Mn < 200 µg/L	100 ≤ Mn < 200 µg/L	200 ≤ Mn > 2000 µg/L	200 ≤ Mn > 2000 µg/L	Mn ≥ 2000 µg/L	Mn ≥ 2000 µg/L
		0 < Fe < 200 µg/L	0 < Fe < 200 µg/L	200 ≤ Fe < 300 µg/L	200 ≤ Fe < 300 µg/L	300 ≤ Fe > 3000 µg/L	300 ≤ Fe > 3000 µg/L	Fe ≥ 3000 µg/L	Fe ≥ 3000 µg/L
		0 < K < 1000 µg/L	0 < K < 1000 µg/L	1000 ≤ K < 2500 µg/L	1000 ≤ K < 2500 µg/L	2500 ≤ K < 5000 µg/L	2500 ≤ K < 5000 µg/L	K ≥ 5000 µg/L	K ≥ 5000 µg/L
				0 < Benzeno < 5 µg/L	0 < Benzeno < 5 µg/L	5 ≤ Benzeno < 10 µg/L	5 ≤ Benzeno < 10 µg/L	Benzeno ≥ 10 µg/L	Benzeno ≥ 10 µg/L
				0 < F < 1000 µg/L	0 < F < 1000 µg/L	1000 ≤ F < 2000 µg/L	1000 ≤ F < 2000 µg/L	F ≥ 2000 µg/L	F ≥ 2000 µg/L
						0 < Tolueno < 170 µg/L	0 < Tolueno < 170 µg/L	Tolueno ≥ 170 µg/L	Tolueno ≥ 170 µg/L
						0 < Estireno < 20 µg/L	0 < Estireno < 20 µg/L	Estireno ≥ 20 µg/L	Estireno ≥ 20 µg/L
						0 < Xilenos < 300 µg/L	0 < Xilenos < 300 µg/L	Xilenos ≥ 300 µg/L	Xilenos ≥ 300 µg/L
						0 < PO ₄ ⁻³ < 250 µg/L	0 < PO ₄ ⁻³ < 250 µg/L	PO ₄ ⁻³ ≥ 250 µg/L	PO ₄ ⁻³ ≥ 250 µg/L
						0 < Pb < 5000 µg/L	0 < Pb < 5000 µg/L	Pb ≥ 5000 µg/L	Pb ≥ 5000 µg/L
						Clostrídios Ausente	Clostrídios Ausente	Clostrídios Presente	Clostrídios Presente
						0 < Cr (VI e III) < 50 µg/L	0 < Cr (VI e III) < 50 µg/L	Cr (VI e III) ≥ 50 µg/L	Cr (VI e III) ≥ 50 µg/L
						0 < Cu < 200 µg/L	0 < Cu < 200 µg/L	Cu ≥ 200 µg/L	Cu ≥ 200 µg/L

Legenda:

- Cl - Cloro (Cloretos)
- C_Tot - Coliforme Total
- CTT - Coliformes Termotolerantes
- Cr - Cromo
- Cu - Cobre
- F - Flúor (Fluoretos)
- Fe - Ferro Dissolvido
- K - Potássio
- Mn - Manganês
- Na - Sódio
- NO₃ - Nitrato, expresso em N
- Pb - Chumbo
- PO₄⁻³ - Íon Fosfato
- STD - Sólidos Totais Dissolvidos

3.2.3.1 Classe Especial

A Classe Especial pelo CONAMA conceituada como as águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial.

Assim as águas classificadas como Especial no Distrito Federal localizam-se nas Unidades de Conservação Integral: Estação Ecológica de Águas Emendadas, Estação Ecológica do Jardim Botânico, Estação Ecológica da UnB, Reserva Biológica da Contagem, Reserva Biológica do Guará, Reserva Biológica do Cerradão, Reserva Biológica do Rio Descoberto, Parque Distrital do Tororó e Parque Nacional de Brasília.

A Classe Especial, quimicamente, possui os critérios mais rigorosos de qualidade dentro do conjunto possível, os quais consequentemente atendem ao uso mais restritivo do consumo humano, são nesse âmbito idênticas à Classe 1, no entanto, destinam-se prioritariamente para manutenção dos ecossistemas de interesse relevante.

No entanto, há áreas nos limites das unidades de proteção ambiental em que os aquíferos não corresponderem aos padrões exigentes dessa classe, em função da intensa pressão da expansão da ocupação e uso de solo nas zonas de amortecimento. Exemplos são as Reservas Biológicas do Guará e da Contagem e áreas com usos altamente poluentes, como é o caso do lixão da Estrutural no domínio do Parque Nacional de Brasília, que não poderão ser classificadas como Classe Especial uma vez que evidenciam a necessidade de ações urgentes de restabelecimento e restauração desses locais.

Assim, a Classificação de Qualidade das Águas nos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos, quando institui a Classe Especial, contribuirá para qualidade ambiental das ações de preservação que deverão ser previstas nos respectivos Planos de Manejo das Unidades de Conservação de Preservação Integral, podendo complementar eventuais lacunas nas ações de preservação e mitigação, pois é um instrumento cuja revisão deve apresentar uma periodicidade mais frequente.

Importante ressaltar que ao delimitar as áreas que serão da Classe Especial a equipe de especialistas deve destacar áreas que de fato não possuem usos intensivos.

3.2.3.2 Classe 1

Conceituada pela legislação como as águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais, essa Classe representa no Distrito Federal as áreas isoladas que não são impactadas pelo

crescimento populacional e não apresentam atividades potencialmente poluidoras.

Quimicamente a Classe 1 representa a melhor qualidade de água de um determinado conjunto de aquífero ou porções de aquíferos, e atende aos usos mais restritivos. No Distrito Federal encontram-se classificadas dessa maneira áreas ao Norte na APA da Cafuringa e ao sul nas adjacências do Jardim Botânico, áreas especiais do IBGE e da Marinha e na maior parte da Bacia do Rio São Bartolomeu ao centro-leste.

O desafio ao realizar o Enquadramento dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos não é apenas a manutenção do isolamento dessas áreas, mas assegurar que esses mananciais sejam utilizados de modo sustentável, compondo a reserva hídrica do local e evitando períodos de crise hídrica. Os limites das concentrações dos indicadores químicos e físicos deverão parametrizar as metas, potencializando as ações gestoras e norteando as medidas a serem adotadas para recuperação e manutenção de sistema e áreas similares.

Os limites das concentrações dos indicadores e suas respectivas justificativas que caracterizam a Classe 1 estão apresentados na Tabela 3.3, na qual foi somada por equiparação a Classe Especial.

Tabela 3.3 - Limites dos parâmetros químicos e físicos para a Classe Especial e Classe 1 para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal.

CLASSE ESPECIAL & CLASSE 1		JUSTIFICATIVA DOS LIMITES DAS CONCENTRAÇÕES PARA O DF
Carbonático	Não Carbonático	Esse parâmetro indica o Sistema e/ou Subistema de Aquífero que está sendo analisado. Classificação Campos & Freitas (1999).
NO ₃ < 300 µg/L	NO ₃ < 300 µg/L	Nitrato é um parâmetro obrigatório, sem ocorrência natural, nessa Classe seu limite admitido é insignificante comparado com os VMP para os usos nobres, e estão dentro da margem de LQP.
Na < 1000 µg/L	Na < 1000 µg/L	Sódio e Cloreto não apresentariam regionalmente valores de concentração altos em regiões sem uso ou isoladas, são elementos de fácil análise laboratorial. Assim atribui valores de <i>baseline</i> obtidos no tratamento estatístico dos dados da série histórica e também corroborado nos diversos trabalhos de hidroquímica das águas do DF.
Cl < 2000 µg/L	Cl < 2000 µg/L	
Coliformes Totais Ausentes	Coliformes Totais Ausentes	A recorrência da presença de Coliformes é um parâmetro de que haja fonte contínua de contaminação por esgotamento sanitário humano inadequado ou fezes de animais, fatos que provavelmente não devem ocorrerem em aquíferos ou porções de aquíferos classificados como Classe 1. Os Coliformes Termotolerantes também é um parâmetro obrigatório constante na Resolução CONAMA.
Coliformes Termotolerantes Ausentes	Coliformes Termotolerantes Ausentes	
Sólidos Totais Dissolvidos (STD) STD < 50000 µg/L	Sólidos Totais Dissolvidos (STD) STD < 90000 µg/L	Os STD, além de serem mais um parâmetro obrigatório, fazem um link com as características do Subistema de Aquífero que está sendo analisado, nesse caso a permissividade do limite serão maiores em águas que não possuem contribuição carbonática, cujas dissoluções químicas não são tão presentes quanto nas águas dos que possuem tal contribuição.

3.2.3.3 Classe 2

A Classe 2 é considerada as águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais.

O fato da qualidade não ser alterada não significa que as águas classificadas na Classe 2 não possam apresentar influência dos usos subjacentes. Quimicamente os valores de concentração dos parâmetros químicos e físicos determinados para caracterizar essa Classe devem atender aos usos mais restritivos, porém apresentará mais quantidade de indicadores hidrogeoquímicos a serem analisados e monitorados dos que são analisados para Classe 1.

As áreas características classificadas como Classe 2 não possuem adensamento populacional intenso, e os que ali ocupam provavelmente utilizam fontes de águas subterrâneas para desempenho de suas atividades, geralmente são núcleos rurais com uso e manejo sustentáveis dos solos ou ainda indústrias com localizações remotas que não são contempladas pela rede de abastecimento pública de água e nem pela rede de saneamento de esgotos.

A classificação da qualidade como Classe 2 demanda primordialmente medidas de manutenção e implantação de esgotamento sanitário adequado e uso sustentável do solo prevendo alternâncias na exploração das áreas dentro das propriedades e diversificação das culturas agrícolas, restrições no uso de agrotóxicos e fertilizantes, sendo portanto não necessárias medidas de recuperação e restauração ostensivas.

Para as finalidades do monitoramento do Enquadramento dos Aquíferos do Distrito Federal foram acrescentados três indicadores hidrogeoquímicos a serem analisados na Classe 2: o Manganês, Ferro Dissolvido e o Potássio. Na Tabela 3.4 são apresentados os limites das concentrações para os parâmetros que deverão ser atendidos na Classe 2.

Foram classificadas na Classe 2 quase a totalidade das áreas da Bacia do Rio Preto, a leste do Distrito Federal, áreas das Áreas de Proteção de Mananciais Corguinho e Mestre D'Armas na área de pesquisa da EMBRAPA Cerrados, a noroeste da APA de Cafuringa e a Bacia do Rio Descoberto, a sudoeste.

O Mapa de Metas, que será apresentado na proposta para o Enquadramento de Aquíferos do DF, aponta a Classe 2 o objetivo a ser atingindo nos aquíferos ou porções de aquíferos dos núcleos de expansões rurais do Lago Oeste, do centro-sul da área do IBGE e a centro leste em direção à Brazlândia.

Tabela 3.4 - Limites dos parâmetros químicos e físicos para a Classe 2 para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal.

CLASSE 2		JUSTIFICATIVA DOS LIMITES DAS CONCENTRAÇÕES PARA O DF
Carbonático	Não Carbonático	Esse parâmetro indica o Sistema e/ou Subsistema de Aquífero que está sendo analisado. Classificação Campos & Freitas (1999).
$300 \leq \text{NO}_3 < 2500 \mu\text{g/L}$	$200 \leq \text{NO}_3 < 2500 \mu\text{g/L}$	O limite superior da concentração do Nitrato, 2500 $\mu\text{g/L}$, refletirá a influência do uso de agroquímicos da série NPK na agricultura no caso do DF, porém ainda são inferiores aos VMP para potabilidade, refletindo a boa qualidade da água classificada como Classe 2.
$1000 \leq \text{Na} < 3000 \mu\text{g/L}$	$1000 \leq \text{Na} < 3000 \mu\text{g/L}$	As concentrações de Sódio e Cloretos têm seus limites máximos acrescidos com base na variação detectada nos dados da série histórica, indicando a atividade antrópica que influencia, porém não desqualifica o recurso hídrico para os usos mais nobres.
$2000 \leq \text{Cl} < 2500 \mu\text{g/L}$	$2000 \leq \text{Cl} < 2500 \mu\text{g/L}$	
Coliformes Totais Ausentes	Coliformes Totais Ausentes	A ausência desses parâmetros na classificação é primordial como limite para destinação aos usos preponderantes considerados nobres: consumo humano, dessedentação animal e irrigação. Dado que a presença já indicaria, no caso da Classe 2, essencialmente falta de isolamento sanitário desses poços. Esse critério deverá perdurar até a Classe 3.
Coliformes Termotolerantes Ausentes	Coliformes Termotolerantes Ausentes	
Sólidos Totais Dissolvidos (STD) $\text{STD} < 50000 \mu\text{g/L}$	Sólidos Totais Dissolvidos (STD) $\text{STD} < 90000 \mu\text{g/L}$	Os Sólidos Totais Dissolvidos, além de serem mais um parâmetro obrigatório, fazem um link com as características do Sistema e/ou Subsistema de Aquífero que está sendo analisado, nesse caso a permissividade do limite serão maiores em águas que não possuem contribuição carbonática, cujas dissoluções químicas não são tão presentes quanto nas águas dos que possuem tal contribuição.
$0 < \text{Mn} < 100 \mu\text{g/L}$	$0 < \text{Mn} < 100 \mu\text{g/L}$	O Manganês, Ferro Dissolvido e Potássio são os indicadores da Classe 2, encontrados nas águas dessas qualidade com baixos valores de concentração, indicando baixa influência de atividades poluidoras, porém apresentando-se sutilmente mais mineralizadas. Diferenças na composição geológica do perfil do poço devem ser as principais fontes naturais desses elementos.
$0 < \text{Fe} < 200 \mu\text{g/L}$	$0 < \text{Fe} < 200 \mu\text{g/L}$	
$0 < \text{K} < 1000 \mu\text{g/L}$	$0 < \text{K} < 1000 \mu\text{g/L}$	

3.2.3.4 Classe 3

A Classe 3, em termos legais, consiste em águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações para utilização por usos menos restritivos, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais.

As áreas onde se encontram a Classe 3 é caracterizada por adensamentos populacionais médios e zonas rurais de uso misto com intensa exploração do solo para agricultura e exploração de água subterrânea para irrigação, dessedentação animal e consumo humano.

Os centros urbanos planejados, com prévia instalação de sistema público de saneamento de esgoto e abastecimento de água, arborização notável e ordenamento territorial controlado também são geralmente classificados como Classe 3.

Quimicamente os valores máximos das concentrações dos parâmetros característicos da Classe 3 podem coincidir com os VMP para potabilidade do recurso hídrico, são reflexo de Sistemas de Aquíferos ou porções de aquíferos que sofrem alterações de fontes poluidoras mas que não apresentam níveis de contaminações nocivas que impeça os usos mais nobres.

Essa Classe representa o limiar da boa qualidade da água, logo os indicadores a serem utilizados para análise não necessariamente precisam ser muitos, mas apenas possuir a capacidade de indicar possíveis impeditivos para os usos mais restritivos, indicando fontes com médios a altos potenciais poluidores da região classificada.

Para o monitoramento no Enquadramento dos Aquíferos no Distrito Federal os indicadores escolhidos para Classe 3 foram os Fluoretos e o Benzeno, justamente por indicarem como fonte poluidora algumas das principais atividades nas áreas em expansão populacional, como os pontos de abastecimentos, postos de combustíveis e uso de produtos químicos de limpeza.

As áreas classificadas como Classe 3 no Distrito Federal foram: a urbanização de Guará-Águas Claras, as expansões de uso misto no Centro Leste no sentido Sobradinho - Planaltina e do Centro Oeste em sentido à Brazlândia, e as áreas com expansão rural do Centro Sul.

A Tabela 3.5 traz os limites das concentrações dos parâmetros hidrogeoquímicos a serem analisado para Classe 3 e suas respectivas justificativas. Como será apresentado no Mapa de Metas, as áreas diagnosticadas como Classe 3 são as passíveis de atingirem a qualidade da Classe 2, pois se tratam de ações simples de mitigação e gestão dos recursos hídricos.

Tabela 3.5 - Limites dos parâmetros químicos e físicos para a Classe 3 para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal.

CLASSE 3		JUSTIFICATIVA DOS LIMITES DAS CONCENTRAÇÕES PARA O DF
Carbonático	Não Carbonático	Esse parâmetro indica o Sistema e/ou Substema de Aquífero que está sendo analisado. Classificação Campos & Freitas (1999).
2500 ≤ NO ₃ < 10000 µg/L	2500 ≤ NO ₃ < 10000 µg/L	O limite da concentração coincide com VMP de Nitrato (expresso em N) tolerável para consumo humano constante no Anexo I da Resolução CONAMA nº 396/2008 e Portaria nº 518/2004 -ANVISA/MS.
3000 ≤ Na < 5000 µg/L	3000 ≤ Na < 5000 µg/L	Os limites superiores das concentrações de Sódio e Cloretos foram determinados baseados na análise dos valores dos dados da série histórica das águas regionais, e nos valores constantes publicados nos trabalhos dos autores pesquisados. Esses apresentam as águas, sem influências de fontes contaminantes, com concentrações desses elementos que não ultrapassaram 5000 µg/L.
2500 ≤ Cl < 5000 µg/L	2500 ≤ Cl < 5000 µg/L	

CLASSE 3		JUSTIFICATIVA DOS LIMITES DAS CONCENTRAÇÕES PARA O DF
Coliformes Totais Ausente	Coliformes Totais Ausente	A Classe 3 é a última categoria na classificação que não admite presença dos Coliformes, sendo o limiar da caracterização de águas de boa qualidade para atendimento aos usos mais restritivos.
Coliformes Termotolerantes Ausente	Coliformes Termotolerantes Ausente	
Sólidos Totais Dissolvidos (STD) $50000 \leq \text{STD} < 60000 \mu\text{g/L}$	Sólidos Totais Dissolvidos (STD) $90000 \leq \text{STD} < 110000 \mu\text{g/L}$	Na Classe 3 consta um acréscimo dos valores de limite desse parâmetro por caracterizar águas com alguma influência de fontes contaminantes, gerando maiores quantidade dos sólidos nas águas.
$100 \leq \text{Mn} < 200 \mu\text{g/L}$	$100 \leq \text{Mn} < 200 \mu\text{g/L}$	A concentração limite do Manganês é o VMP para o uso da irrigação, já que o mesmo é o menos restritivo entre os usos preponderantes constante na legislação. Sendo importante observar que para o consumo humano os valores máximos são menores, de $100 \mu\text{g/L}$. Logo esse parâmetro é um dos que poderá indicar a necessidade e tipo de tratamento prévio das águas classificadas como Classe 3 conforme a pretensão de uso.
$200 \leq \text{Fe} < 300 \mu\text{g/L}$	$200 \leq \text{Fe} < 300 \mu\text{g/L}$	O limite da concentração de Ferro Dissolvido também é o VMP para os usos de consumo humano e recreação constante no Anexo I da Resolução CONAMA nº 396/2008 e na Portaria nº 518/2004 - ANVISA/MS.
$1000 \leq \text{K} < 2500 \mu\text{g/L}$	$1000 \leq \text{K} < 2500 \mu\text{g/L}$	O limite superior da concentração de Potássio teve seu valor máximo definido em conformidade com concentrações recorrentes encontradas originalmente nas análises de águas do DF e publicado nos trabalhos consultados.
$0 < \text{Benzeno} < 5 \mu\text{g/L}$	$0 < \text{Benzeno} < 5 \mu\text{g/L}$	O Benzeno e o Fluoreto são os indicadores hidroquímicos da Classe 3, sendo sua simples presença já o suficiente para as águas serem colocadas nessa ou em classe inferior de qualidade, também possuem como limites os VMP legalmente para os usos mais restritivos em cada caso.
$0 < \text{F} < 1000 \mu\text{g/L}$	$0 < \text{F} < 1000 \mu\text{g/L}$	

3.2.3.5 Classe 4

A Classe 4 é legalmente conceituada como as águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para os usos preponderantes menos restritivo.

Assim são classificadas as águas de regiões densamente urbanizadas, onde se desenvolve atividades com potenciais poluidores baixos a altos, com grande impermeabilização dos solos e atualmente com baixa vocação natural para funções ambientais.

Quimicamente não são águas inofensivas para o contato humano, porém são inadequadas para o consumo sem que haja tratamento prévio. Os indicadores químicos escolhidos para representar a Classe 4 deve considerar as possibilidades e diversidades das fontes poluidores, de preferência de modo conjugado, ao ponto de não tornar vasta e inexequível o monitoramento do Enquadramento dos Aquíferos.

Nesse momento, onde serão provavelmente analisados metais, sulfetos e demais elementos que se apresentam nocivos em determinadas concentrações, torna-se importante ponderar as contribuições e mobilidade desses elementos nos Sistema de Aquífero ou porções de Aquíferos, de modo que não se descarte a utilização dos recursos em vista das diversas possibilidades de utilização e se vislumbre de forma objetiva as maneiras de mitigações e tratamento.

Mestrinho (2012) pondera que, especialmente para aquíferos rasos, o monitoramento de alguns parâmetros conservativos nas águas subterrâneas como cloreto, sólidos totais dissolvidos e nitrato, associados ao controle do nível da água e das fontes de poluição, é de grande ajuda.

Os indicadores escolhidos para o Distrito Federal refletem principalmente as fontes com alto potencial poluidor, influenciadas pela série de hidrocarbonetos BTEX: postos de gasolinas, ponto de abastecimentos e usinas de asfalto; conjugados aos metais Cromo e Cobre correlacionados aos aterros de lixo e entulho, e também algumas atividades mineradoras; e o Íon Fosfato originário do uso intenso de agroquímicos da série NPK. A Tabela 3.6 traz os limites dos parâmetros hidrogeoquímicos da Classe 4 e suas respectivas justificativas.

As áreas de média a alta concentrações demográficas, sem saneamento básico instalado, ou ainda com histórico de falta de infraestrutura de saneamento por tempo prolongado, com impermeabilização desordenada do solo e ostensiva atividades industriais e/ou com alto potencial poluidor caracterizam os usos que influenciam as águas classificadas como Classe 4.

Os resultados das análises da série histórica no Distrito Federal revelou que muitas áreas rurais, com densidade populacional em expansão, que não possuem saneamento básico da rede pública, estão dentro dos limites de concentração dos parâmetros da Classe 4, especialmente aqueles que indicam como fonte o esgotamento sanitário inadequado e uso intenso de produtos químicos pela agricultura. Agregando assim ao Mapa Diagnóstico várias áreas Classe 4 que estão imersas em áreas classificadas como Classe 2, tais fatores serão melhores explicados no item sobre esta série de dados.

Há uma área considerável classificada como Classe 4 na Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Águas Emendadas e expansão rural do Lago Oeste, revelando a expansão desordenada e com infraestrutura de saneamento insuficiente. Também na urbanização de Vicente Pires /Taguatinga, onde há histórico de esgotamento sanitário inadequado prolongado.

Essas são áreas que as metas de qualidade a serem atingidas precisam de uma avaliação e ações mais severas, demandando uma atenção especial no controle ambiental, nas mitigações para retomada e restituição desses locais nos próximos anos.

Tabela 3.6 - Limites dos parâmetros químicos e físicos para a Classe 4 para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal.

CLASSE 4		JUSTIFICATIVA DOS LIMITES DAS CONCENTRAÇÕES PARA O DF
Carbonático	Não Carbonático	Esse parâmetro indica o Sistema e/ou Subsistema de Aquífero que está sendo analisado. Classificação Campos & Freitas (1999).
$10000 \leq \text{NO}_3 < 20000 \mu\text{g/L}$	$10000 \leq \text{NO}_3 < 20000 \mu\text{g/L}$	Para estipular o limite superior da concentração do Nitrato (expresso em N) para Classe 4 foi adotado o dobro do valor tolerável para potabilidade, por ser valores passíveis de mitigações de fácil execução.
$5000 \leq \text{Na} < 10000 \mu\text{g/L}$	$5000 \leq \text{Na} < 10000 \mu\text{g/L}$	Para o valor do limite superior da concentração de Sódio foi adotado o dobro do valor médio máximo desse elemento, encontrado originalmente nas águas da região, descrito nos trabalhos e análises hidroquímicas realizadas, por serem valores passíveis de mitigações de fácil execução.
$5000 \leq \text{Cl} < 12000 \mu\text{g/L}$	$5000 \leq \text{Cl} < 12000 \mu\text{g/L}$	Para estipular o limite superior da concentração de Cloretos foi adotado um valor 20% acima do dobro do valor considerado na Classe 3, por ser tratar de um elemento com maior mobilidade e fontes mais comuns.
Coliformes Totais (C_Tot) $0 < \text{C_Tot} < 1000 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$	Coliformes Totais (C_Tot) $0 < \text{C_Tot} < 1000 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$	Os limites superiores da concentração desses parâmetros para Classe 4 teve como critério a metade do VMP para uso de recreação, adotando a premissa de que são águas que não são nocivas no contato humano, mas necessitam de tratamento para o consumo humano.
Coliformes Termotolerantes $0 < \text{CTT} < 500 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$	Coliformes Termotolerantes $0 < \text{CTT} < 500 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$	
Sólidos Totais Dissolvidos (STD) $60000 \leq \text{STD} < 100000 \mu\text{g/L}$	Sólidos Totais Dissolvidos (STD) $110000 \leq \text{STD} < 200000 \mu\text{g/L}$	Progressivamente a diminuição da qualidade das águas faz-se um acréscimo dos valores de limite desse parâmetro, por caracterizar águas com significativa influência das fontes contaminantes.
$200 \leq \text{Mn} < 2000 \mu\text{g/L}$	$200 \leq \text{Mn} < 2000 \mu\text{g/L}$	Para o limite superior das concentrações de Ferro Dissolvido e Manganês foi tomado dez vezes maior os VMP legalmente para consumo humano, por serem elementos que apresentam maiores desagregações e mobilidades na dinâmica hidroquímicas das fontes contaminantes antrópicas.
$300 \leq \text{Fe} < 3000 \mu\text{g/L}$	$300 \leq \text{Fe} < 3000 \mu\text{g/L}$	
$2500 \leq \text{K} < 5000 \mu\text{g/L}$	$2500 \leq \text{K} < 5000 \mu\text{g/L}$	Para o Potássio foi considerado o dobro do valor recorrente das concentrações encontradas nas análises de águas da série histórica e nos trabalhos consultados realizados no DF.
$5 \leq \text{Benzeno} < 10 \mu\text{g/L}$	$5 \leq \text{Benzeno} < 10 \mu\text{g/L}$	Nesses parâmetros foram considerados todos os VMP de concentração na Resolução CONAMA e na Portaria do Ministério da Saúde, para os usos menos restritivos dentro dos usos preponderantes dispostos legalmente.
$1000 \leq \text{F} < 2000 \mu\text{g/L}$	$1000 \leq \text{F} < 2000 \mu\text{g/L}$	
$0 < \text{Tolueno} < 170 \mu\text{g/L}$	$0 < \text{Tolueno} < 170 \mu\text{g/L}$	
$0 < \text{Estireno} < 20 \mu\text{g/L}$	$0 < \text{Estireno} < 20 \mu\text{g/L}$	
$0 < \text{Xilenos} < 300 \mu\text{g/L}$	$0 < \text{Xilenos} < 300 \mu\text{g/L}$	
$0 < \text{PO}_4^{-2} < 250 \mu\text{g/L}$	$0 < \text{PO}_4^{-2} < 250 \mu\text{g/L}$	
$0 < \text{Pb} < 5000 \mu\text{g/L}$	$0 < \text{Pb} < 5000 \mu\text{g/L}$	
$0 < \text{Cu} < 200 \mu\text{g/L}$	$0 < \text{Cu} < 200 \mu\text{g/L}$	
$0 < \text{Cr (VI e III)} < 50 \mu\text{g/L}$	$0 < \text{Cr (VI e III)} < 50 \mu\text{g/L}$	
Clostrídios Ausentes	Clostrídios Ausentes	O limite determinado pela presença ou ausência do Clostrídios difere a Classe 4 da Classe 5 pela fonte potencialmente poluidora de chorume e/ou necrochorume.

3.2.3.6 Classe 5

A Classe 5 legalmente consiste nas águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

As áreas onde as águas são classificadas como Classe 5 possuem atividades com alto potencial poluidor e geralmente são usos preponderantes por terem o caráter de utilidade pública notória. Podem consistir em áreas de disposição final de resíduos, lixões, aterros, cemitérios, atividades empreendedoras como mineração, usinas de asfaltos permanentes, polos industriais robustos e expansões populacionais sem esgotamento sanitário adequado. Outros usos com essas mesmas características, com alto potencial poluidor, também devem estar sob o escopo dessa classificação, pois deverão ser passíveis de monitoramento e atenção dos entes gestores.

Quimicamente são águas com as maiores concentrações de elementos poluidores e refletem as interações das fontes poluidoras com substratos dos solos e rochosos subjacentes e sua ação durante o tempo. Logo o grupo de indicadores analisado tem que relevar o que de fato é imprescindível detectar, para que o monitoramento seja preciso e não se torne oneroso e impraticável.

No mais é importante definir a incidência, frequência dos altos valores de concentrações em cada poço analisado que se encaixam nessa classificação, apenas uma amostra com valores altos, que se encaixa como Classe 5, não necessariamente caracteriza a qualidade real de toda a região onde o poço está instalado.

A justificativa para os valores dos limites das concentrações do grupo de parâmetros químicos e físicos que caracterizam a Classe 5 (Tabela 3.7) é que são valores que já extrapolaram os níveis de contaminação toleráveis para os usos mais nobres. Logo, as medidas mitigadoras serão certamente mais onerosas, porém o controle mais rigoroso é necessário para que não haja contaminações dos mananciais hídricos adjacentes.

No Distrito Federal a Classe 5 é inerente as regiões dos cemitérios, áreas de abrangência das Estações e Tratamento de Esgoto (ETE) da CAESB, Lixão da Estrutural e Aterro Sanitário Oeste, abrangendo também as áreas de mineração.

A maioria dos cemitérios opera há muitas décadas, onde deixaram o passivo ambiental de técnicas rudimentares de sepultamento que afetavam diretamente a zona do lençol freático. Já as áreas de mineração foram inseridas nessa classificação para possibilitar o monitoramento mais rigoroso enquanto fase de operação, e colocar como meta padrões hidroquímicos das classes de maiores qualidades, em especial orientando a fase de recuperação desses aquíferos ou porções de aquíferos degradados.

Na análise dos dados da série histórica alguns poços são classificados como Classe 5,

porém sua área de influência foram diagnosticadas na Classe 4, por tratar de fontes pontuais de esgotamento sanitário não adequado e provavelmente apresentam valores altos por serem contínuas, mas estarem num contexto de vizinhança dos poços predominantemente classificados na Classe 4.

Tabela 3.7 - Limites dos parâmetros químicos e físicos para a Classe 5 para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos do Distrito Federal.

CLASSE 5		JUSTIFICATIVA DOS LIMITES DAS CONCENTRAÇÕES PARA O DF
Carbonático	Não Carbonático	<p>Esse parâmetro indica o Sistema e/ou Subsistema de Aquífero que está sendo analisado. Classificação Campos & Freitas (1999).</p> <p>Os limites extrapolam os VMP legais das concentrações desses parâmetros e indicarão os tipos de ações mitigadoras a serem adotadas para recuperação desses aquíferos ou porções de aquíferos.</p>
NO ₃ ≥ 20000 µg/L	NO ₃ ≥ 20000 µg/L	
Na ≥ 10000 µg/L	Na ≥ 10000 µg/L	
Cl ≥ 12000 µg/L	Cl ≥ 12000 µg/L	
Coliformes Totais (C_Tot) C_Tot ≤ 1000 NMP/100 ml	Coliformes Totais (C_Tot) C_Tot ≤ 1000 NMP/100 ml	
Coliformes Termotolerantes CTT ≤ 500 NMP/100 ml	Coliformes Termotolerantes OCTT ≤ 500 NMP/100 ml	
Sólidos Totais Dissolvidos (STD) STD ≤ 100000 µg/L	Sólidos Totais Dissolvidos (STD) STD ≤ 200000 µg/L	
Mn ≥ 2000 µg/L	Mn ≥ 2000 µg/L	
Fe ≥ 3000 µg/L	Fe ≥ 3000 µg/L	
K ≥ 5000 µg/L	K ≥ 5000 µg/L	
Benzeno ≥ 10 µg/L	Benzeno ≥ 10 µg/L	
F ≥ 2000 µg/L	F ≥ 2000 µg/L	
Tolueno ≥ 170 µg/L	Tolueno ≥ 170 µg/L	
Estireno ≥ 20 µg/L	Estireno ≥ 20 µg/L	
Xilenos ≥ 300 µg/L	Xilenos ≥ 300 µg/L	
PO ₄ ⁻² ≥ 250 µg/L	PO ₄ ⁻² ≥ 250 µg/L	
Pb ≥ 5000 µg/L	Pb ≥ 5000 µg/L	
Cu ≥ 200 µg/L	Cu ≥ 200 µg/L	
Cr (VI e III) ≥ 50 µg/L	Cr (VI e III) ≥ 50 µg/L	
Cloristídeos Presentes	Cloristídeos Presentes	<p>O limite determinado pela presença ou ausência do Clostrídios difere a Classe 4 da Classe 5 pela fonte potencialmente poluidora de chorume e/ou necrochorume. Indicando usos altamente poluidores.</p>

A Tabela 3.1 reúne todos os limites das concentrações dos parâmetros químicos e físicos, bem como seu agrupamento, de todas as Classes de Qualidade da Água proposta para a implantação do Enquadramento dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos do Distrito Federal.

Cabe aqui ressaltar, a título de atualização, que os limites das concentrações também atendem aos recomendados na Portaria MS nº 1469/2011.

3.3 Avaliação Técnica

3.3.1 *Série Histórica das Análises de Águas*

A série histórica consiste na compilação do volume de dados das análises químicas de águas subterrâneas de uma determinada região, realizadas ao longo de um tempo considerável, acerca de cinco anos ou mais, que são disponibilizadas para análises e estudos correlatos. Os poços que foram realizadas as amostragem podem ser poços com propósito de exploração como destinados ao monitoramento, desde que os resultados sejam de fonte conhecida e confiável.

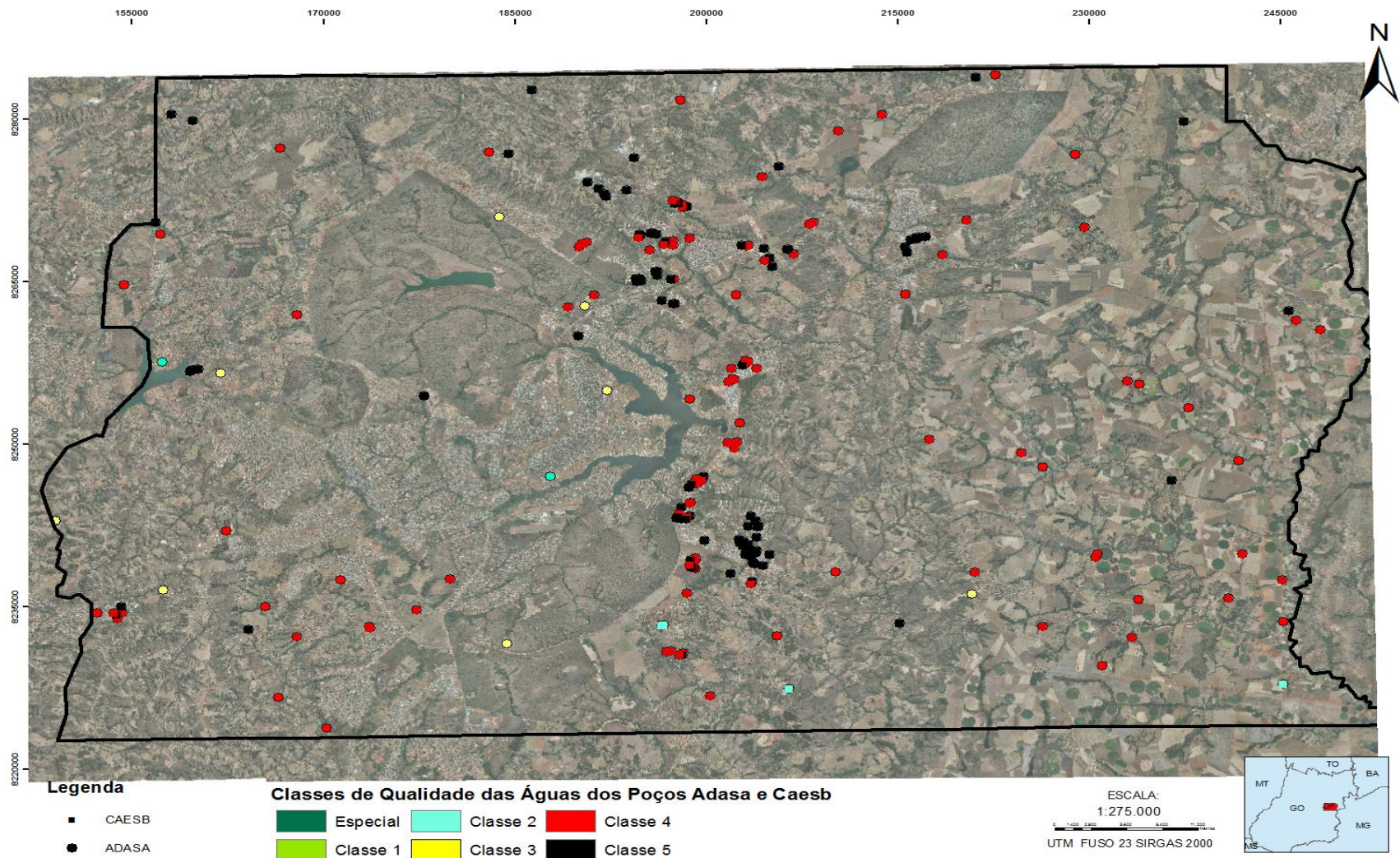
Esses resultados que muitas das vezes não possuem regularidade temporal fixa, mas manteve a frequência da amostragem ao longo dos anos, são as fontes iniciais para diversos estudos e possuem primordial importância para construção do Enquadramento de Aquíferos ou Porções de Aquíferos de uma região, seja pela assertividade dos dados ou ainda pela deficiência que eles revelam como desafios a serem superados.

A decisão de utilizar ou não os dados analíticos históricos só pode ser tomada após tentativas de abordagem e análise crítica, sendo primordial não esgotar as possibilidades de mudança e crescimento nos dispositivos legais a serem considerados. Este procedimento objetiva primar pela evolução do conhecimento dos sistemas aquíferos e suas interações com os usos.

Nem sempre há uma série histórica de análises de águas subterrâneas que possam representar os Sistemas de Aquíferos ou porções deles a serem Enquadrados, nesses casos a abrangência dos critérios ambientais devem ser mais pormenorizadas e utilizadas nas primeiras versões do instrumento. Os parâmetros ambientais serão abordados nos itens subsequentes.

A série histórica disponível para o Distrito Federal consiste nas análises de águas de 42 (quarenta e dois) poços da Rede de Monitoramento da ADASA, mais 237 poços programa de Saneamento Rural e Urbano desenvolvido pela CAESB para abastecimento de populações as quais a rede pública integrada de abastecimento não contemplava á época. A localização destes poços e sua abrangência no território foram apresentadas no Mapa 3.1.

As análises disponibilizadas pela CAESB foram amostradas entre os anos de 2006 a 2012, as análises disponibilizadas pela ADASA entre 2013 e 2015. Os parâmetros analisados pela CAESB são mais numerosos por serem poços para abastecimento, os da ADASA são reduzidos e destinados ao monitoramento daquela Agência Reguladora de Águas. A Tabela 3.8 traz a relação de análises realizadas por cada órgão.



Mapa 3.1 – Distribuição dos poços que compõe a série histórica de análises de água do Distrito Federal e respectivas classes conformes valores da Média das concentrações dos parâmetros químicos e físicos analisados.

Tabela 3.8 - Tabela dos parâmetros químicos e físicos analisados em amostras de água nos poços da CAESB e ADASA do Distrito Federal.

ADASA	CAESB	
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	Alumínio	Potássio K ⁺
Cloretos	Alcalinidade	Magnésio Mg ⁺²
Coliformes Totais	Cálcio - Ca ⁺²	Manganês Mn
Condutividade (µS/cm)	Cloro - Cl ⁻	N _{amônia}
Dureza Total	CO ₂ livre calculado	Nitrogênio N _{total}
Ferro Total	CO ₃ ⁻²	Na ⁺
Manganês	Coliformes Totais	Nitrato e Nitrito
Nível	Condutividade	pH
pH	Demanda Química de Oxigênio	Íon Fosfato - PO ₄ ⁻
Presença de E.coli	Dureza	S ⁻²
Profundidade da coleta	E. Coli	Sólidos Totais Dissolvidos
Temperatura ambiente	Flúor - F ⁻	SO ₄ ⁻²
Temperatura da amostra	Fe total	Sólidos em Suspensão
Turbidez (NTU)	HCO ³⁻	Turbidez

No presente trabalho para a avaliação e análise técnica da série histórica de análises de águas disponíveis para o Distrito Federal foi necessário, inicialmente, organizar e padronizar (com o objetivo de corrigir eventuais valores de resultados obtidos em unidades diferentes) e verificar as anomalias vislumbrando assim, as potencialidades de tratamentos estatísticos e de geoespacialização no território a ser abrangido pelo Mapa Diagnóstico de Classificação das Águas dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos.

Essa etapa detectou falhas analíticas a serem corrigidas ou evitadas na implantação e monitoramento do Enquadramento, subsidiando as orientações nas futuras revisões, que serão discutidas nos itens finais e que deverão ser aprimoradas pelas etapas subsequentes.

Assim, no caso do Distrito Federal a análise da série histórica de amostragem de água foi primordial para contextualizar as ações gestoras, além de proporcionar as reais possibilidades de utilização dos parâmetros químicos e físicos analisados. O tratamento estatístico da mesma ampliou a visão dos conceitos químicos a serem relevados para cobrança de cada classe em seu alcance e padrão exigido de qualidade.

Com a possibilidade de utilizar os dados da série histórica no Distrito Federal, coube averiguar a possibilidade de definição do *Background* e *Baseline* para embasar ou positivar as escolhas dos limites dos parâmetros escolhidos e também subsidiar as ações a serem cobradas para atingir as metas de qualidade da água. Os resultados obtidos serão apresentados nos subsequentes.

3.3.2 Tratamento Estatístico dos Resultados das Análises de Água e Classificação da Qualidade das Águas dos Poços da Série Histórica ADASA e CAESB

O tratamento estatístico dos dados de análises das águas de cada poço analisado pela ADASA ou CAESB, bem como a sua respectiva Classificação de Qualidade conforme os parâmetros químicos e físicos já estabelecidos na etapa anterior consistem em duas das contribuições dos trabalhos técnicos a serem desenvolvidos continuamente na implantação do Enquadramento de Aquíferos ou Porções de Aquíferos.

Ao executar os cálculos estatísticos, os técnicos deverão deter o conhecimento das especificidades dos processos químicos analíticos, dos procedimentos que envolvem a abertura, exploração e monitoramento dos poços, além do domínio dos significados dos valores estatísticos obtidos, suas limitações e variáveis.

Este trabalho é essencial desde primeira abordagem até o estabelecimento da rotina de cobrança e revisão do Enquadramento dos Aquíferos. Para elaboração da proposta inicial os parâmetros ambientais terão pesos maiores que os dados das análises de águas da série histórica, no entanto são as interpretações da estatística dos parâmetros químicos e físicos que permitirão a execução do instrumento.

Visto tal fato, sobre os dados tratados estatisticamente, disponibilizados pela ADASA e CAESB, pondera-se:

- ✓ Na maioria dos poços os dados das análises de água da série histórica, quando existente, não abrangiam a totalidade do grupo de elementos que foram escolhidos como parâmetros, ou ainda não tiveram uma regularidade temporal na amostragem;
- ✓ A maioria dos poços, principalmente os da CAESB, foram construídos com propósitos de serem explorados para distribuição e consumo, assim não tinham com a finalidade de monitoramento, como os da ADASA, logo, a depender de qual elemento apresenta valores de concentração anômalos tal fato possa estar relacionado com a exploração predatória do recurso hídrico;
- ✓ Os valores de média, mediana, 1º quartil, 3º quartil, mínimo e máximo compõem potenciais distintos para Classificação da Qualidade das Águas, e quanto maior for a incidência de uma determinada classe dentre esses valores pós-classificação da qualidade, maior será a probabilidade da qualidade da água corresponder aquela Classe;
- ✓ A moda não apresentou valores fieis ao universo dos dados de análises químicas das águas, pois verificou a tendência aos valores padrões de detecções do aparelho ou método analítico utilizado, por exemplo, valores expressos como

menor ou maior (elemento > [x]; elemento <[y]), ou ainda supervalorizar a falta de dados de um determinado elemento. Assim, esse recurso estatístico não é recomendado nesse contexto;

- ✓ A ausência de dados será considerada de concentração igual à zero no ato da classificação, assumindo que os valores de concentração dos elementos serão subestimados no resultado final.

O tratamento estatístico dos dados da série histórica das análises de água dos 279 poços do Distrito Federal, disponibilizada pela ADASA e CAESB, foram realizados sob preceitos e ações que viabilizaram sua consolidação e utilização dos dados e cálculos para classificação, sendo eles:

- Foi realizada a organização das amostras ao longo do tempo em cada poço, os dados originais não estavam organizados de maneira sistemática, logo a elaboração e junção de todos os resultados em tabela Excel permitiu averiguar quais poços possuíam atributos mínimos para serem analisados. O resultado dessa organização encontra-se no Anexo Digital (Arquivo: 'ESTATÍSTICA ENQ AQUÍFERO DF');
- A distribuição dos poços abrange a maioria do território e as diferentes situações presentes de ocupação e usos do território, e todos os Sistemas dos Domínios: Fraturado e Físsuro-Cárstico, como pode ser averiguado no Mapa 3.1 que traz a distribuição dos poços bem como a classe de qualidade calculada para suas águas a partir da Média dos valores de concentração do grupo de elementos anteriormente determinado.
- Quando inicialmente não houver influência da classificação das águas pelo parâmetros químicos e físicos de algum poço monitorado, a classificação será realizada com os parâmetros/conceitos ambientais,;
- Os resultados de ausência do dado e ausência do parâmetro na análise realizada teve o valor zero atribuído para a finalidade de cálculos da média, mediana, máximo, mínimo, primeiro e terceiro quartil. Esse critério é muito utilizado nos cálculos estatísticos e foram ponderados nos resultados finais: i) o fato subestima os valores de concentração dos elementos, e; ii) superestima a condição de qualidade da água classificada;
- Os valores brutos de concentrações de elementos indicados como inferiores a um determinado valor foi atribuído a metade para fins de cálculos estatísticos (exemplo: > 0,5 para fins de cálculo = 0,25), essa ação resulta em uma ponderação considerada aqui satisfatória, resultando valores intermediários de concentração dos elementos que possuem esse formato de dado, não há impacto na classificação por serem valores não coincidentes com limites das classes;
- Os valores brutos indicados como menores a um determinado valor foi atribuído o

mesmo valor para fins de cálculos estatísticos (exemplo: $< 0,5$ para fins de cálculo = $0,5$), superestimando a concentração desses elementos que apresentam esse formato de dado, porém não causando impacto na classificação;

- Os *outliers*, valores atípicos ou considerados anomalias, foram identificado com a obtenção dos valores máximos e mínimos, porém nessa primeira abordagem não foram desconsiderados pela amostragem não apresentar um periodicidade frequente e são disponibilizados no Anexo a título de maiores investigações/confirmações em outras revisões;
- O cálculo da variância das concentrações de cada elemento não teve seu significado e/ou propósito correlacionado a um fator determinístico para classificação ou ainda outro que auxiliasse na interpretação dos resultados, por esses motivos, na análise inicial, onde os dados não foram amostrados sistematicamente, foi descartado o cálculo da variância. Porém poderá ser retomado em épocas de revisão, pelo fato de ser um bom valor que reflete a amplitude do espectro amostral da concentração dos elementos nas análises de cada poço;
- A representação da distribuição das concentrações dos elementos que foram utilizados na Classificação através de gráficos de distribuição utilizou os valores obtidos da Média, porque essa obteve maior porcentagem de correspondência dentre as classificações realizadas.
- Todas essas ações estão disponibilizadas para consulta no Arquivo do Excel no Anexo Digital.

Após obtenção dos valores de Média, Mediana, Máximo, Mínimo, 1º Quartil e 3º Quartil das concentrações dos elementos analisados na água dos 279 (duzentos e setenta e nove) poços considerados, os mesmos foram Classificados conforme os parâmetros químicos e físicos pré-estabelecidos, para cada valor obtido no tratamento estatístico.

Os resultados da classificação de cada grupo de elementos, após tratamentos estatísticos, estão disponíveis no Anexo Digital no arquivo do Excel 'ESTATÍSTICA ENQ AQUIFERO DF', nas abas: 'MÉDIA', 'MEDIANA', 'MÁXIMO', 'MÍNIMO', '1º QUARTIL', e '3º QUARTIL'.

Com a finalidade de comparar os resultados dos tratamentos estatísticos aplicados, e avaliar qual resultado melhor representa a Classe de Qualidade de água de cada poço amostrado ao longo das últimas décadas, foi obtida a moda entre os próprios resultados da classificação de cada poço, e posteriormente calculado o índice de correlação, em porcentagem, dessa moda com valor correspondente do tratamento estatístico aplicado.

Assim obteve-se que a Média constitui os valores mais assertivos, com a correlação de 95,7%, seguido de 85,3% do 3º Quartil, 80,2% do Máximo, 64,5% do 1º Quartil, 57% do

Mínimo e 52% da Mediana (cálculos de correlação dispostos no Anexo Digital).

Desses resultados inferiu-se:

- Os melhores resultados para expressar a Classe de Qualidade das Águas Subterrâneas amostradas no Distrito Federal, a partir dos dados da série histórica, são a Média e o 3º Quartil;
- O fato da Média e 3º Quartil terem maiores correlações com a moda permite inferir que os valores de concentrações médios e elevados têm peso representativo na determinação das classes, implicando em classes que a qualidade da água esteja nos limites da potabilidade.
- O fato de o valor Mínimo apresentar a menor correlação com a moda indica que provavelmente a maioria dos poços possui contribuição de fontes externas que modificam a qualidade da água. Por outro lado, o valor Mínimo, se mostra um bom índice para instituir um marco zero nas redondezas dos poços monitorados.

O Mapa de Distribuição dos Poços ADASA e CAESB (Mapa 3.1) traz o resultado dessa classificação das águas de cada poço para os valores da Média das concentrações dos parâmetros, obtidos no tratamento estatístico da série histórica de dados de análises de água de 279 poços. Obtendo-se 10 (dez) poços na Classe 2, 08 (oito) na Classe 3, 126 (cento e vinte seis) na Classe 4 e 135 (cento trinta e cinco) na Classe 5.

Importante ressaltar que essa proporção da classificação das águas dos poços não é a mesma em área, como poderá ser visto na elaboração do Mapa Diagnóstico da Qualidade das Águas, a influência desses poços é restrita, mas importante para localizar as áreas de intervenções da gestão.

A consolidação e tratamento geoestatístico dos dados também resultaram como produto um arquivo, em formatos 'shape' e 'kmz' (Anexo Digital), contendo as informações sobre a Classificação da Qualidade das Águas em cada poço, conforme os valores estatísticos obtidos, disponibilizando nos metadados as informações dos valores de concentração dos parâmetros químicos e físicos respectivos aos valores estatístico referentes ao Mínimo.

Esse produto, conjuntamente com os gráficos de distribuição das concentrações dos elementos nortearão a definição dos valores de *background* ou *baseline*, descritos no item a seguir, e da elaboração do Mapa Diagnóstico de Classificação da Qualidade da Água dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos a ser apresentado.

3.3.3 Definição de Background e Baseline

A determinação do *background*, que nesse trabalho toma como base conceitual Galuszka (2006), que o caracteriza como uma concentração teoricamente natural, de uma substância ou elemento em uma amostra, considerando as variáveis (temporal e espacial) da área de investigação, foi realizada a partir da análise da distribuição das concentrações médias de cada

elemento predeterminado no universo amostral dos poços escolhidos para embasarem a Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos do Distrito Federal.

Para esclarecer o entendimento dos valores mais recorrentes na concentração, bem como a tendência de concentração em determinados valores na distribuição das mesmas, enquanto resultados da série histórica dos Domínios de Aquíferos Fraturados e Físsuro-Cárstico do Distrito Federal, foram confeccionados gráficos de distribuição de cada parâmetro químico e físico escolhido os quais estão dispostos na Figura 3.3.

Avaliando os resultados obtidos se pode inferir as seguintes considerações sobre os valores das concentrações, detectados na série histórica, dos elementos escolhidos para a Classificação da Qualidade das Águas no Distrito Federal:

- ✓ A maioria dos valores de concentração de ferro dissolvido quando detectados nas análises estão na faixa de 50 µg/L, sendo abaixo do limite de potabilidade legal que é de 300 µg/L, logo seria razoável determinar 50 µg/L como o *background* para esse elemento, porém atualmente é inviável estipular tal referência pois fica abaixo do LQP estipulado pela Resolução CONAMA nº 396/2008, que é de 100 µg/L;
- ✓ A maior incidência dos valores de concentrações de Potássio encontram-se até o valor de 2500 µg/L, com evidente maioria até valores máximos de 250 µg/L e próximos ao eixo zero. Tal fato reflete a indisponibilidade desse elemento nos minerais constituintes do meio físico regional, sendo apenas encontrado em argilominerais, nos quais apresentam baixa mobilidade. Logo os valores de *background* atribuído para o Potássio é 250 µg/L, por não ser totalmente inexistente no meio, e para delimitação das Classes de Qualidade de Água dos Aquíferos, tomou como limite e ponto de partida, a concentração de 1000 µg/L, nas Classes Especial e 1, por representar a maioria das concentrações registradas e ainda ser contemplado pelo LQP nos laboratórios da CAESB;
- ✓ A maioria dos valores da concentração de chumbo detectados o caracterizam como elemento traço, seu *background* nas águas analisadas gira em torno de 5 µg/L o que não impede os usos mais restritivo, porém não atinge estipulado pela Resolução CONAMA nº 396/2008, que é de 10 µg/L.
- ✓ As concentrações de Cobre e Cromo também se apresentam similares ao caso do Chumbo e *background* determinado é 50 µg/L e 15 µg/L respectivamente, dentro do limite detectado pelas análises, ressaltando que seus valores foram subestimados pois o resultado das análises apresentavam valores na forma > e/ou < , e atendem aos respectivos LQP estipulado pela Resolução CONAMA nº 396/2008, que são de 50 µg/L e 10 µg/L.

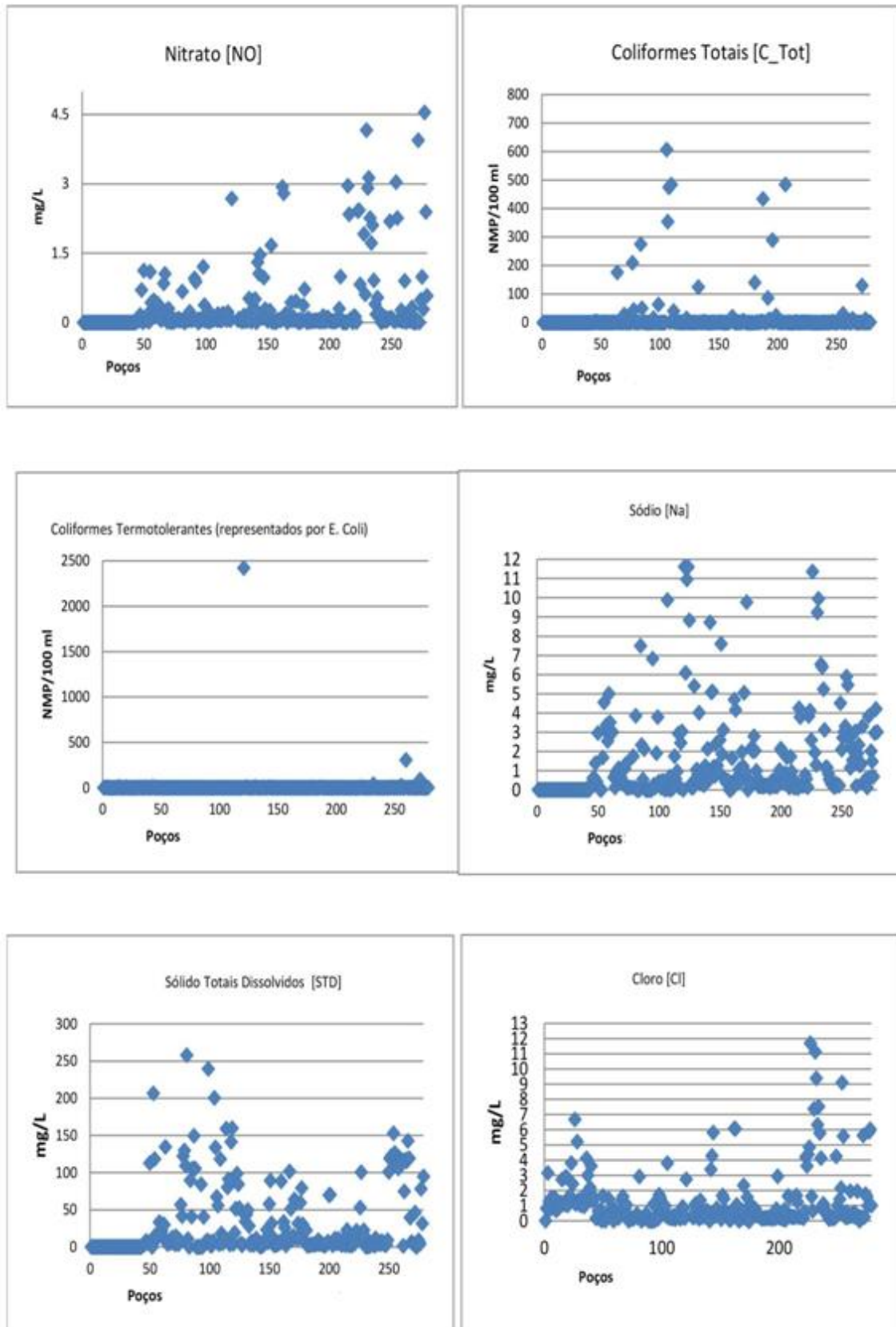


Figura 3.3 - Gráficos de distribuição das concentrações dos parâmetros químicos e físicos escolhidos para Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos, resultados dos valores da Média da Série Histórica de análises de água dos poços da ADASA-CAESB (2006-2015).

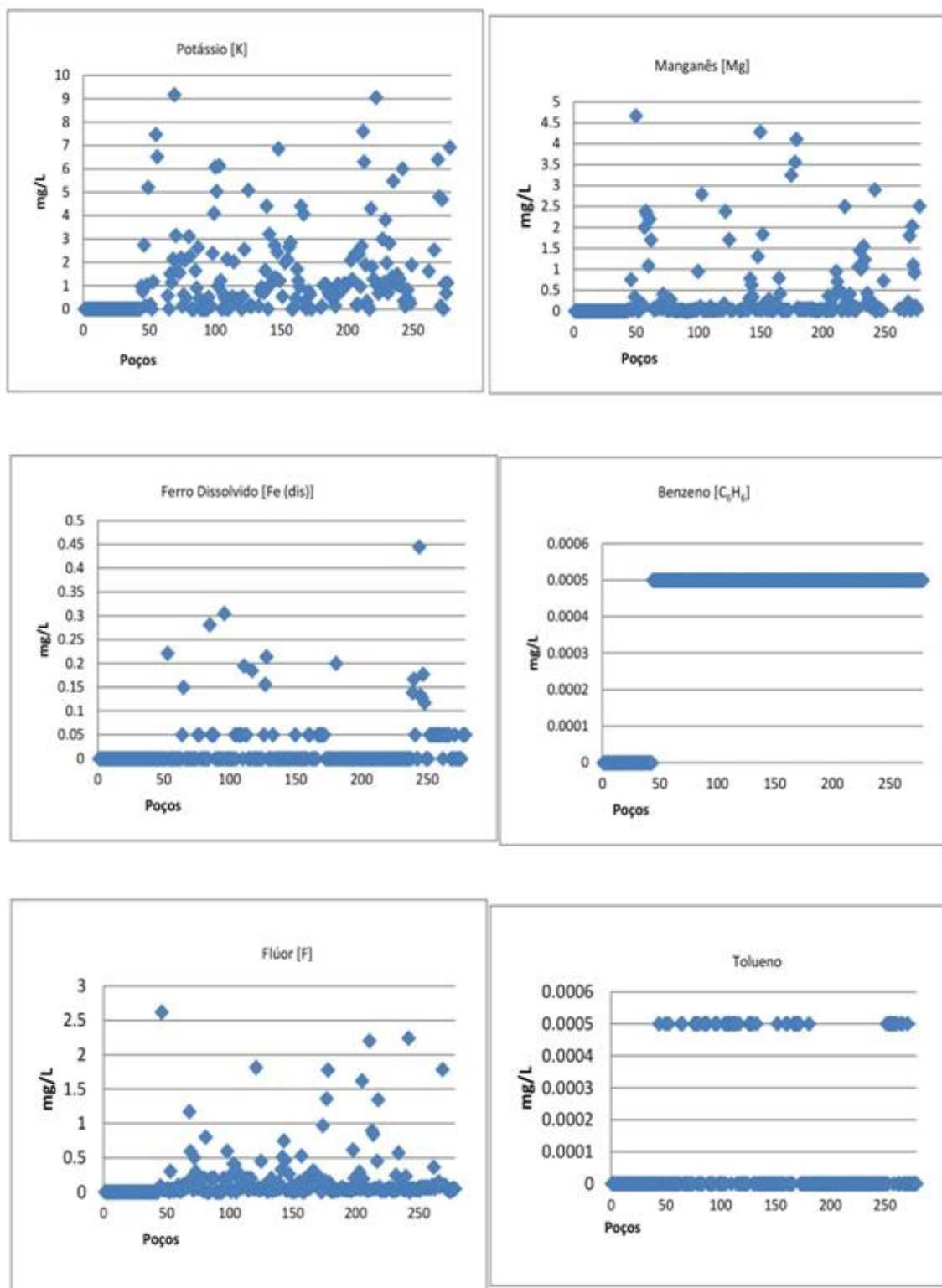


Figura 3.3 - Gráficos de distribuição das concentrações dos parâmetros químicos e físicos escolhidos para Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos, resultados dos valores da Média da Série Histórica de análises de água dos poços da ADASA-CAESB (2006-2015).

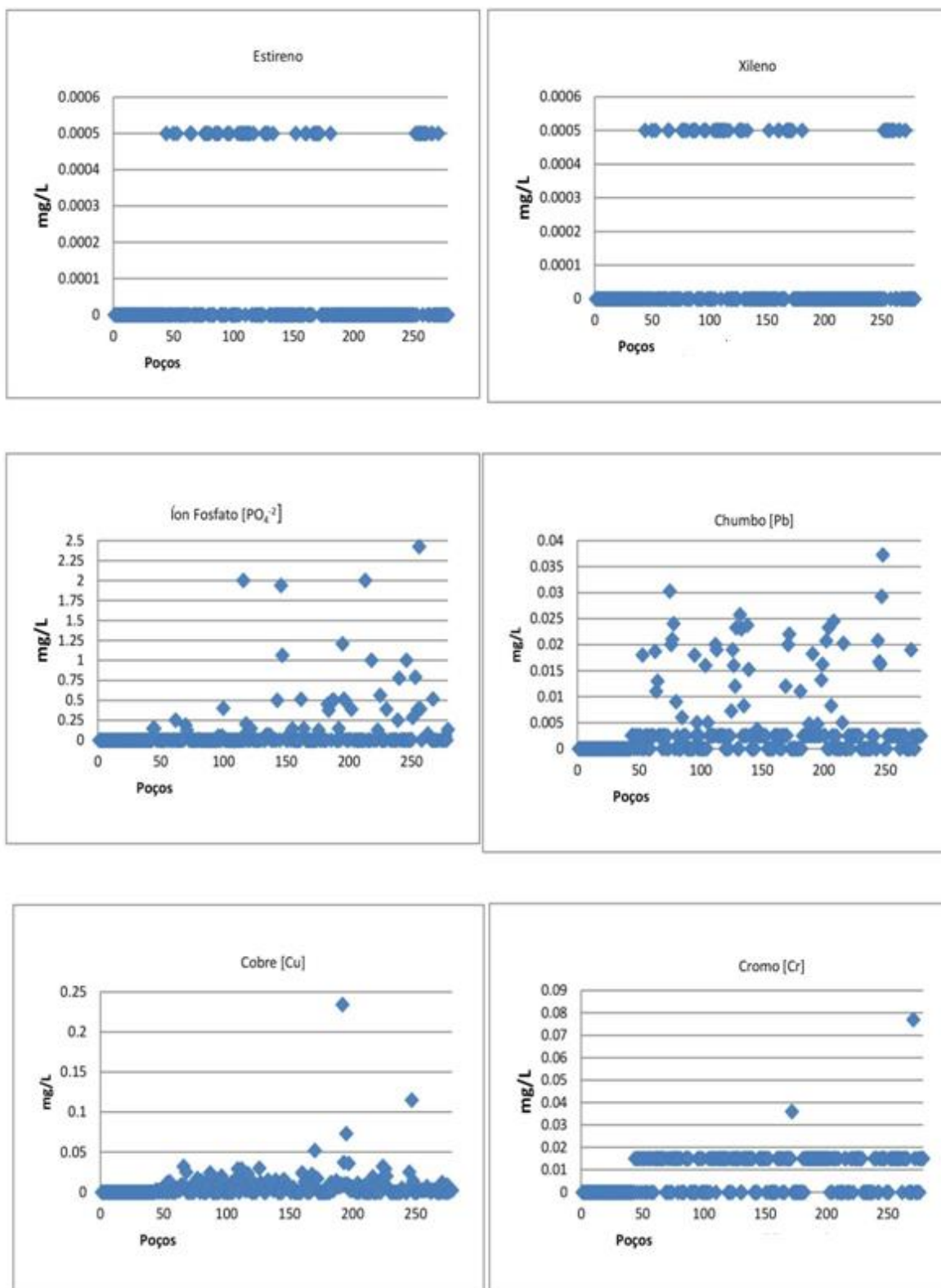


Figura 3.3 - Gráficos de distribuição das concentrações dos parâmetros químicos e físicos escolhidos para Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos, resultados dos valores da Média da Série Histórica de análises de água dos poços da ADASA-CAESB (2006-2015).

- ✓ O *background* determinado para o manganês de 100 µg/L atende o limite da potabilidade, a dispersão da concentração mostra que é um parâmetro com espectro de variação grande sendo um bom parâmetro pra qualidade e encontra-se acima dos LQP constante na legislação, que é de 25 µg/L;
- ✓ O *background* do fluoreto são valores zeros, o que já seria esperado por não ter fonte natural.

Nos elementos que representam parâmetros de fontes não naturais coube conceitualmente realizar a interpretação da *baseline*, ou seja, a linha de base referencial, cujo valor de concentração reflete a intensidade da influência das suas respectivas fontes contaminantes. Da análise do *baseline* constata-se:

- ✓ As concentrações da série BTEX mostram valores residuais provavelmente pelo distanciamento dos poços dessas fontes poluidoras;
- ✓ Para o nitrato o limite máximo da *baseline* é 1500 µg/L de Nitrogênio, onde a maioria das concentrações detectadas se encontra, bem inferiores aos VMP para os usos mais restritivos e dentro dos LQP;
- ✓ Para o sódio o valor da *baseline* é uma concentração de 1000 µg/L, sendo representativa de amostras em poços com isolamento sanitário e técnicas adequadas;

Para os coliformes não cabe estabelecer *baseline*, uma vez que se trata de um parâmetro qualitativo para as delimitações da maioria das classes e na distinção dos usos, além de haver depurações e modificações das formas ao longo do tempo.

A Tabela 3.9 traz um resumo dos valores de *background* e *baseline* obtidos para concentração de alguns parâmetros químicos e físicos e sua respectiva contribuição para o presente trabalho.

Tabela 3.9 - Valores de *background* e *baseline* e sua importância no contexto de determinação de metas a serem atingidas no Enquadramento dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos no Distrito Federal.

PARÂMETROS QUÍMICOS E FÍSICOS	BACKGROUND	BASELINE	IMPORTÂNCIA PARA O ENQUADRAMENTO DE AQUÍFEROS
Ferro	50 µg/L*	-	Os valores com baixas concentrações de Ferro e Manganês reafirmam a origem naturais desses elementos provavelmente derivados da oxidação dos solos. Sendo valores de concentrações superiores bons indicadores de mudança na qualidade da água, logo mudança na Classe.
Manganês	10 µg/L	-	
Potássio	250 µg/L		O Potássio por não apresentar um limite legal publicado e por fazer parte da série NPK, importante para análise regional, teve a maioria dos valores em torno da baixa concentração de 250µg/L, a qual pode-se tomar como limiar da classificação e <i>background</i> regional desse elemento.

PARÂMETROS QUÍMICOS E FÍSICOS	BACKGROUND	BASELINE	IMPORTÂNCIA PARA O ENQUADRAMENTO DE AQUIFEROS
Chumbo	5 µg/L*	-	Baixas concentrações, apesar de subestimadas, evidencia o caráter de elemento traço desses metais, e podem ser tomados como respectivos valores de <i>background</i> quando atenderem ao LQP
Cobre	50 µg/L	-	
Cromo	15 µg/L	-	
Fluoreto	0	-	A incidência em valores de concentração nula confirma a origem antrópica do Fluoreto no contexto regional.
BTEX	-	-	Os valores de concentração não expressivos infere que os poços foram construídos em locais sem grande influência dessas fontes contaminantes, o que impossibilitou a verificação se há um passivo presente nas águas regionais.
Nitrato, expresso em N	-	500 µg/L	Os valores máximos apresentados nesse parâmetro apresentando baixa concentração podem ser considerados <i>baseline</i> para ser considerado em futuros resultados de recuperação.
Sódio		1000 µg/L	Os valores de concentração baixos inferem, além das boas condições sanitárias, que este parâmetro regionalmente possui valores de concentrações médias a elevadas de origem não natural.

* Valores de concentração inferiores ao LQP - Limite de Quantificação Praticável/ Resolução CONAMA n° 396/2008.

3.3.4 Elaboração dos Mapas que compõem o Enquadramento dos Aquíferos ou Porção de Aquíferos e produtos derivados

Para cumprir o objetivo do Enquadramento dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos, que estimula a gestão participativa dos recursos hídricos e a proposição de metas de qualidade de água a serem alcançadas sob as condicionantes legais de sustentabilidade ambiental, serão apresentados como resultados das etapas anteriores, o passo a passo para elaboração dos três mapas que fundamentarão as futuras ações executadas na implantação do instrumento, a saber:

1º) Mapa Diagnóstico da Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos, o qual retrata a abrangência em área da classificação dos valores de concentrações dos parâmetros químicos e físicos das águas dos poços analisados na série histórica, somado aos Parâmetros Ambientais (a serem definidos);

2º) Mapa Aquíferos ou Porções dos Aquíferos Passíveis de Mudança na Classe de Qualidade das Águas, a ser proposto com objetivo de melhora na qualidade das águas e posteriormente rediscutido na etapa de Validação Socioinstitucional (Mapa Intermediário);

3º) Mapa do Enquadramento dos Aquíferos ou Porções do Aquíferos (Metas), que é um somatório dos dois anteriores resultando na disposição das Classes de Qualidades da Água que deverão ser atendidas, seja por execução de mitigações ou por técnicas ambientalmente sustentáveis, durante o período de gestão do Enquadramento até próxima revisão.

Para elaboração do Mapa Diagnóstico da Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos este trabalho propõe uma metodologia própria cuja dinâmica viabiliza a abrangência do território conjugando os fatores legais, Parâmetros Hidrogeoquímicos e Parâmetros ambientais. Assim sequencialmente devem ser executados, conforme também disposto no Fluxograma:

1º) Delimitação da Classe 5 (1º Passo)

A delimitação das áreas classificadas na Classe 5 é fundamental para se destacar os aquíferos ou porção desses aquíferos que necessitam de ações de monitoramento e mitigação mais severas e robustas. Necessariamente é feita inicialmente por abrangerem áreas menores e para que não seja sobrepostas pelos demais critérios.

Geralmente são áreas que aportam usos com altos potenciais poluidores, que configuram usos preponderantes de utilidade pública notória, como cemitérios, estações de tratamento de efluentes, aterros sanitários e mineração.

A primeira delimitação da Classe 5 possui como critério o princípio da prevenção aos possíveis danos ambientais, assegurando nos dispositivos legais o monitoramento do que notoriamente são atividades que produzem agentes poluidores nocivos ao ser humano e ecossistemas adjacentes.

Nesses casos elencados, na maioria das vezes, não há correspondência com hidrogeoquímica da qualidade da água dessas áreas com os limites determinados para Classe 5, pois não há uma sistemática de monitoramento das águas determinado legalmente, contudo o princípio legalista da prevenção sobrepõe ao critério hidrogeoquímico para que fique claro a importância da sustentabilidade dessas atividades.

Nesse primeiro passo também há a delimitação de áreas sob influência das águas classificadas na Classe 5, normalmente são áreas adjacentes aos poços cujas águas possuem má qualidade, porque ultrapassaram os limites hidrogeoquímicos estipulados. Nesses casos haverá a necessidade de se estipular ações para garantir a recuperação e melhora na qualidade desse local.

A Tabela 3.10 elenca as áreas do Distrito Federal que foram classificadas como Classe 5, as quais podem ser observadas no Mapa Diagnóstico da Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos.

Tabela 3.10 - Locais delimitados como de Classe 5 no Enquadramento de Aquíferos do Distrito Federal, 2016.

PARÂMETRO UTILIZADO CLASSE 5	LOCAIS
ATIVIDADES COM ALTO POTENCIAL POLUIDOR	Cemitério de Taguatinga
	Cemitério Asa Sul /Boa Esperança
	Cemitério de Sobradinho
	Cemitério de Planaltina
	Cemitério Brazlândia
	Cemitério Gama
	ETE Asa Sul
	ETE Asa Norte
	ETE Recanto das Emas
	ETE Riacho Fundo
	ETE Alagados
	ETE Paranoá
	ETE Planaltina
	ETE Vale do Amanhecer
	ETE Samambaia
	ETE Gama
	ETE Brazlândia
	ETE São Sebastião
	ETE Melchior
	ETE Torto
	Lixão da Estrutural / Aterro Jóquei
	Mineração CIPLAN Cimentos
	Mineração CIPLAN Argila
	Mineração Pedra Negra
	Mineração Bracal Areia
	Mineração Bela Vista Areia
	Mineração Caixeta Areia
	Mineração Votorantim Laterita
	Mineração Votorantim Argila
	Mineração Votorantim Argila
	Mineração Retiro das Pedras Cascalho
	Mineração Divitex Pericumó Argila
Mineração Agropec, S. Gabriel Areia	
Mineração Eduardo F. Melo Cascalho	
Mineração Jairo A. Soares Cascalho	
Mineração Votorantim Cimentos	
Mineração Votorantim	

PARÂMETRO UTILIZADO CLASSE 5	LOCAIS
<p>PARÂMETROS HIDROGEOQUÍMICOS ADJACÊNCIAS DE POÇOS CUJAS ÁGUAS FORAM CLASSIFICADAS COMO CLASSE 5</p> <p>PARÂMETROS HIDROGEOQUÍMICOS ADJACÊNCIAS DE POÇOS CUJAS ÁGUAS FORAM CLASSIFICADAS COMO CLASSE 5</p>	Setor Habitacional Arapongas /Planaltina
	Poço CVS 002 Quintas do Amanhecer - Planaltina
	Poço CVS 001 Loteamento Vale do Amanhecer - Planaltina
	Poço NCL 005 Condomínio Recanto da Serra/ Setor Habitacional Nova Colina - Sobradinho
	Poços NCL 001 e NCL 002 Condomínio Uberaba /Setor Habitacional Nova Colina - Sobradinho
	Poço NCL 004 Unidade Básica de Saúde de Nova Colina/ Setor Habitacional Nova Colina - Sobradinho
	Poço SB1 003 Quadra 16 - Sobradinho
	Poços MCH 002, 003, 004, 005 e 007 Cond. Mini Chácaras de Sobradinho- Setor de Mansões Sobradinho I
	Poço MNB 002 Condomínio Morada dos Nobres - Setor Habitacional Contagem
	Poços VCM 001 e VCM 002 Condomínio Jardim Ipanema -Setor Habitacional Contagem
	Poço VCM 004 Condomínio Vivenda Campestre - Setor Habitacional Contagem
	Poço GCS 004 Condomínio Colorado Ville - Grande Colorado
	Poços GCS 001, 002 e 007 Condomínio Vivendas Friburgo - Grande Colorado
	Poços CRK 002, 003 e 004 Condomínio RK - Colorado
	Poços CAR 001 e 004, Núcleo Rural Córrego do Arrozal / Planaltina
	Poços PCN 002, 003 e 004, Área Rural , DF-326 Px. Antigo Polo Cinema Sobradinho
	Poço CRL 001, Área Rural Curralinho BR-080 Brazlândia
	Poço ALM 001, Área Rural Almécegas BR-080, Entrada pela DF-205 Brazlândia
	Poço VEN 001, BR-080 Norte da Cidade de Brazlândia
	Poços IN8 001,002, 004 e 005. INCRA 8 Brazlândia, margem do Lago Descoberto
	Poço ADSF 18 SCIA, próximo ao Lixão da Estrutural
	Poço ADSF 26 Chácara Shangrilá -Lago Norte
	Poços dos Cond. do JBB, Papuda e São Sebastião. Ocupação Sem esgotamento
	Poço CBN 001, EGV 001, 002, CBV 001 e CFO 001 Área Urbana
	Poço CTG 001 DF150/DF-205 Boa Vista Fercal
	Poço NCO 001 Córrego do Ouro Fercal
	Poço CSJ 001 Comunidade São José - Planaltina
	Poço CBA 001 Barra Alta -Rural Leste DF
	Poço CFA 001 Fazenda Larga Rural Leste DF

2º) Classe Especial (2º Passo)

A próxima delimitação são as das áreas da Classe Especial, as poligonais das Unidades de Conservação de Preservação Integral, assim publicadas oficialmente, com ou sem plano de manejo oficializado, devem ser enquadradas nessa categoria.

Mesmo com essa premissa legal, a sequência da delimitação aqui se revela primordial, pois se caso haja áreas enquadradas como Classe 5 inseridas nas áreas de Unidades de Conservação de Preservação Integral, deve-se considerá-las dessa forma, para que todas as ações pertinentes possa ser executadas.

No Distrito Federal tem-se um caso clássico desse exemplo na área do Lixão da Estrutural que está inserida na poligonal do Parque Nacional de Brasília. Abaixo são elencadas as nove Unidades de Conservação de Proteção Integral que são enquadradas como Classe Especial:

- 1) Estação Ecológica Águas Emendadas - ESECAE;
- 2) Estação Ecológica do Jardim Botânico;
- 3) Estação Ecológica da UnB;
- 4) Reserva Biológica do Cerradão;
- 5) Reserva Biológica da Contagem;
- 6) Reserva Biológica do Gama;
- 7) Reserva Biológica do Rio Descoberto;
- 8) Parque Nacional de Brasília;
- 9) Parque Distrital do Tororó.

3º) Parâmetros Hidrogeoquímicos (3º Passo)

O terceiro momento na elaboração Mapa Diagnóstico da Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos consiste na utilização da classificação das águas dos poços amostrados na série histórica, após tratamento estatístico e atribuição da classe pelo valor das Médias das concentrações dos parâmetros preestabelecidos, o qual servirão para delimitar a área de influência das Classes de Qualidade 1, 2, 3 ou 4.

Recomenda-se a elaboração de um arquivo shape ('.shp') de pontos, onde o analista técnico, com dados de imagem recente, de uso do território e declividade local, possa delimitar a poligonal que representará a qualidade de água classificada em cada poço considerado na série histórica. Para o Distrito Federal foi utilizado o Mapa 3.1.

Com a evolução do instrumento e suas revisões o Mapa tende a ficar mais numeroso com as áreas delimitadas por esses parâmetros, conferindo maior objetividade técnica e clareza nos termos que servirão como indicadores da qualidade das águas.

Quanto maior a abrangência dos poços com dados, maior a precisão da Classificação da Qualidade das Águas. Se for possível, regionalmente, usar a série histórica para fazer essa delimitação, também será possível estipular as dinâmicas e padrões a serem executados na implantação do instrumento.

Para o Distrito Federal, a partir da Classificação da Qualidade das Águas, a partir de dados da série histórica disponibilizada, a dinâmica e padrões utilizados foram:

- ✓ A abrangência da qualidade das águas nos poços amostrados considerou os usos similares adjacentes, a declividade local e a extrapolação máxima de 150 metros;
- ✓ Nos locais onde os poços eram próximos e suas águas de mesma Classe foram inseridos em uma única poligonal;
- ✓ Verificou-se que o dado de fluxo preferencial do Aquífero local não influi de modo incisivo na abrangência do poço, sendo o fator preponderante os usos similares adjacentes e a declividade.

Utilizando os parâmetros hidrogeológico foram delimitadas 132 (cento e trinta e duas) poligonais no Mapa Diagnóstico da Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos, sendo dessas (em número): 50% na Classe 4, 44% na Classe 5, 4,5% Classe na 3 e 1,5% na Classe 2, o que revela que a maioria desses poços que serviram para o abastecimento em lugares que não são contemplados pelo abastecimento de água na rede pública, por ora, também foram afetados pela ausência de saneamento de esgotamento sanitário adequado. A Tabela 3.11 traz a relação, a título de exemplo, de algumas áreas delimitadas pelo parâmetro hidrogeológico, o que poderá ser checado na tabela de atributos dos arquivos formados shapes e kmz contidos no Anexo Digital.

Tabela 3.11 - Tabela de alguns locais delimitados com os parâmetros hidrogeoquímicos da Classe 1, 2, 3 e 4 para o elaboração do Enquadramento de Aquíferos ou Porções de Aquíferos do Distrito Federal, 2016.

CLASSIFICAÇÃO	LOCAL
Classe 4	Poço NCL 003 Condomínio Recanto da Serra/ Setor Habitacional Nova Colina - Sobradinho.
	Poços SB1 001 e SB1.002 Quadra 18 - Sobradinho.
	Poço SAZ 001 Cond. Serra Azul- Setor de Mansões Sobradinho II
	Poço MNB 003 Condomínio Morada dos Nobres - Setor Habitacional Contagem.
	Poço ADSF 56 Área Rural - Colorado.
	Poço CAR 003, Núcleo Rural Córrego do Arrozal / Planaltina.
	Poço CAR 005 Condomínio Nova Petrópolis - BR-020 Planaltina.
	Poço CAR 002 Condomínio Nova Petrópolis - BR-020 Planaltina.
	Poço ADSF 15 Chácara Sr. Sadão, BR-080 ao Norte de Brazlândia.
	Poço ADSF 14 Chácara Marafi, Px. ETE Brazlândia.
	Poço ADSF 12, BR -425 (DF-435) Entrada do envasamento de Água mineral Seiva.
	Poços BSV 001, 002 e 003, BASEVI e Interior ocupado da REBIO Contagem.
	Poços PRN 001, 002; ITP 001,002,004,006, 008 E 009; CNH 002 Condomínio Itapuã
	Poço NBE 001 Córrego Torto BR-020.
	Poços ADSF 07; AGQ 001,002,003,003A,004, 006 e 007. Cond. São Francisco Ceilândia.
	Poço ADSF 04 Pesque Pague Gama.
	Poços CSJ 002 E CCQ 001 Comunidade São José Rural Leste DF
	Poços NRP 001 e ADSF 43 Núcleo Rural Rio Preto Rural Leste DF
	Poço ADSF 44 Fazenda São Cristovão Rural Leste DF
	Poço ADSF 45 Fazenda São Marcos Rural Leste DF
	Poços ADSF 41 e NCR 001 Cariru/Fazenda Yanoama DF-270 Rural Leste DF.
	Poço ITA 001 Acesso pela DF-275 Itapeti Rural Leste DF.
	Poço ADSF 39 Núcleo Rural Itapeti Rural Leste DF.
	Poço CTC 001 Três Conquistas Rural Leste DF.
	Poço NTB 001 Núcleo Rural Tabatinga Rural Leste DF.
	Poço ADSF 42 Núcleo Rural Tabatinga Rural Leste DF.
	Poço NBV 001 Núcleo Rural Buriti Vermelho Rural Leste DF.
	Poço CSU 001 Núcleo Rural Sussuarana Rural Leste DF.
	Poço CLM 008 Fazenda Malunga Rural Leste DF.
	Poço ADSF 40 Fazenda Entre Rios Rural Leste DF.
Poço ADSF 38 Fazenda Coxilha DF-285 Rural Leste DF.	
Poço NCS 001 Núcleo Rural Capão Seco Rural Leste DF.	
Poços SMO; CHP ; ADSF Expansão de Condomínios região DF-140.	
Classe 3	Poços ADSF 28 Saída Norte.
	Poço ADSF 31 UnB.
	Poço ADSF 08 Propriedade Isaías F. da Cunha - Gama.
Classe 2	Poço ADSF 34 Praça do IBRAM Próximo ETE Sul.

3º) Parâmetros Ambientais (3º Passo)

A terceira e última etapa para delimitar as áreas sob influência das classes de qualidade no Mapa Diagnóstico da Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos consiste na definição e utilização de Parâmetros Ambientais.

São as áreas que não possuem poços com amostra de água analisadas e não se encaixam sob os critérios dos Parâmetros Legais, contudo há um histórico conhecido de uso sob o qual é possível estabelecer uma classificação de qualidade das águas subterrâneas, abrangendo as Classes 1,2,3 e 4 restantes.

A metodologia para elaboração Classificação da Qualidade da Água através dos Parâmetros Ambientais pode ser adotada conforme o grau de conhecimento e dados inerentes ao território, chegando próximo a uma análise qualitativa e quantitativa da capacidade de suporte, com intervalos bem estabelecidos entre as classes.

A intenção da proposta na presente dissertação é estabelecer alguns conceitos gerais que possam ser parametrizados e usados, então, como diretrizes balizadoras dos Parâmetros Ambientais que deverão ser pormenorizados e/ou rearranjados conforme as realidades regionais. A Tabela 3.12 esquematiza esses conceitos correlacionando-os às Classes de Qualidade.

Tabela 3.12 - Diretrizes/Conceitos balizadores dos Parâmetros Ambientais e suas respectivas Classes de Qualidade de Águas Subterrâneas para o Enquadramento dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos. (Proposta Metodológica).

CLASSE	DIRETRIZES/ CONCEITOS AMBIENTAIS
1	Áreas de remoto acesso, com alto grau de preservação das características naturais, não apresentam usos com potenciais poluidores relevantes, não possuem históricos de usos ostensivamente poluidores e nem áreas degradadas. Possuem alta relevância na manutenção de corredores ecológicos e função ecossistêmica reconhecida. Não há ocupações em vilarejos ou núcleo rural, podendo haver poucas propriedades isoladas e com adensamento demográfico extremamente baixo.
2	Áreas isoladas com baixa densidade demográfica, com médio grau de preservação que ainda conservem as funções filtro e recarga dos aquíferos, com usos de potenciais poluidores baixos a médios. Áreas com núcleos rurais e atividades agropecuárias com esgotamento sanitário adequado. Áreas de uso misto, ocupada por vilarejos e atividades de turismo rural/lazer e recreação. Importantes áreas para o abastecimento de grandes centros.
3	Áreas com média a alta densidade demográfica, com progressivo avanço da urbanização, que possuam esgotamento sanitário e abastecimento adequados, sem histórico de despejos de efluentes sanitários sem tratamento adequado. Áreas com usos múltiplos e industrialização de baixa a médio porte. Presença de áreas verdes e arborização.
4	Áreas com alta densidade demográfica, conurbações, que possuam histórico de esgotamento sanitário e abastecimento inadequados. Locais onde houve ocupação sem planejamento e a infraestrutura de saneamento básico ainda não é abrangente. Áreas com polos industriais ostensivos e atividades de alta potencial poluidor. Zonas degradadas por aterros de lixo e entulho clandestinos. Áreas com histórico de agricultura predatória, com larga utilização de agrotóxicos e fertilizantes.

Já a Tabela 3.13 elenca as áreas delimitadas com tais conceitos, uma vez que a parametrizações dos mesmos poderão ser alvo da próxima revisão, com detalhamentos e discussões amplas necessárias para tanto.

Tabela 3.13 - Tabela dos locais delimitados baseados nas Diretrizes/Conceitos Ambientais da Classe 1,2,3 e 4 no Enquadramento de Aquíferos do Distrito Federal, 2016.

CLASSIFICAÇÃO	LOCAL
Classe 4	Baixa densidade demográfica/ sem esgotamento - Área Rural Currallinho
	Cidade de Brazlândia, alta densidade demográfica, com esgotamento sanitário recente.
	Lago Oeste, alta densidade, sem esgotamento sanitário público.
	Urbanização Sobradinho, Colorado, Grande Colorado, Lago Norte, Varjão Esgotamento Recente.
	Cidade de Planaltina e uso agrícola no entorno ESECAE.
	Núcleo Rural Café sem Troco. Sem esgotamento sanitário.
	Núcleo Rural sem esgotamento em avanço demográfico Rural Leste DF.
	Grande Área Urbana Vicente Pires Taguatinga.
	Área de expansão Fercal.
	Área de expansão Fercal.
	Área de expansão Fercal.
Classe 3	Área de uso misto centro oeste, avanço demográfico.
	Área Urbana de Brasília, alta densidade demográfica, com esgotamento sanitário desde criação.
	Zona Rural Centro Sul.
	Área Rural com expansão demográfica, sem saneamento Centro Norte.
Classe 2	Baixa densidade, uso predominante rural.
	Área rural Oeste, baixa densidade, com uso agrícola, com esgotamento próximo.
	Áreas APM Corguinho e Mestre D'Armas.
	Uso Misto, Predominante Agrícola, Rural Leste DF.
	Uso Misto, Predominante Agrícola, Rural Leste DF.
	Área de Uso Misto Leste.
Classe 1	Áreas isoladas, baixa ocupação, sem avanço demográfico e uso.
	FLONA, Área isolada.
	Jardim Botânico de Brasília.
	Áreas isoladas Bacia do Gama; Área Especial da Marinha; IBGE.
	Área com baixa densidade demográfica - Centro Leste. Do Distrito Federal.
	Serrinha do Paranoá Lago Norte/ Área de recarga isolada.
	Áreas Isoladas APA Cafuringa e adjacências.
	Áreas Isoladas APA Cafuringa e adjacências.
	Áreas Isoladas APA Cafuringa e adjacências.

4º) Elaboração da Proposta do 'Mapa de Enquadramento dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos (Metas)' / (4º Passo)

Com ajuda de um produto intermediário o 'Mapa Aquíferos ou Porções dos Aquíferos Passíveis de Mudança na Classe de Qualidade das Águas', o qual irá evidenciar as áreas passíveis de mitigações ou maiores rigores de monitoramento e aplicação das técnicas de recuperações sustentáveis dos recursos hídricos, enquadrando tais áreas em Classes de maior qualidade.

As demais áreas não passíveis de modificações de classe de qualidade, deverão compor o Mapa de Enquadramento dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos (Metas), pois serão alvo de ações que visam a manutenção da classe de qualidade das águas subterrâneas que são provenientes desses locais.

O Mapa de Enquadramento dos Aquíferos ou Porções do Aquíferos (Metas), evidencia a palavra 'Meta' no título para que fique claro que essas Classes de Qualidade deverão ser atendidas, seja pela preservação do recurso hídrico seja por ações de mitigações previstas.

5º) Proposta de Locais de Monitoramento e Periodicidade das Ações (5º Passo).

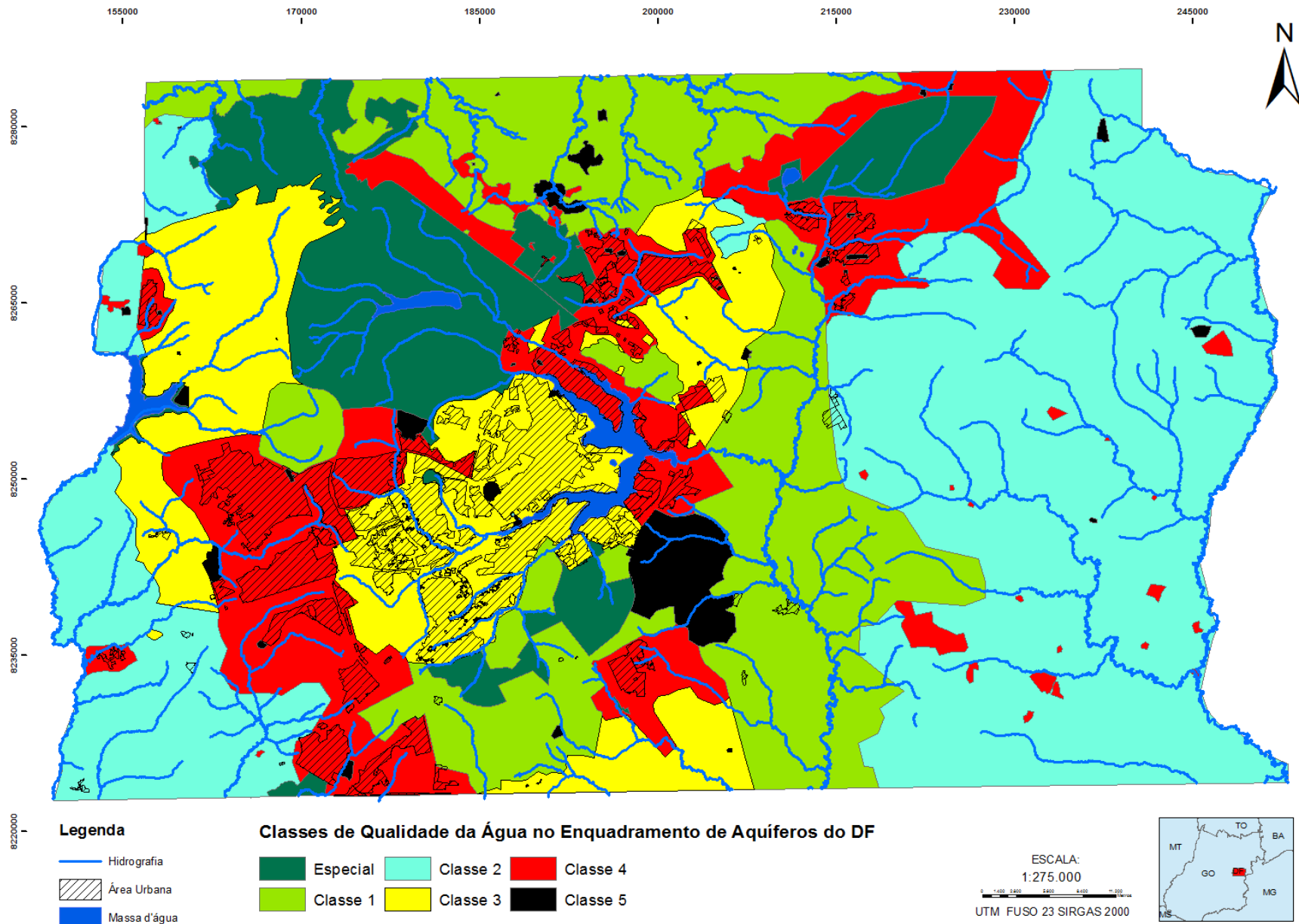
Elaboração de uma proposta de locais de monitoramento e periodicidade das ações considerando os pressupostos legais aliados aos conhecimentos científicos dos processos analíticos necessários para implantação do Instrumento.

Os produtos deverão ser então encaminhados para próxima etapa de Validação Socioinstitucional.

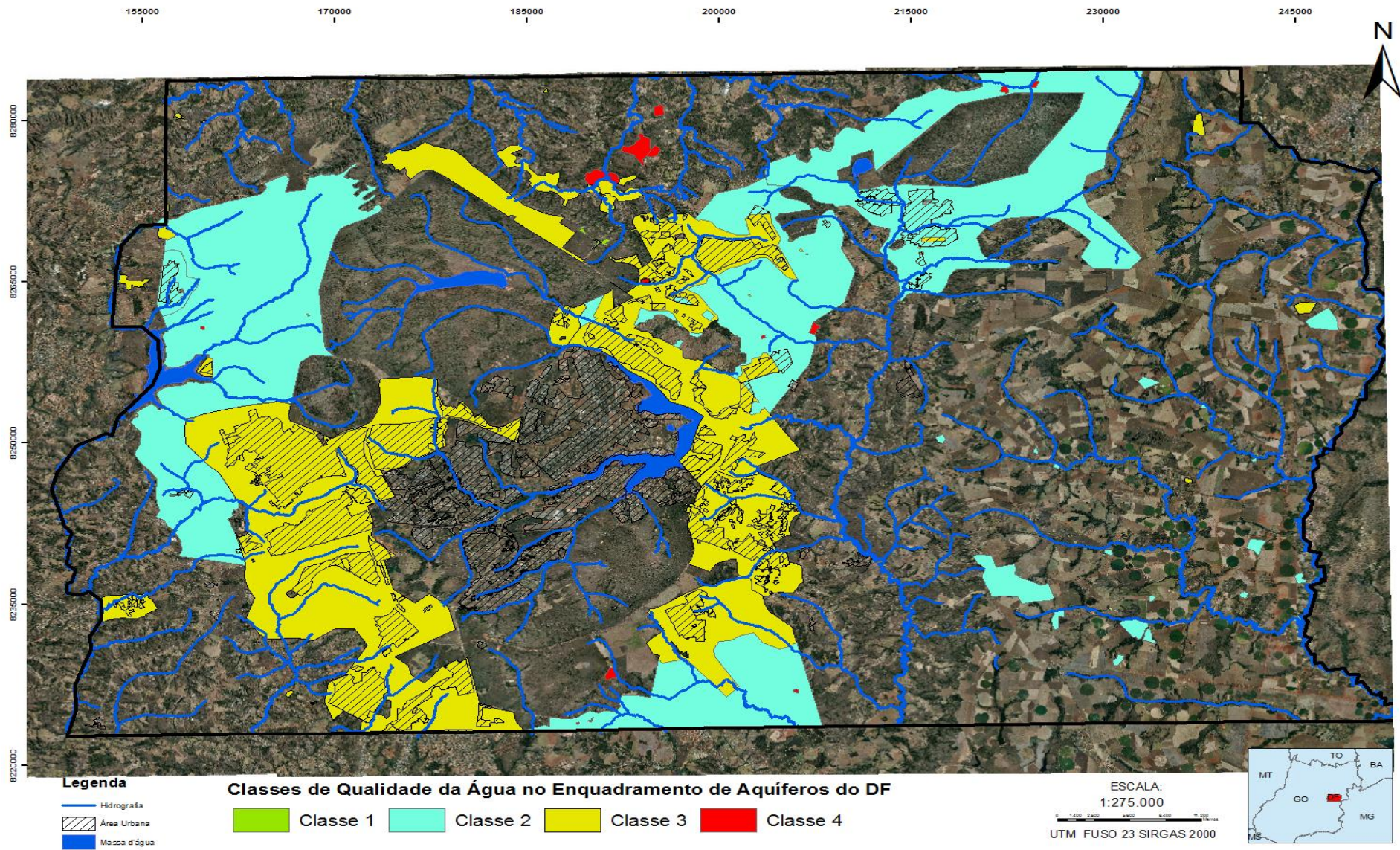
3.3.5 Apresentação dos Produtos Elaborados para o Enquadramento de Aquíferos ou Porções de Aquíferos do Distrito Federal

A aplicação da metodologia detalhada no item anterior no Distrito Federal, resultou nos seguintes produtos que serão encaminhados para validação socioinstitucional:

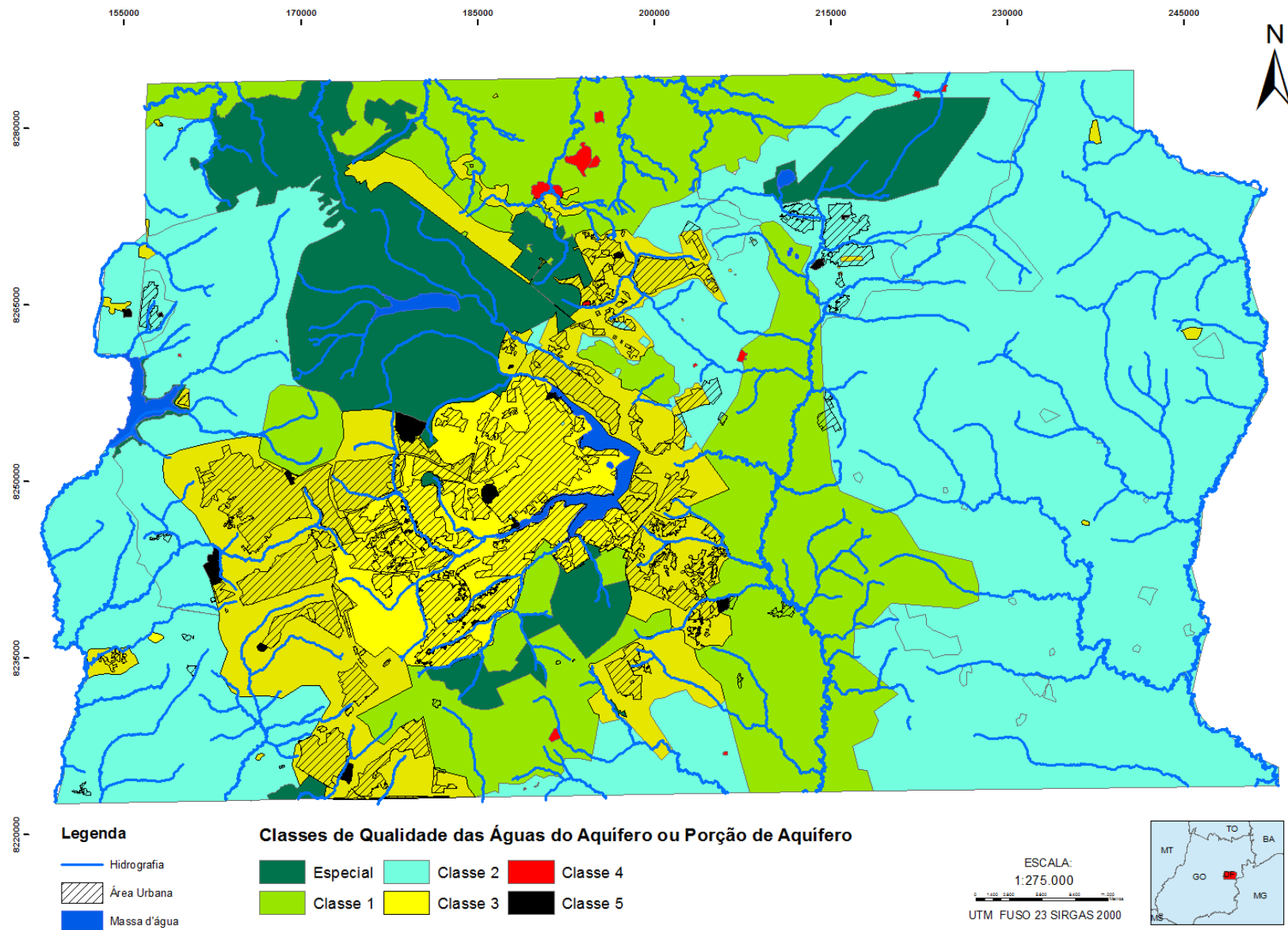
- Mapa Diagnóstico da Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos (Mapa 3.2);
- Mapa de Aquíferos ou Porções dos Aquíferos Passíveis de Mudança das Classes de Qualidade das Águas. Produto Intermediário (Mapa 3.3);
- Mapa de Enquadramento dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos (Metas) (Mapa 3.4);
- Arquivos georreferenciados, kmz e shape, para disponibilização pública dos dados e metadados pertinentes na elaboração do Enquadramento (Anexo Digital);
- Proposta locacional de poços de monitoramento para o próximo período de execução do Enquadramento (item 3.3.5.1);
- Proposta das ações cabíveis perante as metas de qualidades de águas propostas e periodicidade das ações gerenciais do Enquadramento (item 3.3.5.2).



Mapa 3.2 - Mapa Diagnóstico da Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos do Distrito Federal.



Mapa 3.3 - Mapa de Aquíferos ou Porções dos Aquíferos Passíveis de Mudança da Classe de Qualidade das Águas do Distrito Federal. (Produto Intermediário).



Mapa 3.4 - Mapa de Enquadramento dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos do Distrito Federal (Metas).

3.3.5.1 Proposta locacional de poços de monitoramento para o próximo período de execução do Enquadramento de Aquíferos ou Porções dos Aquíferos do DF

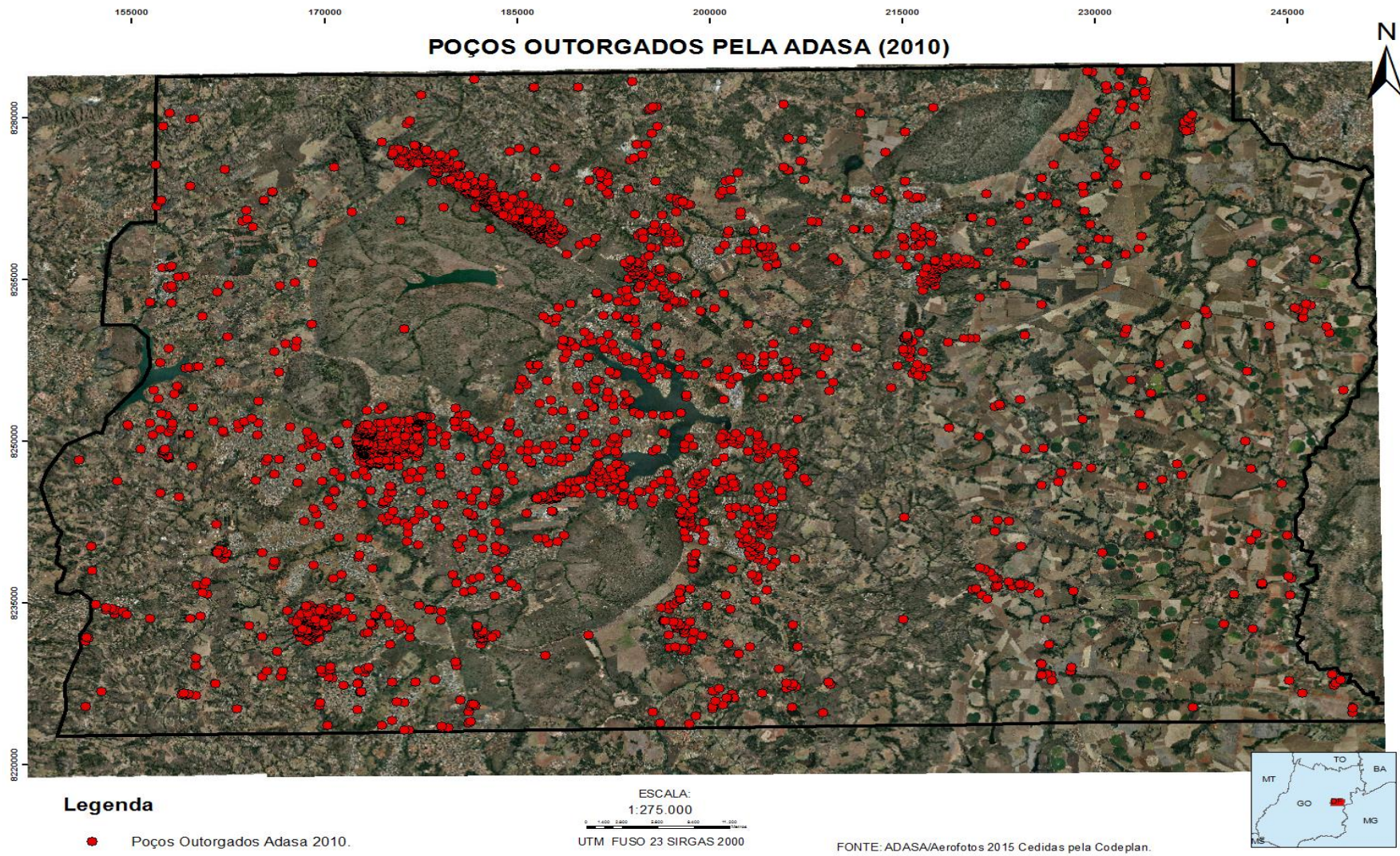
Nas futuras revisões, os poços cujas águas serão classificadas deverão apresentar uma quantidade considerável de análises dos parâmetros químicos e físicos então estabelecidos legalmente para o Enquadramento, e provavelmente configurarão a base do maior volume de áreas delimitadas.

O ideal, porém com viabilidade financeira comprometida, é que a rede de monitoramento seja instalada em locais críticos, com maiores intensificações dos usos com potenciais poluidores, considerando a sensibilidade ambiental e riscos locais.

Também seria importante a existência de poços de monitoramento em áreas preservadas para se manter o conhecimento da qualidade natural das águas. Ainda seria adequado que a rede de monitoramento fosse composta exclusivamente por poços destinados ao fim de monitorar os aspectos quantitativos e qualitativos das águas dos aquíferos e tivesse condições construtivas e sanitárias de elevada qualidade técnica.

Contudo, a proposta mais exequível, é a que traz maior cobertura da área a ser classificada e atende as exigências do Art. 3º da Resolução CNRH nº 107/2010, que o monitoramento para o Enquadramento dos aquíferos seja vinculado às outorgas de águas subterrâneas e ao licenciamento ambiental de certas atividades. Esta prática assegura a cobrança das ações que prezam pela sustentabilidade, tanto da exploração do recurso hídrico (Outorga), como os Planos de Controle Ambientais das atividades licenciadas (manutenção das licenças e operação).

Visto as considerações acima, para o Distrito Federal a proposta a ser encaminhada para a Validação Socioinstitucional é a vinculação do monitoramento para o Enquadramento de Aquífero proposto aos processos de Outorgas e ao Licenciamento Ambiental das seguintes atividades: postos de gasolina, mineração, cemitérios e estações de tratamento de efluentes. Com intuito de demonstrar a abrangência em área do território seria esta proposto foi elaborado o Mapa de distribuição dos poços ADASA Outorgados em 2010 (Mapa 3.5).



Mapa 3.5 - Mapa de distribuição dos poços ADASA Outorgados em 2010

3.3.5.2 Proposta das ações cabíveis perante as metas de qualidades de águas propostas e periodicidade das ações gerenciais do Enquadramento de Aquíferos ou Porções dos Aquíferos no DF

Os resultados no Mapa Diagnóstico da Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções dos Aquíferos do DF, revelou que a maior parte do Distrito Federal apresenta qualidade das águas subterrâneas dos Domínios Fraturado e Físsuro-Cársticos, excelente a boa, isto é, classificadas como classes Especial, 1 e 2 (as proporções em área estão disponibilizadas na Tabela 3.14). Este resultado destaca a importância da gestão das águas subterrâneas para manutenção da qualidade e das reservas hídricas subterrâneas para uso estratégico.

Tabela 3.14 - Tabela das áreas relativas a cada classe no Enquadramento de Aquíferos do Distrito Federal para o ano de 2016.

ENQUADRAMENTO	ÁREA km²	%
Especial	625,41	10,8
Classe 1	1151,54	19,85
Classe 2	2035,86	35,0
Classe 3	911,90	15,7
Classe 4	969,75	16,7
Classe 5	112,82	1,95
TOTAL	5807,28	100

No âmbito da determinação das metas de modificações na Qualidade das Águas, em áreas consideradas passíveis de ações gerenciais tomou como base a possibilidade de ações exequíveis em algumas regiões para que seus mananciais apresentem uma maior qualidade nas águas subterrâneas, dessa forma a Tabela 3.15 traz as metas que foram traçadas dentro do contexto diagnosticado, as quais foram base para elaboração do Mapa 3.3.

Tabela 3.15 - Metas para melhora na qualidade da água, elaboração do Mapa de Aquíferos ou Porções dos Aquíferos Passíveis de Mudança da Classe de Qualidade das Águas do Distrito Federal, 2016.

ÁREA E USOS	CLASSE DIAGNÓSTICO	CLASSE CENÁRIO	CRITÉRIOS
Mineração	5	4	Os fatos das áreas de mineração serem classificadas diretamente na Classe 5, por configurarem áreas de médio a alto potencial poluidor, somado aos dados insuficientes de análise de poços dessas áreas, faz com que sejam propícias para que sejam monitoradas, melhor avaliadas e progressivamente comprovar as boas práticas ambientais refletidas na melhora dos índices de qualidade das águas subterrâneas.
Setores Habitacionais Condomínios Horizontais Expansão Urbana. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Jardim Botânico ▪ Sobradinho ▪ DF-140 	4 ou 5	3	São setores que possuem histórico de saneamento básico inadequado e conseqüentemente a piora na qualidade da água que os abasteciam. Configuram regionalmente o uso mais agressivo e nocivo as características dos aquíferos, muitas tiveram seu vocacional de recarga e filtro prejudicados. Logo são áreas alvo para atuação da gestão dos recursos hídricos
Zonas Rurais <ul style="list-style-type: none"> ▪ Centro Sul DF ▪ Centro Norte DF 	3	2	Essas zonas foram delimitadas pelos parâmetros ambientais e a atuação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos é fundamental para manutenção e/ou regaste de melhores qualidades da água através dos parâmetros hidrogeoquímicos.
Núcleos Rurais sem saneamento adequado <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lago Oeste ▪ Bacia do Rio Preto ▪ Bacia São Bartolomeu 	4	2	Os núcleos rurais é um dos maiores desafios para melhora na qualidade das águas, pois não são contemplados pela rede pública de esgoto, porém são áreas com vocacional para manutenção de funções ecossistêmicas que devem prezar pela sustentabilidade dos usos desenvolvidos.
Entorno das Unidades de Conservação Zonas de Amortecimento <ul style="list-style-type: none"> ▪ ESECAE ▪ REBIO Contagem 	4	1	A pressão da ocupação no entorno das Unidades de Conservação também são questões pertinentes e os estabelecimentos de padrões altos para qualidade das águas nessas Zonas de Amortecimento corroboram com as diretrizes ambientais dos Planos de Manejos dessas Unidades.

A proposta das ações cabíveis perante as metas de qualidade da água abordam a questão da periodicidade das análises, a qual dependerá se o grupo de dados de análises existentes fornecem o conhecimento e as prerrogativas técnicas necessários para que se viabilize a cobrança e implantação das ações.

Se já estiverem consolidadas as possíveis ações exequíveis em determinados Aquíferos e/ou Sistema de Aquíferos para atingir a melhoria da qualidade das águas, as mesmas podem configurar as exigências legais a serem sugeridas para validação socioinstitucional, caso contrário alguns projetos pilotos podem ser sugeridos nessa etapa.

No Distrito Federal, Campos (2004) compilou algumas propostas de gestão, partindo do pressuposto que a sobreexploração localizada dos aquíferos, a impermeabilização das áreas de recarga regionais, a má construção de poços, a não observação dos parâmetros de proteção sanitária das obras de captação por poços e a falta de conhecimentos específicos sobre a disponibilidade hídrica eram as principais causas que influenciam a qualidade regional das águas. Dessa maneira, algumas ações cabíveis para atingir as metas do Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos seriam:

- ✓ Instituir normatização e obrigatoriedade da recarga artificial nas construções novas e existentes. No momento há um grupo mobilizado pela ADASA que procura viabilizar essa mitigação;
- ✓ Elaboração e implantação de um Plano de Manejo Integrado de Abastecimento misto, tanto para evitar a sobreexploração como para minimizar os efeitos de baixa de fluxo no período de estiagem;
- ✓ Fiscalização mais efetiva do Tratamento do Esgotamento Sanitário nas áreas não contempladas pela rede pública de tratamento, fomento para implantação de ETE comunitárias ou compactas em núcleos rurais e vilarejos remotos;
- ✓ Fiscalização da qualidade construtiva e sobre a questão de isolamento sanitário dos poços, além do acompanhamento das obras;
- ✓ Elaboração de critérios para adotar medidas suspensivas quando constatado incidências nas anomalias dos parâmetros físico-químicos monitorados no Enquadramento;
- ✓ Ampliação da rede de monitoramento quali-quantitativa das águas subterrâneas, cujos dados possibilitem a gestão dos recursos perante a disponibilidade hídrica;
- ✓ Descentralização e setorização das ações de gestão, delegando-as aos Comitês de Bacias e atores corresponsáveis, como os Conselhos de Unidades de Conservações e Gestores

Logo periodicidade proposta para o Distrito Federal é que se faça a primeira revisão no

terceiro ano após primeira versão do Enquadramento dos Aquíferos e que de posse dos futuros dados seja reavaliada a periodicidade da revisão.

Como os aquíferos em fase de classificação qualitativa são sistemas profundos associados aos Domínios: Fraturado e Físsuro-Cársticos, não se espera variação sazonal, períodos secos dos chuvosos, das qualidades das águas (principalmente para poços construídos, com adequado isolamento sanitário de sua porção rasa).

Dado esse fato, a periodicidade ideal seria de duas análises por ano, com um intervalo mínimo de 5 meses entre cada amostragem. A partir desta diretriz fica claro que a partir de 5 anos de monitoramento contínuo a operacionalidade do Enquadramento pode ser realizado de forma bastante adequada.

Com uma série histórica mais ampla pode-se retirar os valores considerados *outliers* adequados e verificar as tendências reais de variação da qualidade das águas subterrâneas.

A Tabela 3.16 apresenta as recomendações, anteriormente propostas, para periodicidade e frequência das análises que compõe o Enquadramento de Aquíferos do Distrito Federal conforme as exigências da Resolução CNRH nº 107/2010, que preconiza os itens mínimos de monitoramento a compor a Rede Nacional de Monitoramento de Águas Subterrâneas.

Tabela 3.16 - Proposta do Monitoramento do Enquadramento de Aquíferos do Distrito Federal em consonância com as determinações da Resolução CNRH nº 107/2010.

RESOLUÇÃO CNRH Nº 107/2010.	PROPOSTA MONITORAMENTO ENQUADRAMENTO AQUÍFEROS DF.
Art. 4º A Rede Nacional de Monitoramento de Águas Subterrâneas deverá especificar, para cada aquífero:	
I - quantidade e distribuição espacial de poços georreferenciados a serem construídos exclusivamente para monitoramento;	A rede de monitoramento proposta consiste na cobrança do conjunto de análises referente a cada classe enquadrada nos poços outorgados, somado a instalação de poços de monitoramentos nas atividades licenciadas de alto potencial poluidor.
II - a quantidade e distribuição de poços georreferenciados existentes a serem integrados a rede nacional de monitoramento;	A quantidade é dinâmica uma vez que o posto outorgado será inserido na rede de monitoramento. A quantidade e distribuição deverão ser reavaliados nas revisões do instrumento para detectar possíveis lacunas e determinar ações cabíveis.
III - os parâmetros de qualidade de água selecionados a partir da Resolução CONAMA nº 396, de 2008 para os poços previstos nos incisos I e II;	A proposta de Enquadramento de Aquíferos do DF selecionou dezenove parâmetros de qualidade de água constante nos incisos I e II da Resolução CONAMA 396/2008, somado a mais um que caracteriza o Fator de Distinção Hidrogeológico.
IV - as frequências de obtenção dos dados quantitativos e qualitativos.	A frequência de obtenção dos dados recomendada deverá ser dois vezes ao ano, com intervalo de cinco meses entre as análises.

RESOLUÇÃO CNRH Nº 107/2010.	PROPOSTA MONITORAMENTO ENQUADRAMENTO AQUIFEROS DF.
Art. 5º Rede Nacional de Monitoramento de Águas Subterrâneas será objeto das seguintes campanhas de obtenção de dados:	
I - uma campanha inicial de coleta de água, repetida a cada cinco anos que analisará parâmetros selecionados da Resolução CONAMA nº 396, de 2008, em função da hidrogeoquímica natural da água, do uso e ocupação do solo e dos usos preponderantes da água subterrânea;	A metodologia proposta nesse trabalho aponta a série histórica das análises de água dos poços ADASA e CAESB como referenciais hidrogeoquímicos para o Enquadramento de Aquíferos no DF. E recomenda a utilização de dados equivalentes em outros aquíferos com monitoramento existente, sendo similar a campanha inicial de coleta de água que se refere o inciso I. A necessidade de repetição deverá ser avaliada na implantação do instrumento, ou ainda elaborado uma abordagem de verificação mais apropriada a cada caso.
II - uma campanha semestral abrangendo, pelo menos, os parâmetros pH, cloretos, nitritos, nitratos, dureza total, alcalinidade total, ferro total, sólidos totais dissolvidos, e coliformes termotolerantes; e	A frequência recomendada de duas análises por ano com intervalo de 5 meses com os parâmetros pré-determinados para cada classe abrangem o propósito desse inciso, uma vez que para os aquíferos profundos do DF não há variação sazonal da qualidade da água e parâmetros como dureza e alcalinidade não são representativos da qualidade da água regional.
III - uma campanha de medição contínua in loco, preferencialmente de forma automática, para determinação do nível estático (NE), temperatura e condutividade elétrica.	Propõe que sejam elaborados critérios para escolha de poços onde será realizada a campanha de medição para determinação do nível estático, considerando os volumes de água outorgados e densidade de poços por áreas, detectando desse modo os locais onde há necessidade contínua do monitoramento do nível estático. Os dados de condutividade elétrica no caso dos aquíferos profundos do DF são indiretamente representados pelos SDT e Na.

3.4 Validação Socioinstitucional

3.4.1 Apreciação e Contribuições Sócio-Institucionais

A validação socioinstitucional é a última etapa antes da revisão (ver Figura 3.1) onde o instrumento se integra com os anseios de desenvolvimento da sociedade e das diretrizes de ordenamento territorial. Nesse momento serão apresentados pelos órgãos competentes os produtos da Avaliação Técnica os quais deverão ser discutidos de maneira interinstitucional e democrática, além de ser dada a devida publicidade prevista em lei.

O resultado dessa validação pode alterar o produto técnico desde que apresente argumentos e ponderações endossadas pelos gestores responsáveis, que deverão coordenar as análises e deliberações dos Comitês de Bacias e órgãos públicos envolvidos, relevando os anseios levantados nas consultas públicas, de modo que resulte nas seguintes ações concretas:

1. Definição do Mapa Final de Enquadramento de Aquíferos ou Porções de Aquíferos;

2. Definição das Ações gerenciais do Enquadramento;
3. Definição da rede final de poços para monitoramento;
4. Estabelecimento do tempo de revisão;
5. Elaboração do Plano de Execução do Enquadramento de Aquíferos.

O ideal é que seja estipulado o prazo de um ano para realização dos trabalhos dessa etapa, cujos produtos finais a serem produzidos e encaminhamentos serão pormenorizados a seguir.

3.4.2 Produtos e Ações de Gerenciamento

Após a validação socioinstitucional, os produtos para o próximo período de aplicação do Enquadramento de Corpos Hídricos Subterrâneos, que deverão ser encaminhados para instâncias legais para publicação e divulgação em meio oficial, são:

- O corpo da lei do Enquadramento de Corpos Hídricos Subterrâneos, incluindo resoluções com textos legais baseados no arcabouço do conhecimento técnico;
- O Mapa de Enquadramento de Aquíferos ou Porções de Aquíferos e seus respectivos arquivos em sistemas de informações geográficos, preferencialmente com links acessíveis à população em geral SIG;
- O Plano de Execução do Enquadramento para que se torne uma resolução da agência local de águas (no caso do Distrito Federal a ADASA), ou do órgão com competência da área.

O gerenciamento deverá ser desenvolvido concomitantemente com os demais instrumentos previstos na Lei Federal nº 9433/1997, aliados aos Planos de Manejo das Unidades de Conservação de Proteção Integral, além de outras ações técnicas de gestão, tais como recarga artificial dos aquíferos, reuso de águas subterrâneas, determinação de áreas de proteção de mananciais subterrâneos, construção adequada dos poços, dentre outras.

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A presente dissertação cumpriu o propósito inicialmente almejado de trazer uma metodologia factível para preparação e implementação do Enquadramento dos Corpos de Água Subterrâneas em classes, instrumento que atualmente os agentes gestores de recursos hídricos no Brasil, mesmo sendo assegurado pela legislação, encontram dificuldades em desenvolver. Este fato é em parte explicado, uma vez que a maioria dos trabalhos realizados até o momento, tem se voltado para o Enquadramento de Corpos de Águas Superficiais.

A proposta de metodologia para o Enquadramento dos Corpos Hídricos Subterrâneos foi aplicada aos aquíferos ou porções de aquíferos do Distrito Federal, mostrando sua efetividade para os propósitos de Enquadramento.

A proposta do Enquadramento de Aquíferos foi elaborada com base na análise integrada do histórico de dados de análises de água realizados na última década (2006-2015), disponibilizados pela ADASA e CAESB, com o estabelecimento de parâmetros ambientais (histórico de uso e ocupação do território/ conceitos e diretrizes gerais).

Consolidou-se neste trabalho o entendimento que o Enquadramento de Aquíferos não é exequível meramente com a determinação apenas dos parâmetros hidrogeoquímicos para classificação da qualidade da água, sem a determinação dos parâmetros ambientais complementares. Sem a conjunção desses elementos o instrumento não consegue ser abrangente em área, e não contempla a ponderação dos usos preponderantes, ou ainda os diversos usos, na sua classificação.

Para os Domínios Fraturados e Físsuro-Cárstico do Distrito Federal foram determinados vinte parâmetros hidrogeoquímicos, sendo dezenove passíveis de análises químicas laboratoriais, mais o Fator de Distinção Hidrogeológico (FDH), os quais deverão ser analisados em laboratório e avaliados os resultados na implantação, execução e monitoramento do Enquadramento de Corpos Hídricos Subterrâneos.

Estes parâmetros incluem: distinção entre aquíferos com ou sem contribuição carbonática (FDH), Sólidos Totais Dissolvidos (FDH), Nitrato (expresso em Nitrogênio), Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totais, Sódio, Cloro, Manganês, Ferro Dissolvido, Flúor, Potássio, Benzeno, Tolueno, Estireno, Xileno, Íon Fosfato, Chumbo, Cromo (VI e III), Cobre e Clostrídios.

O tratamento estatístico realizado nos dados disponibilizados permitiu a determinação de valores de *background* e *baseline* de alguns desses elementos. Tais valores juntamente com os limites legais determinados pela Resolução CONAMA nº 396/2008, Portaria nº 518/2004 - ANVISA/MS e Portaria nº 1469/2011 - ANVISA/MS permitiram a Classificação da Qualidade das águas que, por sua vez, orientaram as delimitações das áreas no Mapa de Enquadramento de Aquíferos ou Porções de Aquíferos do Distrito Federal.

A caracterização das diretrizes/conceitos ambientais, que correlacionam a qualidade das águas com o histórico de uso das áreas não contempladas com análises hidroquímicas, relevaram as implicações e danos aos aquíferos. Os principais usos que afetam os aquíferos são a expansão da ocupação urbana e parcelamentos de solos do território, a inexistência de infraestrutura pública de saneamento básico, a utilização de esgotamento sanitário inadequado, os usos mistos na zona rural e a intensidade de potencial poluidor destas atividades. Essas diretrizes abrangem de forma geral as possíveis fontes de contaminação e observações quanto à relevância das funções ecossistêmicas e sensibilidade ambiental na região.

O resultado do Diagnóstico da Classificação da Qualidade das Águas dos Aquíferos ou Porções de Aquíferos do Distrito Federal., mostrou que 65,65% dos aquíferos apresentam águas de excelente qualidade, sendo classificadas nas Classes Especial, 1 e 2; 15,7% são águas da Classe 3, que ainda encontram-se no limite da potabilidade para consumo humano sem necessidade de tratamento, e; 18,65% são águas da Classe 4 e 5, as quais requerem medidas de recuperação e mitigação efetivas.

Pode-se constatar que o principal indicador de fonte poluidora é o Nitrato (NO₃), já que seus valores anômalos são decorrentes de histórico de ocupação e expansão demográfica sem saneamento básico adequado e ocorrências de infiltração direta de esgotamento sanitário nos aquíferos. Este indicador é útil tanto para áreas urbanas (condomínios horizontais do Jardim Botânico, Sobradinho, entre outros), quanto nos núcleos e vilarejos rurais (maior parte da Zona Rural das Bacias do Rio Preto, Rio São Bartolomeu e Rio Descoberto).

A partir desse quadro de classificação dos aquíferos profundos do Distrito Federal, recomenda-se que a primeira revisão seja feita em 3 anos; que a rede de monitoramento seja conjunta ao instrumento de Outorga dos Recursos Hídricos e do Licenciamento Ambiental para atividades de alto potencial poluidor, e que; as análises hidrogequímicas em cada classe delimitada sejam cobradas duas vezes ao ano, com intervalo de cinco meses entre elas.

Recomenda-se também o zoneamento da quantidade, qualidade e vulnerabilidade natural das águas, indicando unidades adequadas de gestão, conjuntamente a integração dos dados nas redes relacionadas aos órgãos da Vigilância Sanitária, Autarquias correlatas, concessionárias de água, estipulando ações de automonitoramento.

Por fim, são apresentadas propostas de metas de qualidade das águas subterrâneas no Mapa de Enquadramento de Aquíferos ou Porções de Aquíferos e ações de mitigação e gerenciamento para cumpri-las, ponderando esses critérios na periodicidade para revisão e monitoramento do Enquadramento.

A presente proposta de Enquadramento de Aquíferos ou Porções dos Aquíferos no Distrito Federal será encaminhada para apreciação dos órgãos competentes locais e validação socioinstitucional.

Oportunamente, é disponibilizado no Anexo Digital, arquivos georreferenciados com as informações de todas as etapas e resultados desse trabalho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADASA. 2014. Sistema de Informação disponível em <<http://www.adasa.df.gov.br/>>. Acesso em maio 2014.
- ANA. 2007. PEDROSA, C.A. & CAETANO, F.A. (Eds.) Superintendência de Informações Hidrológicas, ANA, Brasília-DF, 85p. 2002. Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. CONEJO J. G. L. (Coord.), Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. ANA, Brasília-DF, 123p. 2007-1.
- ANA. 2009. Cadernos de Recursos Hídricos Volumes 5 e 6. Disponibilidade e demandas de Recursos Hídricos no Brasil.
- ARAÚJO, S. F. 2006. Hidroquímica dos aquíferos freáticos da bacia do Rio Jardim - DF. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 74p.
- ARRAES, T.M. & CAMPOS. J.E.G. 2007. Proposição de critérios para avaliação e delimitação de bacias hidrogeológicas. *Revista Brasileira de Geociências*, volume 37 (1), 2007.
- ARRAES, T. M. ; MAIA JR., F. J. P. ; COSTA, P. N. ; CAMPOS, J. E. G. . Caracterização hidroquímica das águas subterrâneas profundas do Distrito Federal.. In: XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, 2006, Aracajú. XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, 2006.
- BOAVENTURA, G.R. & FREITAS, A.L.F. 2006. Inorganic Parameters as Water Quality Indicators in Acidic Groundwater in a Tropical Region – Brasília-DF (Brazil). In: *Water, Air, and Soil Pollution* (2006) 171, p.135-151.
- BOAVENTURA, G.R. Elementos-traço em Água e Sedimentos no Distrito Federal. In: II Encontro Nacional de Química Ambiental, Brasília, Instituto de Química - UnB, v. 1. 2003.
- CADAMURO, A.L.M. & CAMPOS, J.E.G. 2005 Recarga artificial de aquíferos fraturados no Distrito Federal: uma ferramenta para a gestão dos recursos hídricos. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 89-98. 2005.
- CADAMURO, A.L.M. 2002. Proposta, Avaliação e Aplicabilidade de Técnicas de Recarga Artificial em Aquíferos Fraturados Para Condomínios Residenciais do Distrito Federal, Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências - IG, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, DF, 126 p.
- CAESB, 2013. Sistema de Saneamento Rural disponível em <<http://www.caesb.df.gov.br/>> Acesso em maio 2014.
- CAMPOS, J.E.G. & FREITAS-SILVA, F.H. 1998. Hidrogeologia do Distrito Federal. Em: *Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal*, vol. IV, 1998. Brasília, IEMA/SEMATEC/UnB, 85 p
- CAMPOS, J.E.G. Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal. Volume II :Meio Físico. SEDUMA, GDF. Subprodutos 3.1 e 3.2.
- CAMPOS, J.E.G.; DARDENE, 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):461-476p.
- CAMPOS, J.E.G. 2004. Hidrogeologia do Distrito Federal: subsídios para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. *RBG*(1):41-48.
- CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). 2009. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf>.
- CPRM. 2013. SIAGAS, RIMAS e Atlas Digital de Recursos Hídricos Subterrâneos disponíveis em <<http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em maio 2014.
- FREITAS, A.L.F.; BOAVENTURA, G.R.; SANTOS, R.V. 2001. Adequação dos Modelos de Classificação Geoquímica de Água, com base na diferença entre as concentrações percentuais entre os íons mais abundantes em água, para as águas subterrâneas do Distrito Federal. In: VIII Congresso Brasileiro de Geoquímica e I Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul, Anais, v. 1 p. 20-24.
- FARIA, A. 1995. Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D'Aliança - Alto Paraíso de Goiás. Brasília: Universidade de Brasília/ Instituto de Geociências. (Ph.D. thesis). 199 p.

- GALUSZKA, A. 2006. Methods of determining geochemical background in environmental studies. Problems of landscape ecology. Polish association of landscape ecology - Warsaw (in Polish with English summary), vol. 16, n. 1, p. 507-519.
- GONÇALVES, T.D.; LOHE C.; CAMPOS, J.E.G. 2010. Submitted to Geoderma - a. Porous aquifer from the Federal District, Brasil: Characterization and Evaluation of Hydraulic Conditions.
- HIRATA, R.A., SUHOGUSOFF & FERNANDES. 2007. Groundwater resources in the State of São Paulo (Brazil): the application of indicators. São Paulo. Anais da Academia Brasileira de Ciências 79 (1), p.141-152.
- LEI Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, visa assegurar a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental através da racionalização do uso dos meios, controle e zoneamento das atividades potencialmente poluidoras e o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental.
- LEI Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, particularmente em seus arts. 9º e 10, que tratam do Enquadramento dos corpos de água em classes, ratifica que cabe à legislação ambiental estabelecer as classes de corpos de água para proceder ao Enquadramento dos recursos hídricos segundo os usos preponderantes.
- MESTRINHO, S.S.P. 2012. Fundamentos da Classificação da Qualidade das Águas Subterrâneas. In: XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços.
- MIZUNO, M.G.M. 2012. Hidrogeoquímica das Águas Subterrâneas do Distrito Federal. Brasília. Dissertação de Mestrado nº302. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília.
- MOTTA, P. E; NAIME, U. J.; CARVALHO JR, O. A.; REATTO, A.; MARTINS, E. Z.; LIMA, J. A. 2003. Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal. Volume II: Meio Físico. SEDUMA, GDF. Subprodutos Solos.
- REATTO, A.; MARTINS, E. Z; FARIAS, M.F.R.; SILVA, A.V.; CARVALHO JR, O. A.. EMBRAPA CERRADOS 2004. Mapa Pedológico Digital -SIG. Atualizado do Distrito Federal. Escala 1:100.000 e uma Síntese do Texto Explicativo. Documentos EMBRAPA -MAPA nº 120 Junho, 2004.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 12/2000, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH, determina que cabe às agências de águas ou de bacias, no âmbito de sua área de competência, propor aos respectivos comitês de bacias hidrográficas o Enquadramento de corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 15/ 2001, do CNRH, estabelece que o Enquadramento dos corpos de água em classes dar-se-á segundo as características hidrogeológicas dos aquíferos e os seus respectivos usos preponderantes, a serem especificamente definidos.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu Enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 396/ 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o Enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 397/2008. Altera o inciso II do § 4º e a Tabela X do § 5º, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA no 357.
- RESOLUÇÃO CNRH Nº 91/2008 Dispõe sobre procedimentos gerais para o Enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.
- RESOLUÇÃO CNRH Nº 107/2010. Estabelece diretrizes e critérios a serem adotados para planejamento, implantação e operação de Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas.
- RUSHTON, K.R. 1988. Numerical and conceptual models for recharge estimation in arid and semi-arid zones. In: I. Simmers, ed. Estimation of natural groundwater recharge. NATO ASI Series C, Reidel Publishing Co. Vol 222, 223-238.
- SIMMERS, I. 1990. Recharge of phreatic aquifers in (semi)arid areas. IAH Int Contrib Hydrogeolog 19, AA Balkema, Rotterdam, 277 pp.
- SOUZA, M.T. 2001. Fundamentos para Gestão dos recursos hídricos subterrâneos do Distrito Federal. Brasília. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília. 94p

6. ANEXO (ARQUIVOS EM FORMATO DIGITAL/mídia CD)