

Em 27 de agosto de 2009

Ao Superintendente de Apoio à Gestão de Recursos Hídricos

Assunto: Unidades de Gestão de Recursos Hídricos - base territorial

1. INTRODUÇÃO

Esta Nota Técnica apresenta o estudo elaborado pela ANA/SAG visando à execução do subprograma I.4 do PNRH (Estudos para a Definição de Unidades Territoriais para a Instalação de Modelos Institucionais e Respectivos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos), que tem como objetivo geral “definir e caracterizar unidades territoriais de planejamento e gestão de recursos hídricos para orientar a implantação do SINGREH e a implementação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos”.

Seus objetivos específicos são:

1. selecionar as principais variáveis e aspectos – hidrológicos, ambientais, socioeconômicos e político-institucionais – a serem considerados nos recortes que definem as unidades de planejamento, de gestão e de intervenção em recursos hídricos;
2. elaborar proposta metodológica para definição de mapa estratégico para a implantação do SINGREH e dos instrumentos de gestão de recursos hídricos;
3. elaborar estudos sobre modelos institucionais de gerenciamento, para dar suporte à implementação de instrumentos de gestão, segundo disposto no Programa III, em especial para atendimento de demandas específicas do SINGREH.

Neste texto resumiremos o estudo ao atendimento dos dois primeiros objetivos específicos listados acima.

2. DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE TERRITORIAL

O gerenciamento das águas impõe a realização de ações estratégicas transversais junto a diversas políticas públicas setoriais que interferem nos usos e na disponibilidade das águas em uma determinada região.

Portanto, a delimitação de uma base territorial para a gestão deve considerar a necessária vigência e o estabelecimento de diretrizes em toda sua área de abrangência, tendo em vista os aspectos intervenientes, e o atendimento às demandas reais e prospectivas dos usos das águas. Deve atender à unidade de bacia hidrográfica e ser um elemento disciplinador e promotor da racionalização dos usos dos recursos hídricos.

O desafio que se coloca é a definição de critérios que possam representar os atores e políticas a serem envolvidos para que a base territorial de gestão proporcione a melhor unidade de gestão para a solução das questões relativas às águas. Aborda-se a seguir a identificação destes critérios e sua relação com a definição dessa base.

2.1 Aspectos Intervenientes

Para a definição de bacias hidrográficas como unidades territoriais para a gestão de recursos hídricos, destacam-se os seguintes aspectos a serem considerados: hidrológicos, ambientais, socioeconômicos e políticos institucionais.

2.1.1 Hidrográficos

Sob os aspectos hidrográficos, a bacia hidrográfica é a área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água tal que toda vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída.

O curso principal de uma bacia hidrográfica é aquele em cujo exutório são drenadas todas as águas superficiais da bacia.

Segundo o Anexo I da Resolução nº 30 do CNRH, “o rio principal é aquele curso d'água que drena a maior área e os tributários, os demais que drenam áreas menores”.

Dessa forma, sob os aspectos hidrográficos, podem ser definidas as bacias hidrográficas, os cursos principais, os tributários destes cursos e os tributários dos tributários. Essas definições são imprescindíveis para o entendimento do que trata o art. 37 da Lei nº 9.433/97, no qual são estabelecidas as áreas de atuação dos Comitês de Bacia.

2.1.2 Ambientais

Quando se considera a gestão da bacia hidrográfica é necessário atentar a duas condições: a garantia da disponibilidade hídrica e o atendimento qualitativo e quantitativo às demandas de água.

A conservação das águas superficiais é promovida, principalmente, pela proteção dos ecossistemas naturais e pela regulação do uso do solo. As águas subterrâneas são fortemente afetadas pelo cuidado dispensado às áreas de recarga dos aquíferos, bem como quanto às disposições de poluentes e impermeabilização das camadas drenantes que alimentam os lençóis.

Ademais, a manutenção dos ecossistemas aquáticos, parte importante no equilíbrio geral do meio ambiente, necessita de aporte de água com quantidade e qualidade suficiente, devendo ser garantida no balanço hídrico da bacia.

Dessa forma, as áreas destinadas à preservação ou conservação ambiental e as políticas de uso e ocupação do solo, sob a gestão de unidades de conservação ambiental e de governos municipais, devem ser consideradas na definição dos limites a serem considerados para uma unidade de gestão de recursos hídricos.

2.1.3 Socioeconômicos

A economia de uma região depende, dentre outros fatores, dos recursos hídricos disponíveis como insumo para o atendimento da produção rural e industrial, abastecimento dos centros urbanos, produção de energia, dentre outros.

Os eixos de desenvolvimento econômico e as demandas sociais influem sobremaneira nos usos das águas em uma bacia. Em um mesmo eixo podem ser promovidas demandas em diferentes bacias hidrográficas o que determina a necessidade do planejamento integrado de toda a região de desenvolvimento envolvida.

Portanto, os fatores sócio-econômicos influem significativamente na definição dos limites para o adequado planejamento e gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas.

2.1.4 Político-institucionais

Outro grande desafio para o gerenciamento das águas em um determinado território é a integração das políticas públicas, das unidades da federação (Estados e Distrito Federal) e dos organismos de bacia existentes visando, no âmbito de uma determinada bacia, implementação das ações de gestão e de planejamento devidamente articuladas.

As instituições políticas e organizações sociais existentes no território da bacia hidrográfica devem atuar de maneira articulada, tanto na definição do planejamento de ações e programas, quanto na execução das políticas públicas setoriais e regionais.

A Lei das Águas, nos seus artigos 4º e 31, prescreve a articulação das políticas municipais nas ações que promovam a integração das políticas locais de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e de meio ambiente, com as políticas federal e estaduais de recursos hídricos.

Dessa forma, a definição das unidades de planejamento e gestão deve incorporar as áreas sujeitas ao gerenciamento das organizações locais atuantes na bacia, tais como os comitês de bacia já existentes, ou aquelas referentes ao planejamento regional no âmbito das associações intermunicipais e regiões metropolitanas, por exemplo.

2.2 Fundamentação Legal

A legislação brasileira de recursos hídricos, a partir da instituição da Lei das Águas, definiu que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do SINGREH.

Em vários de seus artigos, refere-se à bacia hidrográfica como definidora da área de abrangência de instrumentos da Política Nacional, como se observa nas citações a seguir:

“Art. 8º. Os Planos de Recursos Hídricos serão elaborados por bacia hidrográfica (...)”

“Art. 22. Os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados ...”

“Art. 37. Os Comitês de Bacia Hidrográfica terão como área de atuação:

I – a totalidade de uma bacia hidrográfica;

II – sub-bacia hidrográfica do curso de água principal da bacia, ou de tributário desse tributário;

III – grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas.”

“Art. 38. Compete aos Comitês de Bacia Hidrográfica, no âmbito de sua área de atuação:(...)”

III – aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia;”

A definição de “bacia hidrográfica” sob aspectos somente hidrológicos pode não incorporar critérios que seriam relevantes para a atuação da política das águas transversalmente na execução das demais políticas públicas.

Essa indefinição tem gerado demandas legítimas para a gestão de recursos hídricos, com destaque para a criação de Comitês de Bacias sem a devida consideração dos aspectos de oportunidade e sustentabilidade, principalmente devido à inexistência da Divisão Hidrológica Nacional, na escala espacial requerida pelo art. 37 da Lei das Águas.

A Lei nº 9433 indicou alguns caminhos para essas definições, como se observa nas citações a seguir:

“Art. 29. Na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, compete ao Poder Executivo Federal:

I – tomar as providências necessárias à implementação e ao funcionamento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (...)”

“Art. 35. Compete ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos:(...)”

VI – estabelecer diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VII – aprovar propostas de instituição de Comitês de Bacia Hidrográfica e estabelecer critérios gerais para a elaboração de seus regimentos; (...)

IX – acompanhar a execução e aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos e determinar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;”

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, no exercício de suas atribuições legais, por intermédio da Resolução nº 5, de 10 de Abril de 2000, definiu que:

“Art. 5º. A área de atuação de cada Comitê de Bacia será estabelecida no decreto de sua instituição, com base no disposto na Lei nº 9.433, de 1997, nesta Resolução e na Divisão Hidrográfica Nacional, a ser incluída no Plano Nacional de Recursos Hídricos, onde devem constar a caracterização das bacias hidrográficas brasileiras, seus níveis e vinculações.

Parágrafo único. Enquanto não for aprovado o Plano Nacional de Recursos Hídricos, a Secretaria de Recursos Hídricos (do Ministério do Meio Ambiente) elaborará a Divisão Hidrográfica Nacional Preliminar, a ser aprovada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, tendo em vista a definição que trata o caput deste artigo.”

A primeira base territorial definida em cumprimento à Lei das Águas foi estabelecida pela Resolução CNRH nº 32, de 15 de outubro de 2003, na qual foram criadas 12 Regiões Hidrográficas Nacionais como “espaço territorial brasileiro (...) com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos”. São estas regiões as seguintes: 1) Amazônica; 2) Tocantins/Araguaia; 3) Atlântico Nordeste Ocidental; 4) Parnaíba; 5) Atlântico Nordeste Oriental; 6) São Francisco; 7) Atlântico Leste; 8) Atlântico Sudeste; 9) Paraná; 10) Uruguai; 11) Atlântico Sul e 12) Paraguai.

É importante notar que a Resolução nº 32 insere uma nova e importante definição: a da região hidrográfica. Diz o texto:

“Considera-se como região hidrográfica o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos”.

Esta base territorial constitui-se, portanto, no reconhecimento de que se deve estabelecer políticas regionais para o país tendo em vista suas diversidades hidrológicas, ambientais, institucionais, políticas, sociais, econômicas e culturais, principalmente diante do grande desafio de se implementar um planejamento único, integrado e articulado por unidade de planejamento e gestão.

Apreende-se da análise da legislação vigente, contudo, que ainda não foi estabelecida uma Divisão Hidrográfica Nacional, com a caracterização das bacias hidrográficas brasileiras, níveis e

vinculações, de modo a orientar o gerenciamento dos recursos hídricos, principalmente nas bacias interestaduais, onde existem corpos d'água de diferentes domínios.

Para a elaboração e implementação dos planos de recursos hídricos, instrumento da PNRH previsto no art. 5º da Lei nº 9433/97, é importante que essa definição se dê pois o atendimento de suas metas estará sujeito à integração com outros planos diretores dentro da área de sua jurisdição.

A Resolução nº 17 do CNRH, de 29 de maio de 2001, regulamenta boa parte das ações relativas aos Planos de Recursos Hídricos, sem, no entanto, explicitar as áreas adequadas para sua abrangência. Como os Planos das bacias hidrográficas devem possuir as condições necessárias à operacionalização da gestão em um determinado território, propondo prioridades para outorga, diretrizes e valores para a cobrança, ações, programas e projetos a serem executados, não devendo conflitar com os Planos das bacias maiores nos quais poderão estar inscritos (conforme determina o art. 5º da Resolução nº 17 do CNRH), há necessidade de se estabelecer, em cada Região Hidrográfica, as áreas que estarão sujeitas a um mesmo Plano de Recursos Hídricos.

Interessante notar que o art. 5º da Resolução nº 17 do CNRH estabelece o conceito de “Bacia Hidrográfica Principal” como aquela bacia cujo plano deverá dar as diretrizes para os demais planos de bacia em todos os seus cursos afluentes e, que, esta “Bacia Principal” deverá possuir um Plano mesmo na inexistência de um Comitê para a gestão da sua área, desde que submetido à decisão compartilhada com a sociedade civil, usuários e com os órgãos intervenientes da bacia. A aprovação desse Plano seria realizada pelo(s) Conselho(s) de Recursos Hídricos competente(s).

Com base nessas considerações, é preciso analisar as bacias hidrográficas brasileiras e definir quais territórios constituem unidades de planejamento e gestão, garantidas as premissas de jurisdição sobre os usos e de integração com outras políticas setoriais afins.

2.3 Estudos existentes sobre a definição de base territorial

Tanto no âmbito da União quanto dos Estados, foram realizados diversos estudos visando à definição das bases territoriais para a gestão dos recursos hídricos. Estas referências e a consolidação das unidades em determinados Estados, propiciam importante fonte de pesquisa para o estabelecimento de uma base territorial nacional para o planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Verificam-se, nestes estudos, vários critérios comuns que foram utilizados para a determinação de unidades territoriais para o planejamento e gestão integrado de recursos hídricos, conforme descrito abaixo na análise de alguns casos referenciais.

O Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE (1992), visando atender à obrigatoriedade estabelecida pela legislação paulista, por intermédio da Lei Estadual nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, elaborou estudo sobre a divisão hidrográfica

estadual que buscava determinar a “adoção de unidades hidrográficas com dimensões e características físicas, socioeconômicas e políticas apropriadas”. Este estudo apresenta as considerações que propiciaram a divisão hidrográfica estadual em 22 unidades territoriais, conforme destaques a seguir:

- a) base inicial de análise: divisão hidrográfica (DAEE -1972);
- b) superposição de mapas temáticos de características físicas relacionadas a recursos hídricos: geomorfologia, geologia, hidrologia regional e hidrogeologia;
- c) compatibilização com regiões de planejamento no âmbito do Estado;
- d) estabelecimento dos seguintes atributos desejáveis: número de municípios próximo a 50, área de abrangência de cerca de 25 mil km² e distâncias rodoviárias da ordem de 300 km.

O Estado de Minas Gerais (IGAM, 1999), por sua vez, subsidiou a divisão hidrográfica para gestão, no âmbito do seu território, por intermédio de estudo que se desenvolveu em três etapas: I) subdivisão por características físicas, II) subdivisão por processo de ocupação antrópica e III) iniciativas de organização social existentes à época do estudo. A divisão criou 34 unidades territoriais, considerando a análise a seguir:

- a) caracterização dos climas, do potencial hídrico, do potencial hidrogeológico, da pedologia e da morfologia, e
- b) indicadores de qualidade de água, contaminação por agrotóxicos, mesoregiões do IBGE e número máximo de 50 municípios por unidade.

A Lei Estadual nº 10.949, de 09 de novembro de 1998, do Estado de Santa Catarina dividiu o seu território em 10 regiões hidrográficas, considerando os seguintes critérios:

- a) a bacia hidrográfica é unidade básica para o planejamento do uso, conservação e recuperação dos recursos naturais;
- b) as unidades deveriam possuir “razoável” nível de homogeneidade quanto aos aspectos físicos e socioeconômicos;
- c) a composição máxima dar-se-ia por 3 bacias hidrográficas, identidade com as associações intermunicipais, número máximo de 40 municípios e área máxima de 25 mil km².

No âmbito da União, Sollero (2003) elaborou estudo no qual propõe metodologia de trabalho e o estabelecimento de critérios para definição das unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos, nas bacias que apresentem rios de domínio da União. O estudo sistematiza algumas etapas a serem consideradas para a proposição de uma base territorial, considerando:

- a) bacias de rios de domínio da União e de sua tipologia;

- b) parâmetros para agrupamento das bacias, dentre os quais: rios e seus tributários, cidades e principais aglomerados urbanos, condições climáticas e ecossistemas, potencial hídrico superficial e hidrogeológico, qualidade da água, balanço hídrico das bacias, usos predominantes da água, características socioeconômicas e características político-institucionais;
- c) diagnóstico da implementação da política de recursos hídricos;
- d) proposta de unidades regionais de planejamento e gestão.

2.4 Metodologia proposta para definição da base territorial

A base territorial para a gestão será definida como a unidade mínima necessária para o exercício planejado de ações para a gestão dos usos dos recursos hídricos de uma ou mais bacias hidrográficas, integrando e articulando as políticas públicas com abrangência neste território.

O desafio a ser enfrentado constitui-se, então, a elaboração de uma proposta metodológica, subsidiada nos trabalhos existentes, com forte ênfase na integração de planos diretores, utilizando informações recentes e as melhores tecnologias de geoprocessamento. Para apoiar a análise da integração desses planos devem ser construídas ferramentas para a simulação de agrupamentos, com alternativas apresentadas em representação gráfica, utilizando-se de métodos de tomada de decisão e formação de consenso.

A base de dados que vem sendo gerada nos últimos anos, com o apoio dos sistemas de informações georreferenciadas, proporciona sua análise e seu cotejo em curto espaço de tempo, nas escalas mais variadas. Necessita-se, portanto, tirar proveito dessas tecnologias para que possam ser estabelecidas metodologias que proporcionem dinâmicas compatíveis com os organismos tomadores de decisão, principalmente, quando se tratam questões relativas ao planejamento e à gestão das águas no Brasil.

Nessa perspectiva, com base nos conceitos apresentados anteriormente, o objetivo da proposta de metodologia para a definição da base territorial para o planejamento e gestão dos recursos hídricos é uma ferramenta que possa subsidiar a decisão participativa e seja suficientemente flexível e automatizada para a formulação de variados cenários para a base territorial das unidades de gestão, conforme é detalhado a seguir.

2.4.1 Unidades estaduais de planejamento e gestão de recursos hídricos

No âmbito de boa parte dos Estados há divisões territoriais para a gestão e planejamento dos recursos hídricos, conforme mostra a Figura 1. Estas unidades serão consideradas, neste estudo,

como a menor unidade de gestão a ser considerada no processo de agrupamento visando à constituição das unidades nacionais de gerenciamento de recursos hídricos.

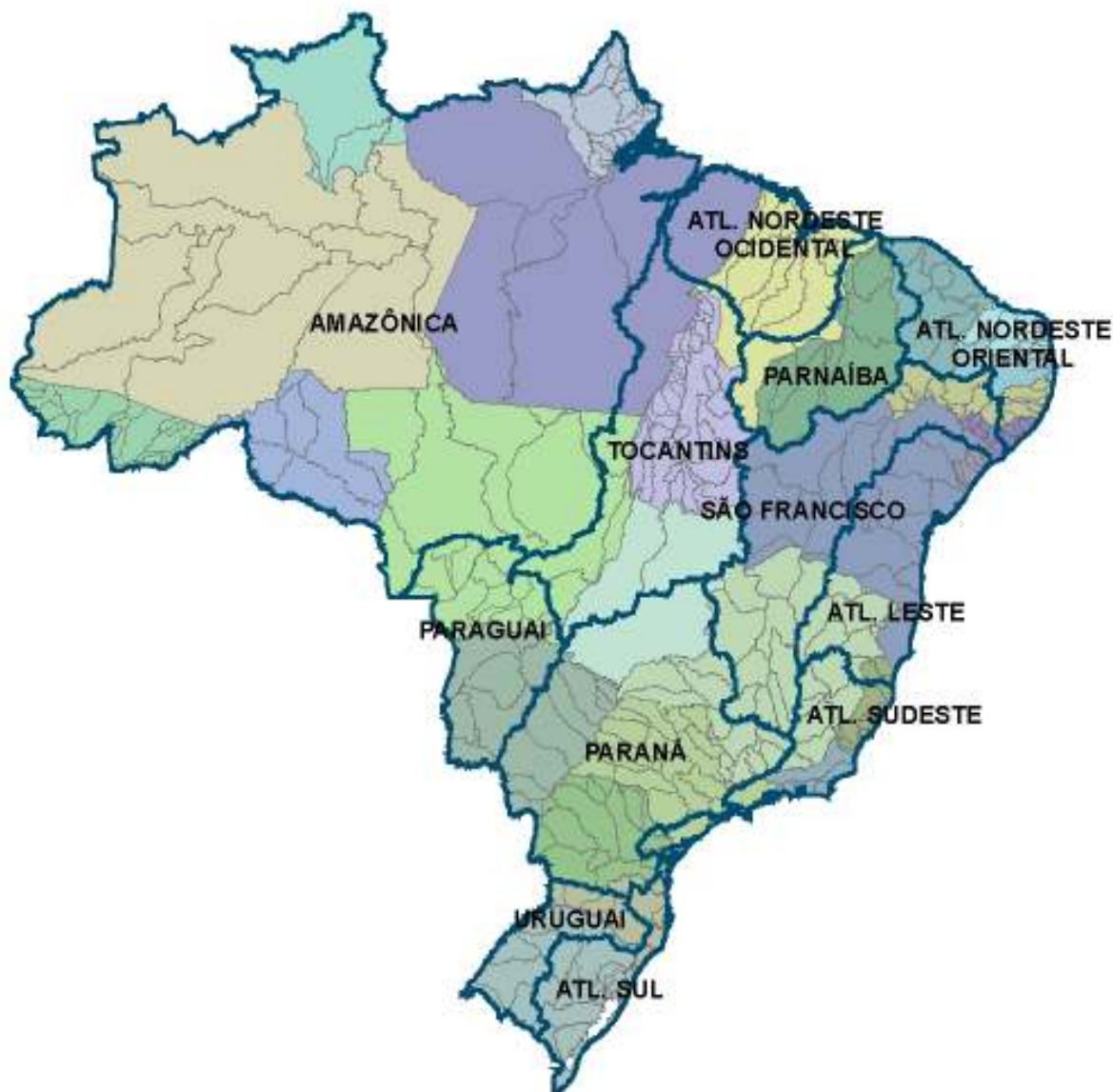


Figura 1 – Unidades Estaduais de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UEPGRH (vide Anexo I)

2.4.2 Critérios de integração

Considerando as unidades estaduais como a base para o agrupamento e conseqüente determinação das unidades nacionais é preciso definir como se dará essa aglomeração. A proposta a ser elaborada deve considerar a relevância relativamente à gestão dos recursos hídricos e a disponibilidade das informações em todo o território nacional.

Os critérios de integração das unidades estaduais deverão representar as principais interfaces entre o planejamento e a gestão de recursos hídricos e das demais políticas públicas em cada uma das unidades. Nesse sentido, das considerações sobre bacias hidrográficas apresentadas nos itens 2.1.1 a 2.1.4 desta Nota Técnica, foram definidos os seguintes grupos de critérios: I) critérios hidroambientais; II) critérios socioeconômicos; e III) critérios político-institucionais.

Elaborou-se, então, para cada um dos grupos de critérios, o levantamento de informações que nos possibilitasse a análise sobre a integração proporcionada por estes critérios entre as unidades estaduais existentes, conforme descrito abaixo:

I) Critérios hidroambientais

- a. Bacias hidrográficas representativas: compreendem as bacias cujo exutório é contribuinte direto do curso ou cursos principais de uma determinada Região Hidrográfica Nacional, agrupando as unidades estaduais (UEPGRHs) cujas áreas são envolvidas por estas bacias;
- b. Unidades de conservação ambiental: compreendem aquelas integrantes do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), incluindo as reservas indígenas. Buscando a melhor representatividade espacial para a escala de análise desse trabalho, foram consideradas somente as unidades de conservação cujas áreas sejam superiores a 100 km² (IBAMA, 2004);
- c. Aquíferos subterrâneos: compreendem as áreas de recarga dos principais reservatórios subterrâneos no país, principalmente aqueles em bacias geológicas sedimentares, segundo estudo realizado no âmbito da elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos (ANA PNRH, 2005 a);
- d. Reservatórios para produção hidrelétrica: compreendem as áreas dos reservatórios que contribuem para a compensação financeira pelo uso dos recursos hídricos, segundo cadastro realizado pela ANEEL, com área superior a 100 km² ou potência nominal superior a 100 MW (ANEEL, 2004 a);
- e. Interligações de bacias: compreendem as áreas das unidades interligadas por transposições de bacias cujas participações relativas são importantes no planejamento da disponibilidade hídrica tanto das bacias doadoras quanto das receptoras, conforme levantamento realizado no âmbito da elaboração do Atlas de Obras Prioritárias para a Região Semi-Árida e demais complementações (SPR/ANA, 2004).

II) Critérios socioeconômicos

- a. Regiões metropolitanas: compreendem as regiões criadas por legislação federal ou estadual (IBGE, 2004);

- b. Unidades nacionais de planejamento do MI: compreendem as unidades definidas pelo Ministério da Integração Nacional e utilizadas pelo Governo Federal no planejamento regional (MI, 2004);
- c. Mesoregiões econômicas: o IBGE divide as regiões brasileiras em micro e mesoregiões econômicas, de acordo com as semelhanças e integrações socioeconômicas entre os municípios. Foram utilizadas neste estudo as mesoregiões, devido à maior proximidade com a escala espacial pretendida (IBGE, 2004).

III) Critérios político-institucionais

- a. Comitês de bacia de rios de domínio da União: compreendem as áreas de todos os comitês de bacia criados e instalados no âmbito do CNRH (SAC/ANA, 2004 b);
- b. Comitês de bacia de rios de domínio estadual: compreendem as áreas dos comitês de bacia criados e instalados pelos Estados (SAC/ANA, 2004 b);
- c. Unidades federadas: entende-se a divisão político administrativa dos Estados e do Distrito Federal (IBGE, 2004).

O levantamento realizado é apresentado em mapas específicos, para cada um dos critérios, nas Figuras 2 a 12 a seguir.



Figura 2 – Bacias Hidrográficas Representativas



Figura 3 – Unidades de Conservação Ambiental (IBAMA, 2004)

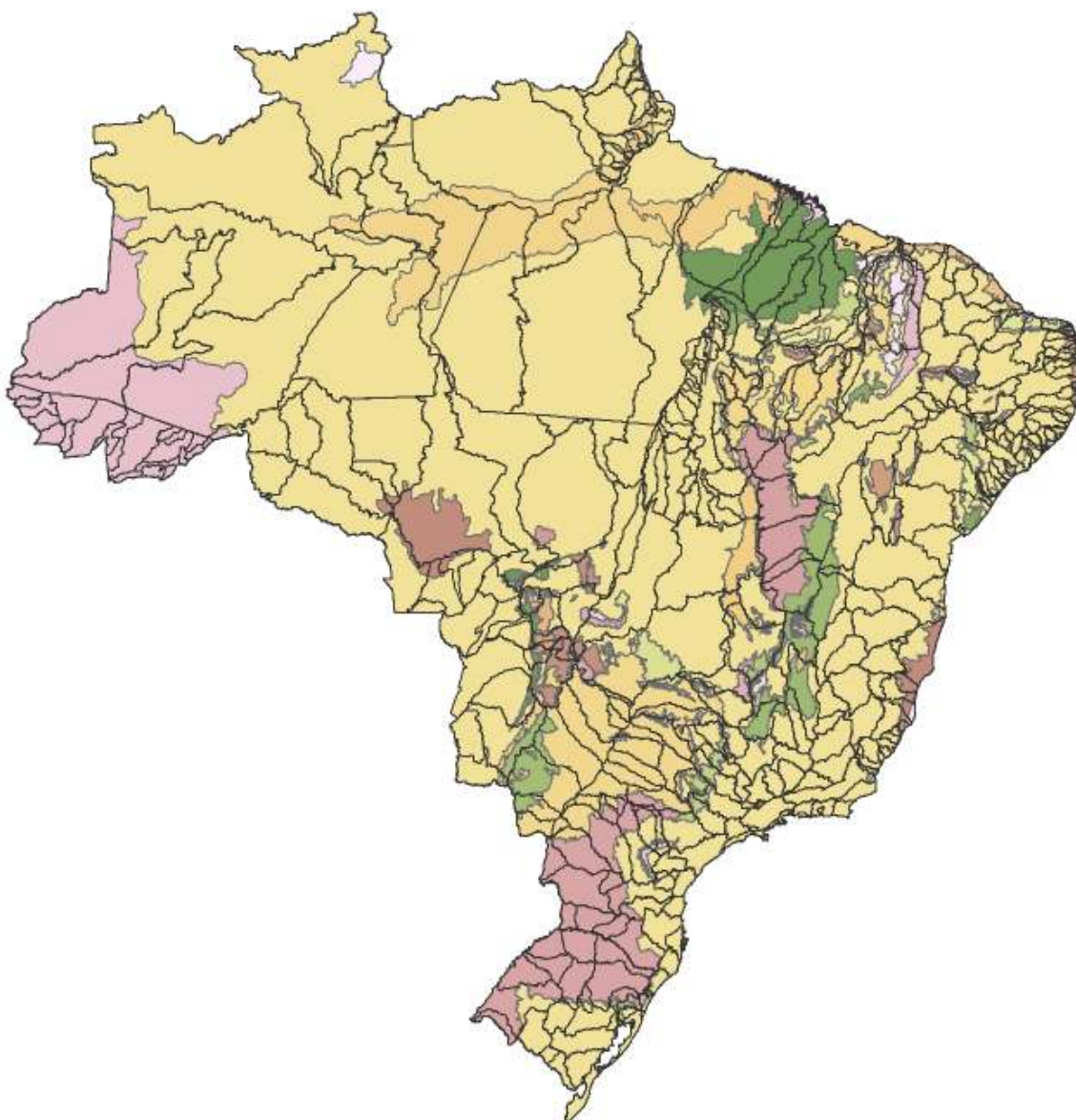


Figura 4 – Área de recarga de Aquíferos Subterrâneos (Fonte de dados: ANA PNRH, 2005 a)

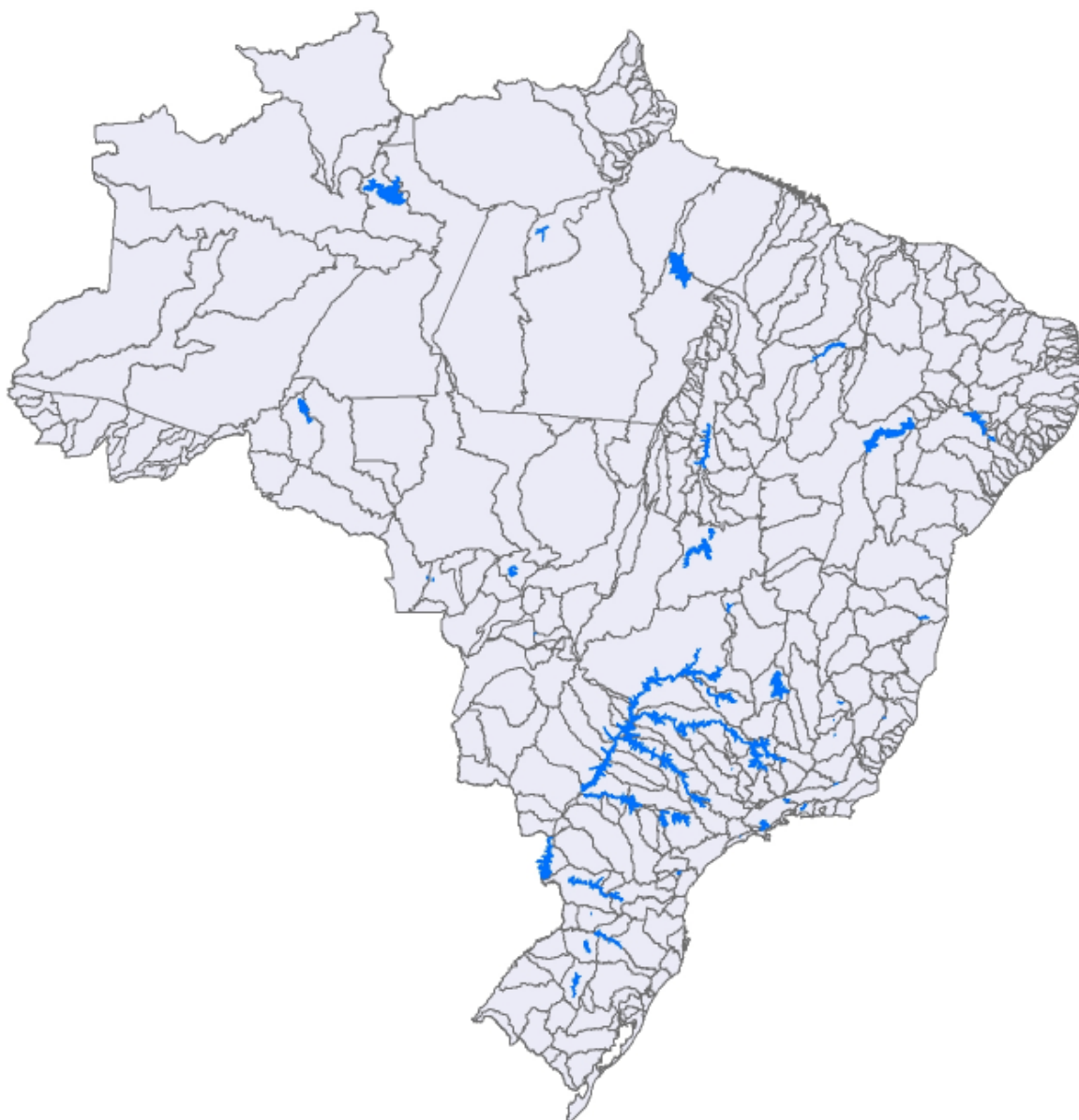


Figura 5 – Reservatórios para Produção Hidrelétrica (Fonte de dados: ANEEL, 2004 a)



Figura 6 – UEGRH com Interligações de Bacias (Fonte de dados: SPR/ANA, 2004)

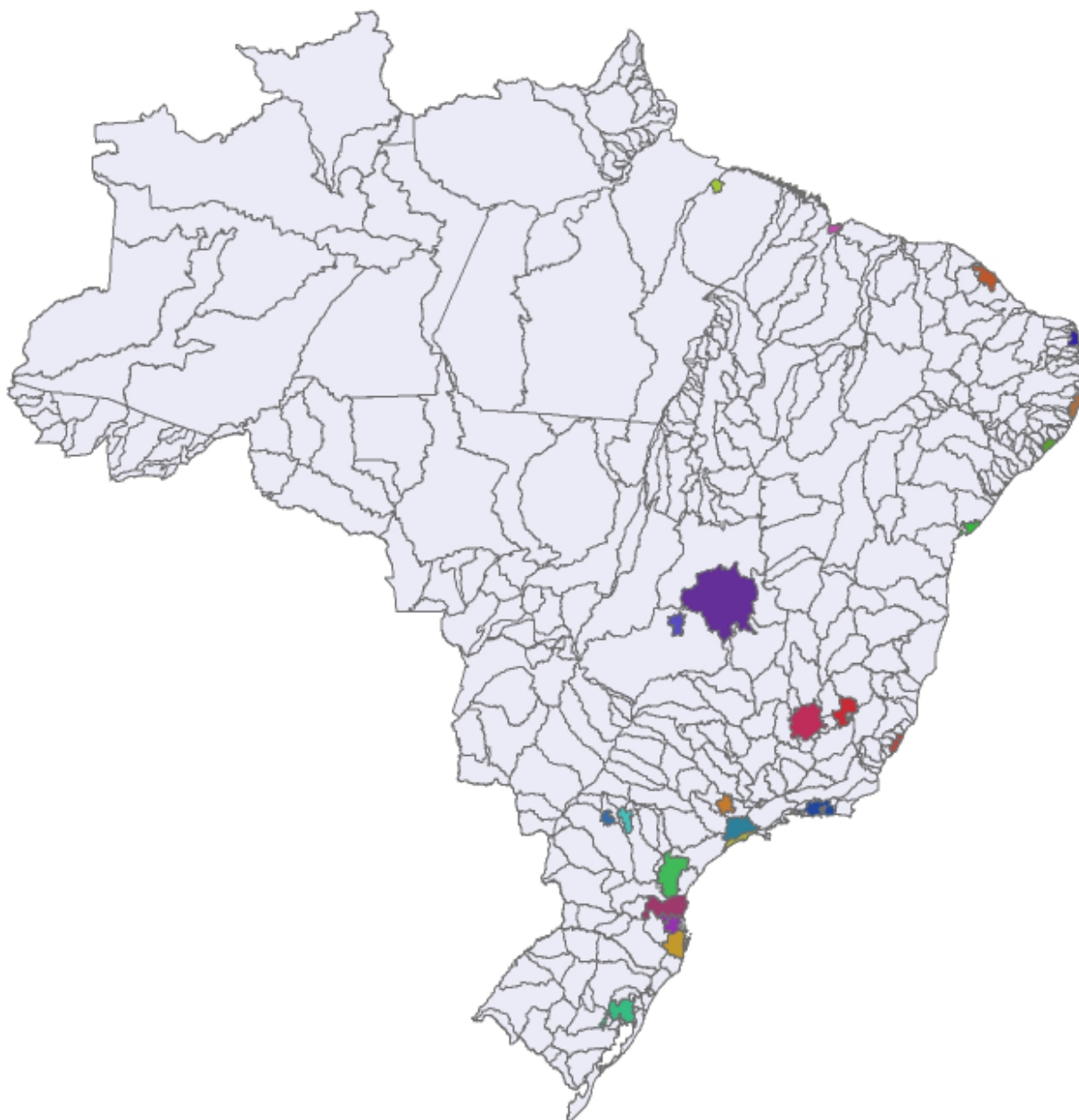


Figura 7 – Regiões Metropolitanas (Fonte de dados: IBGE, 2004)

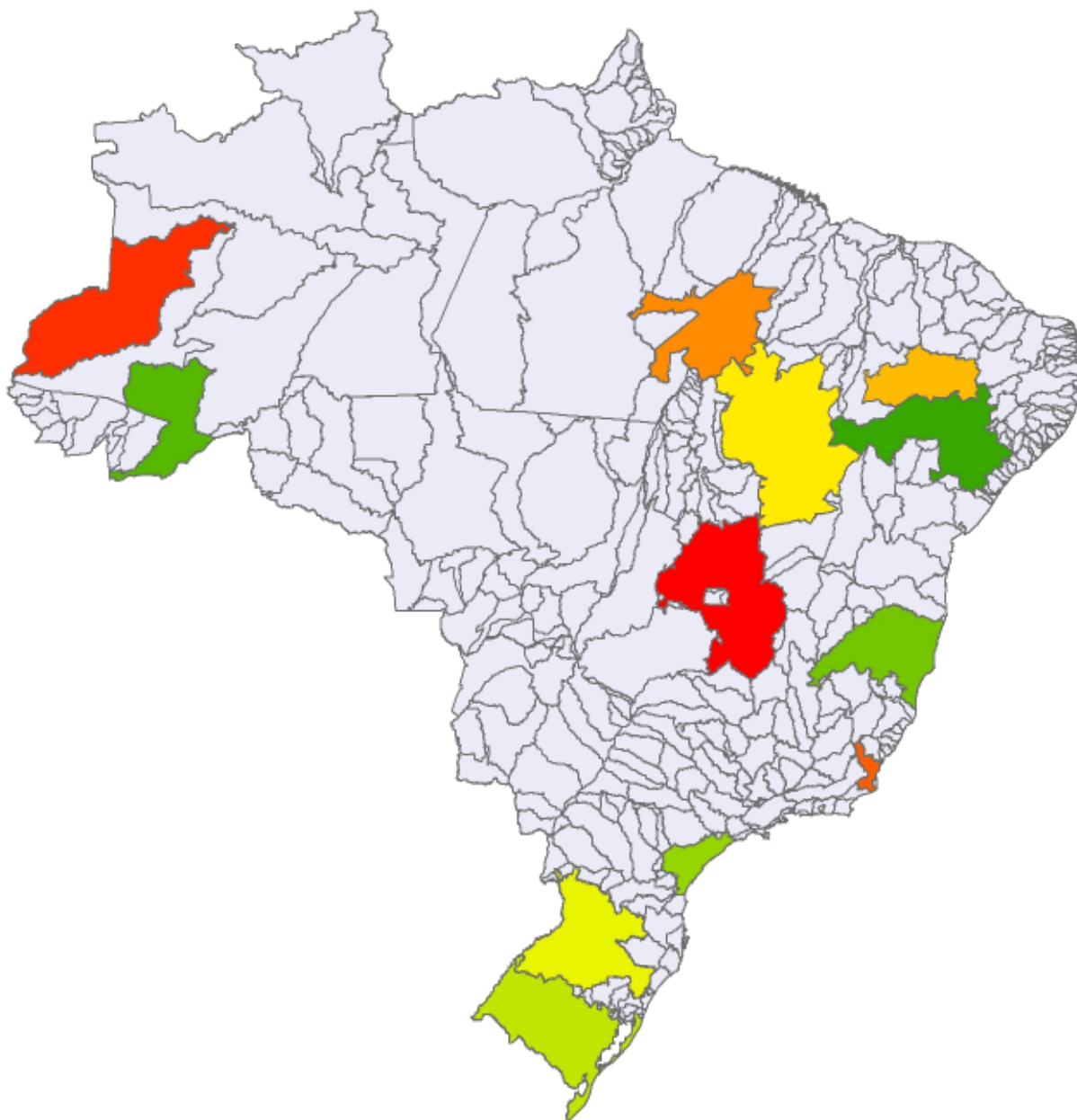


Figura 8 – Unidades Nacionais de Planejamento do MI (Fonte de dados: MI, 2004)



Figura 9 – Mesoregiões Econômicas (Fonte de dados: IBGE, 2004)

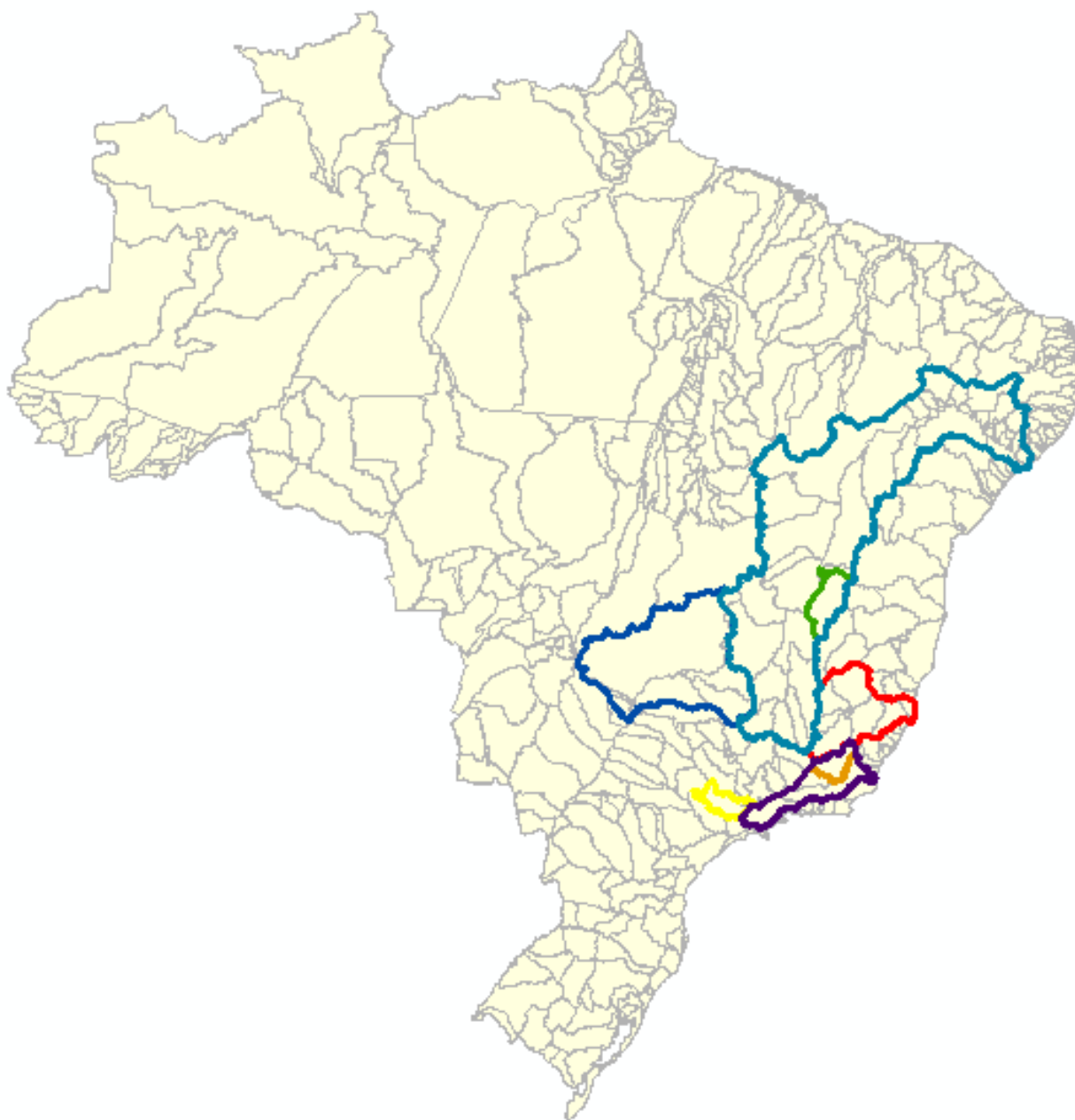


Figura 10 – Comitês de Bacia de rio de domínio da União (Fonte de dados: SAC/ANA, 2004 b)



Figura 11 – Comitês de Bacia de rio de domínio dos Estados (Fonte de dados: SAC/ANA, 2004 b)



Figura 12 – Divisão Político-Administrativo do Brasil (Estados e DF)

(Fonte de dados: IBGE, 2004 e NGI/ANA, 2004)

2.4.3 Métodos de análise de agrupamentos

O agrupamento das unidades estaduais em unidades nacionais de gestão deverá ser auxiliado pela utilização de ferramenta de modelagem matemática que possibilite a análise comparativa dos critérios de integração definidos acima.

No estudo em questão optamos por utilizar a análise de clusters para a criação dos agrupamentos. A aplicação da análise de clusters, técnica de análise multivariada para a definição dos agrupamentos com maior similaridade dentre as unidades estaduais, necessita que seja definida uma determinada distância representativa total (D).

Este método de cluster é tradicionalmente utilizado nas análises ambientais bem como 'para análises territoriais de planejamento. Segundo MOPU (1984), sua aplicação visa à estruturação de um conjunto de unidades em grupos, a partir de uma matriz inicial de distâncias. O grupo inicial se forma pela união das unidades cuja distancia inicial seja a menor. O processo se repete até que todos os pontos sejam incorporados em um único grupo, sendo que o número de grupos obtidos na classificação oscilará segundo a altura do corte da 'árvore' do cluster. MOPU (1984) explica ainda que a questão pendente é como definir a distância de uma unidade a um grupo de unidades, ou entre dois grupos de unidade, pois cada definição dá lugar a distintas estruturas hierárquicas das unidades do estudo. A melhor classificação é aquela que maximiza as diferenças intergrupos e minimiza as diferenças intragrupos.

Nas simulações a serem realizadas nesse estudo buscou-se promover uma análise hierarquizada, que possa indicar diversas faixas de integração entre as unidades comparadas.

Com a finalidade de definirmos a distância a ser utilizada, foi definido neste estudo que o Fator de Integração (F) de duas unidades estaduais contíguas é o vetor que indica a relevância de determinado atributo em função da sua representatividade na área de cada bacia e, também, da semelhança entre as unidades comparadas. Para sua quantificação foram definidos, dessa forma, o Fator de Relevância e o Fator de Semelhança, respectivamente.

Sejam as unidades contíguas 1 e 2, e Φ_1 e Φ_2 os parâmetros indicadores da Relevância que um certo atributo comum tem para cada uma das bacias. Estabelece-se que são parâmetros independentes entre si com variação de zero a um e assume-se o Fator de Relevância (Ψ) da análise conjunta das bacias como o produto de Ψ_1 por Ψ_2 , isto é:

$$\Psi = \Psi_1 \cdot \Psi_2 \quad (1)$$

No entanto, no caso de atributos cuja relevância é variável, deve-se imputar a eles alguma característica fisicamente representativa. Os aquíferos subterrâneos, as unidades de conservação ambiental ou os reservatórios construídos para geração hidrelétrica, assim como outros critérios considerados para integração, ocupam determinada área nas bacias em que estão inseridos. É, por

consequente, bastante razoável que o *elemento área* seja utilizado como padrão de discernimento da significância de tais atributos uma vez ser a medida da jurisdição dos respectivos planos diretores.

A Figura 13 mostra a unidade 1, de área igual a A_1 , e a unidade 2, de área igual a A_2 . As unidades compartilham um mesmo atributo cujas áreas são respectivamente a_1 e a_2 . Desta forma, pode-se admitir que:

$$\Psi^1 = \frac{a_1}{A_1} \quad \Psi^2 = \frac{a_2}{A_2} \quad (2)$$

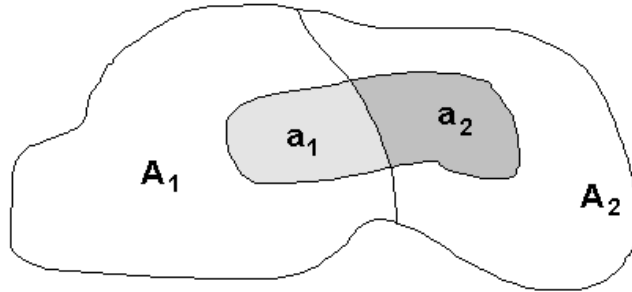


Figura 13 – Bacias 1 e 2, com áreas A_1 e A_2 e atributo a_1 e a_2

Além de exprimir quão relevante é o atributo comum a ambas as unidades, o Fator de Integração deve expressar quão semelhantes são as duas unidades no que diz respeito a este atributo. Sejam Φ_1 e Φ_2 os fatores que prescrevem o atributo em pauta. Se este atributo for válido para toda a unidade, os valores de Φ_1 e Φ_2 são os próprios valores do atributo, respectivamente Ψ_1 e Ψ_2 . No entanto, caso os valores de Φ_1 e Φ_2 não coincidam em ambas as unidades, totalmente, há necessidade de utilização do Fator de Semelhança (Φ). Como Φ_1 e Φ_2 variam de 0 a 1, pode-se afirmar que Φ é máximo quando ambos os parâmetros forem iguais entre si e mínimo quando o atributo não existe em pelo menos uma das bacias.

A Figura 14 mostra uma representação vetorial na qual \vec{v} é o vetor (Φ_1, Φ_2) , e \vec{u} é o vetor (1,1) representando a direção de máximo valor do Fator de Semelhança. O ângulo formado entre os dois vetores será a medida de quão semelhantes são os dois vetores. Como o produto escalar dos dois vetores é $\langle \vec{u}, \vec{v} \rangle = |\vec{u}| |\vec{v}| \cos \theta$, conclui-se que

$$\cos \theta = \frac{\langle \vec{u}, \vec{v} \rangle}{|\vec{u}| |\vec{v}|} = \frac{\Phi_1 + \Phi_2}{\sqrt{2(\Phi_1^2 + \Phi_2^2)}} \quad (3)$$

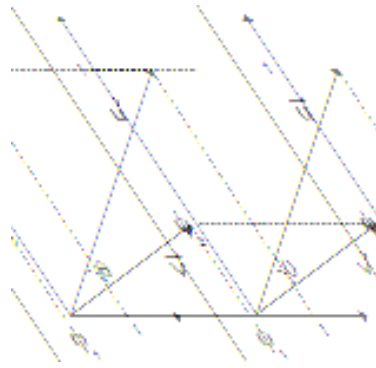


Figura 14 – Representação Vetorial do Fator de Semelhança

Porém, quando $\theta = 45^\circ$, o valor de Φ deveria se anular, o que não ocorre. Deste modo, a melhor maneira de definir o Fator de Semelhança não é por meio de $\cos\theta$, mas sim mediante o $\cos 2\theta$. Como $\cos 2\theta = 2.\cos^2\theta - 1$, tem-se:

$$\Phi = \frac{\cos 2\theta}{2} = \frac{\Phi_1^2 - \Phi_2^2}{\Phi_1^2 + \Phi_2^2} \quad (4)$$

O Fator de Integração é o produto dos fatores (Ψ e Φ). Portanto,

$$F = \frac{2.a_1^2.a_2^2}{a_1^2.A_2^2 + a_2^2.A_1^2} \text{ (para os critérios que envolvem o elemento área)} \quad (5)$$

$$F = \Psi \text{ (para os critérios onde } \Phi_1 \text{ e } \Phi_2 \text{ são iguais a 1)} \quad (6)$$

Os grupos de critérios analisados podem vir a se diferenciar na importância desejada frente à integração para a gestão e o planejamento dos recursos hídricos. É importante que o modelo possa permitir a variação da influência dos critérios quando se comparam as diferentes regiões hidrográficas. Essa diferenciação será permitida pelo estabelecimento de pesos para cada um dos grupos (ou critérios isolados). A integração entre as unidades será a média ponderada dos fatores de integração devidos a cada atributo.

Assim, seja N o número de atributos, F_i o fator de integração do critério e P_i o peso associado ao i -ésimo critério. Logo, a proximidade representativa resultante desse critério é:

$$\Delta_i = F_i.P_i \quad (7)$$

A proximidade representativa (d), considerados todos os atributos, será calculada por:

$$d = \sum_{i=1}^N \Delta_i = \frac{\sum_{i=1}^N F_i.P_i}{\sum_{k=1}^N P_k} \quad (8)$$

Há, no entanto, um critério que se diferencia dos demais: as bacias hidrográficas representativas definidas dentro do grupo dos critérios hidroambientais. A este critério de integração optou-se por estabelecer os valores 0 ou 1 quando, respectivamente, duas unidades não

se encontram na mesma bacia hidrográfica representativa ou quando se encontram. Este fator é denominado Fator de Bacia Representativa (FBR).

A distância representativa total (D) é definida como aquela cuja faixa de valores está entre a máxima proximidade entre duas unidades (dois) e nenhuma proximidade (zero), sendo calculada por

$$D = 2 - FBR - \sum_{i=1}^N \Delta_i = 2 - FBR - \frac{\sum_{i=1}^N F_i \cdot P_i}{\sum_{k=1}^N P_k} \quad (9)$$

2.4.4 Elaboração de alternativas por Região Hidrográfica Nacional

Os modelos matemáticos propostos foram submetidos à simulação visando à apresentação de alternativas por Região Hidrográfica Nacional, seguindo a seguinte seqüência de atividades:

- 1º) Levantamento dos dados dos critérios de integração;
- 2º) Definição dos Fatores de Relevância e Semelhança, por critério;
- 3º) Definição de pesos para os diferentes critérios, por região hidrográfica;
- 4º) Definição do número de aglomerados por Região Hidrográfica;
- 5º) Consolidação da Divisão Hidrográfica Nacional.

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA METODOLOGIA

A metodologia foi utilizada durante a elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos e na definição do detalhamento dos Programas e subprogramas do Plano. O resultado da aplicação da metodologia foi apresentado e debatido nessas oportunidades e é apresentado na Figura 15.



Figura 15 – Simulação da metodologia definindo as Unidades Nacionais de Gestão de Recursos Hídricos

4 RECOMENDAÇÕES

Sugere-se que esta Nota Técnica seja encaminhada ao CNRH para apreciação.

Wilde Cardoso Gontijo Junior
Gerente de Gestão de Recursos Hídricos - SAG

RODRIGO FLECHA FERREIRA ALVES
Superintendente de Apoio à Gestão de Recursos Hídricos

Anexo I - Levantamento das Unidades Estaduais de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

UF	Nº UEPGRH	SITUAÇÃO LEGAL	1
ACRE	22	definido pela UF (e-mail: marcos.araujo@ac.gov.br / ZEE AC)	
ALAGOAS	16	definido pela UF (CD Base Estadual / NGI / www.semarh.al.gov.br)	
AMAPÁ	31	definido pela UF (www.sema.ap.gov.br / ZEE AP)	
AMAZONAS	09	definido pela UF (I Workshop de Recursos Hídricos do Amazonas / GT2)	
BAHIA	19	definido pela UF (www.srh.ba.gov.br)	
CEARÁ	11	definido pela UF (atlas.secrel.com.br)	
ESPÍRITO SANTO	12	definido pela UF (www.seama.es.gov.br)	
GOIÁS	04	definido pela UF (www.agenciaambiental.go.gov.br)	
MARANHÃO	14	definido pela UF (www.zee.ma.gov.br)	
MATO GROSSO ⁵	24	proposto pela ANA (Doc. Base Ref. PNRH - nível 3)	
MATO GROSSO DO SUL	15	definido pela UF (e-mail: mabfs@hotmail.com / Maria A. B. Freire)	
MINAS GERAIS	44	definido pela UF (www.igam.mg.gov.br)	
PARÁ	09	definido pela UF (www.para30graus.pa.gov.br/recursos.htm)	
PARAÍBA	09	definido pela UF (Resolução Nº 02 do CERH de 05/11/2003)	
PARANÁ	20	definido pela UF (www.sema.pr.gov.br / Enéas Machado)	
PERNAMBUCO	29	definido pela UF (e-mail: simonerosa@sectma.pe.gov.br / Simone Rosa)	
PIAUÍ	13	definido pela UF (e-mail: rjarf@uol.com.br / Roberto Fernandes)	
RIO DE JANEIRO	07	definido pela UF (Decreto Estadual Nº 26.058/2000)	
RIO GRANDE DO NORTE	26	definido pela UF (www.serhid.rn.gov.br)	
RIO GRANDE DO SUL	24	definido pela UF (www.sema.rs.gov.br)	
RONDÔNIA	07	definido pela UF (www.rondonia.ro.gov.br/secretarias/sedam/sedam_.htm)	
RORAIMA	04	proposto pela ANA (Doc. Base Ref. PNRH - nível 3)	
SANTA CATARINA	10	definido pela UF (Lei Estadual Nº 10.949/1998)	
SÃO PAULO	22	definido pela UF (www.rededasaguas.org.br)	
SERGIPE	06	definido pela UF (CD: Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos)	
TOCANTINS	35	definido pela UF (www.seplan.to.gov.br / ZEE TO)	
TOTAL	442	-	

BIBLIOGRAFIA

- ANA PNRH (2005 a) *Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil*. Cadernos de Recursos Hídricos: Contribuições da Agência Nacional de Águas ao Plano Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/Tela_Apresentacao.htm>. Acesso em: Maio, 2005.
- ANA PNRH (2005 b) *Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil*. Cadernos de Recursos Hídricos: Contribuições da Agência Nacional de Águas ao Plano Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/Tela_Apresentacao.htm>. Acesso em: Maio, 2005.
- ANA PNRH (2005 c) *Diagnóstico da Outorga de Direito e Uso dos Recursos Hídricos no País - Diretrizes e Prioridades*. Cadernos de Recursos Hídricos: Contribuições da Agência Nacional de Águas ao Plano Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/Tela_Apresentacao.htm>. Acesso em: Maio, 2005.
- ANEEL (2004 a) Reservatórios Referentes à Compensação Financeira pelo Uso dos Recursos Hídricos. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília – DF. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: Novembro, 2004.
- ANEEL (2004 b) *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília – DF. 1 ed.
- COELHO, M. F. C. D.; SPEZIALLE, R.; NEVES, M. J. M.; LANNA, A. E. L. (2003) *Algumas Propostas Relacionadas à Fixação de Unidades de Gestão no Âmbito dos Rios sob Domínio Federal*. Projeto OEA 001/002 - Cooperação Técnica para o Programa de Estruturação Institucional de Consolidação da Política Nacional de Recursos Hídricos, Brasília – DF.
- DAEE (1992) *Divisão Hidrográfica do Estado de São Paulo – Relatório Preliminar*. Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos – CORHI. Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. São Paulo – SP.
- GARRIDO, R. J. S.; FREITAS JR, F. L. (2002) “Reflexões sobre o Estabelecimento de Bacias Prioritárias para a Gestão dos Recursos Hídricos”, in: *O Estado das Águas do Brasil 2000 - 2001*, Agência Nacional de Águas, Brasília – DF.
- IBAMA (2004) *Dados disponibilizados sobre as Unidades de Conservação Ambiental e Reservas da Biosfera integrantes do Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC* (shapefiles), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília – DF.
- IBGE (2002) *Pesquisa de Informações Básicas Municipais: Perfil dos Municípios Brasileiros*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Ministério do Meio Ambiente e Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasília, DF.
- IBGE (2004), Censo 2000: tabelas referentes às microrregiões, regiões metropolitanas e unidades da federação. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília – DF.

- IGAM (1999) *Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos do Estado de M^g Gerais*. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte – MG.
- MI (2004) Unidades Nacionais de Planejamento. Ministério da Integração Nacional, Brasília – DF.
- MOPU - Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo da España (1984) “*III Técnicas para el tratamiento de la información*”, in: *Guía para elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*. Centro de Estudios de Ordenación Del Territorio y Medio Ambiente, pp. 507 – 569.
- NGI/ANA (2004) *Rede Hidrográfica 1:1.000.000* (shapefile). Núcleo de Gestão da Informação. Agência Nacional de Águas, Brasília – DF.
- SAC/ANA (2004 a) *Levantamento das Unidades Estaduais de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos* (ver tabela Anexo I) Superintendência de Apoio a Comitês, Agência Nacional de Águas, Brasília – DF.
- SAC/ANA (2004 b) *Comitês de Bacia Hidrográfica Instalados, levantados na ocasião de realização do VI Fórum Nacional de Comitês* (em constante atualização). Superintendência de Apoio a Comitês, Agência Nacional de Águas, Brasília – DF.
- SAC/ANA (2005) *Levantamento de regiões com processos de comitê em instalação, com associações e consórcios intermunicipais de recursos hídricos e com comitês instalados*. Superintendência de Apoio a Comitês, Agência Nacional de Águas, Brasília – DF.
- SANTA CATARINA (1998) *Lei Estadual nº 10.949, de 09 de novembro de 1998, Dispõe sobre a caracterização do Estado em dez Regiões Hidrográficas*, Florianópolis – SC.
- SOC/ANA (2005). *Potencial de Arrecadação da Cobrança no Brasil*. Superintendência de Outorga e Cobrança, Agência Nacional de Águas, Brasília – DF.
- SOLLERO, V. T. (2003) *Estudo sobre a base territorial nacional de gestão*. Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente, Brasília – DF.
- SPR/ANA (2004) *Atlas de Obras Prioritárias para a Região Semi-Árida*. Programa de Desenvolvimento Sustentável de Recursos Hídricos para o Semi-Árido Brasileiro. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, Agência Nacional de Águas, Brasília – DF.
- SPR/ANA (2005). *Mapas de Recursos Hídricos no Brasil: Situação atual dos Planos de Recursos Hídricos*. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, Agência Nacional de Águas, Brasília – DF.