

3 Marcos conceituais para gestão de recursos hídricos

*Maria Inês Paes Ferreira**
*José Augusto Ferreira da Silva***
*Brunna Rocha Werneck****

3.1 Aspectos gerais

A água é considerada um recurso ou bem econômico, porque é finita, vulnerável e essencial para a conservação da vida e do meio ambiente. Além disso, sua escassez impede o desenvolvimento de diversas regiões. Por outro lado, é também tida como um recurso ambiental, pois a alteração adversa desse recurso pode contribuir para a degradação da qualidade do meio ambiente. Já a degradação ambiental afeta, direta ou indiretamente, a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a fauna e a flora; as condições estéticas e sanitárias do meio; e a qualidade dos recursos naturais (BORSOI; TORRES, 2008).

O controle da poluição da água é necessário para assegurar e manter níveis de qualidade compatíveis com sua utilização. A vida no meio aquoso depende da quantidade de oxigênio dissolvido, de modo que o excesso de dejetos orgânicos e tóxicos na água reduz o nível de oxigênio e impossibilita o ciclo biológico normal.

A legislação ambiental brasileira - constituída pela Lei 6.938, de 31.08.81, e Resolução Conama 001, de 23.01.86 - conceituou as águas interiores, as superficiais e as subterrâneas como um recurso ambiental, e a degradação da qualidade ambiental, por sua vez, como qualquer alteração adversa desse recurso.

Segundo Borsoi e Torres (2008), a gestão de recursos hídricos, através de bacia hidrográfica, tem papel fundamental na gestão ambiental porque a água é um indicador que se presta a modelagens de simulação. É possível

* Professora e Coordenadora do Programa de Pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Ambiental (PPEA) / Instituto Federal Fluminense (IFF)/*Campus* Macaé. Engenheira Química, Doutora em Ciência e Tecnologia de Polímeros pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

** Professor do PPEA do IFF. Geógrafo, Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista. Instituto Federal Fluminense/*Campus* Macaé.

*** Aluna do Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense. Geógrafa pela Universidade Federal de Viçosa, consultora do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). IBAMA

reproduzir o funcionamento hidráulico e ambiental a partir de uma base técnica: informação sobre apropriação (uso e poluição) da água e características fisiográficas da bacia e do corpo d'água em si.

A demanda das populações por água depende dos padrões e costumes de uso, da renda, de sua localização urbana ou rural, da disponibilidade de água e outros fatores. Segundo a Organização Mundial de Saúde - OMS, as populações rurais de países em desenvolvimento consomem entre 35 e 90 litros de água por habitante/dia. Entretanto, em alguns desses países verifica-se um consumo de até cinco litros por habitante/dia, o mínimo necessário para manter a vida (BORSOI; TORRES, 2008).

3.2 *Bacia hidrográfica*

Considera-se no âmbito dos recursos hídricos, as bacias hidrográficas em suas diversas escalas, como unidades físico-territoriais para o planejamento e gestão das águas. A Bacia hidrográfica é, segundo Tucci (2002), uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório; compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório.

Para Magalhães Jr. (2008), a bacia hidrográfica como unidade de gestão e planejamento, decorre da complexa interação entre as partes e o todo. A adoção da bacia hidrográfica como delimitação do sistema a ser gerenciado apresenta vantagens e desvantagens. A vantagem está na rede de drenagem de uma bacia consistir em um caminho preferencial na maior parte das relações causa-efeito, em especial se tratando do meio hídrico. As desvantagens são que nem sempre os limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia e, conseqüentemente, a dimensão espacial de algumas relações de causa-efeito de caráter econômico e político.

3.2.1 A bacia hidrográfica como unidade físico-territorial para gestão dos recursos hídricos

Para Magalhães (1989) *apud* UFBA (2008), a bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área onde a precipitação é coletada e conduzida para seu sistema de drenagem natural, isto é, uma área composta de um sistema de

drenagem natural onde o movimento de água superficial inclui todos os usos da água e do solo existentes na localidade. Os limites da área que compreende a bacia hidrográfica são definidos topograficamente como os pontos que limitam as vertentes que convergem para uma mesma bacia ou exutório.

Para Lima (2008), remonta aos primórdios dos estudos hidrológicos e geomorfológicos, a identificação da bacia hidrográfica como unidade fundamental de processos de escoamento hídrico e sedimentar. Horton (1945) *apud* Lima (2008), por exemplo, contribuiu significativamente para a definição da bacia como um sistema individualizado, porém hierarquizado, quando identificou parâmetros de organização dos canais de drenagem. Essa contribuição ocorreu já numa fase em que a Geografia começava a desintegrar-se em subdisciplinas, principalmente na área física. Desde então, a bacia hidrográfica passou a ser recorte de estudos principalmente da Geomorfologia, praticada pelos chamados geógrafos físicos.

Ainda de acordo com Lima (2008), independentemente dessa discussão, a bacia hidrográfica continua sendo um recorte adequado para a análise do comportamento de um sistema natural antropizado ou não. A tendência de otimização morfológica das redes de drenagem, tanto vertical quanto horizontalmente (KAPOOR, 1990; IJJASZ-VASQUEZ *et al.*, 1993), tem sido vista não apenas como um processo isolado, mas possuidor de estreita relação condicionadora com outros elementos da paisagem, como a vegetação e os solos (CAYLOR *et al.*, 2005). Isso realça a noção de que a bacia é um sistema complexo no qual fluxos de água e de sedimento constituem os seus processos fundamentais e que interagem com outros elementos do sistema, buscando uma configuração otimizada. Reforça-se a idéia de que a bacia é uma unidade fundamental de estudo quanto aos processos naturais.

A adoção da bacia hidrográfica constitui um princípio básico para a implementação da gestão de recursos hídricos e é empregado em várias experiências estrangeiras. No caso brasileiro, constitui a unidade físico-territorial para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos, como estabelecido nas Leis 9.433/97 e 7.663/91.

A unicidade verifica-se, na abordagem sistêmica, pela interação entre os elementos naturais e sociais constituintes da bacia hidrográfica e pela indivisibilidade da água, em suas fases meteórica, superficial ou subterrânea. Nesta abordagem, a bacia hidrográfica pode ser definida como a "[...] área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema aberto" (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 2), em que cada um dos

elementos, matérias e energias presentes no sistema, apresentam uma função própria e estão estruturados e intrinsecamente relacionados entre si. O que ocorrer a qualquer um deles terá reflexos sobre os demais. Desta forma, tudo o que ocorre na bacia hidrográfica repercute direta ou indiretamente nos rios e na qualidade e quantidade das águas (LEAL, 1995).

As bacias hidrográficas, segundo Cunha e Guerra (1996) recebem energias do clima e tectônica locais, com constantes ajustes nos elementos das formas e processos associados, possuindo papel fundamental na evolução do relevo, uma vez que os cursos d'água constituem importantes modeladores da paisagem, e permitindo uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas.

Considerar uma bacia hidrográfica como uma unidade, portanto, impõe abordar todos seus elementos (água, solo, flora, fauna, uso e ocupação do solo, etc.) e compreendê-la como uma totalidade composta por elementos naturais e sociais, interrelacionados e dinâmicos.

O gerenciamento de bacia hidrográfica implica, necessariamente, o gerenciamento de recursos hídricos (ASSIS, 1995). A adoção da bacia hidrográfica, nesta perspectiva, pode contribuir decididamente para a integração do sistema de gestão ambiental com o sistema de gestão dos recursos hídricos.

No trabalho *Políticas Públicas para el Desarrollo Sustentable: La Gestion Integrada de Cuencas*, CEPAL indica alguns aspectos positivos na adoção da bacia hidrográfica como espaço territorial para implementação da gestão integrada dos recursos hídricos:

- 1 possibilidade de organizar a população em relação à temática ambiental, em função das águas, superando, deste modo, as barreiras impostas por limites e setores políticos e administrativos, facilitando a comunicação entre eles;
- 2 permite uma maior facilidade para sistematizar e executar ações dentro de um espaço onde se podem colimar os interesses dos atores ao redor do uso do território da bacia, de uso múltiplo da água e do controle de fenômenos naturais adversos (enchente, erosão e assoreamento);
- 3 possibilidade de avaliar os resultados alcançados em termos de manejo dos recursos naturais, visto a sua repercussão na descarga d'água; ou seja, trabalhando com base nas bacias hidrográficas, pode-se medir o que está se conseguindo em termos da desejada sustentabilidade ambiental;

- 4 o uso de critérios hídricos ambientais estabelece como princípio o respeito ao ambiente e ao seu funcionamento físico ecológico;
- 5 ao considerar os critérios sociais pode-se obter a equidade, a minimização de conflitos e a segurança da população;
- 6 favorece o crescimento econômico, mediante o melhor uso dos recursos naturais da bacia e dos recursos de infraestrutura existente de modo harmônico com as metas de transformação produtivas e de uso.

A possibilidade de organizar a população por bacias hidrográficas constitui um dos grandes desafios a serem enfrentados na gestão das águas. É preciso construir na população a noção espacial da bacia hidrográfica, com seus limites e interações naturais, alterações provocadas pela ação antrópica, sua não conformação aos territórios administrativos e sua rede de drenagem. Trata-se de um processo lento de mudança cultural, que envolve o trabalho educativo desde as séries escolares iniciais, com uma nova alfabetização espacial, de caráter ambiental.

Ao considerar o elemento água, a adoção da bacia hidrográfica fica facilitada, pelo grau de interesse e mobilização que as águas permitem junto à população, setores usuários e responsáveis pela sua administração pública. O território da bacia facilita a relação entre seus habitantes pela dependência que eles têm do sistema hídrico e dos problemas comuns que enfrentam, independentemente do modo como se agrupam neste território e dos limites políticos e administrativos (PIRES NETO, 1998).

Constitui uma avaliação eficiente analisar as potencialidades e fragilidades da bacia hidrográfica identificando a qualidade e volume das águas que estão nos cursos d'água. Estando a água com qualidade boa e vazão compatível com as características físicas da bacia, tem-se um indicador adequado da sua qualidade ambiental e de como são gerenciados seus recursos naturais (LEAL).

3.2.2 Delimitação da bacia

A delimitação de cada bacia hidrográfica é feita numa carta topográfica, seguindo as linhas das cristas das elevações circundantes da seção do curso d'água em estudo. Cada bacia é assim, sob o ponto de vista topográfico, separada das restantes bacias vizinhas. Esta delimitação que atende apenas a fatores

de ordem topográfica “[...] define uma linha de cumeada a que poderíamos chamar linha de divisão das águas”, pois ela é que divide as precipitações que caem e, que, por escoamento superficial, seguindo as linhas de maior declive, contribuem para a vazão que passa na seção em estudo (Figura 1).

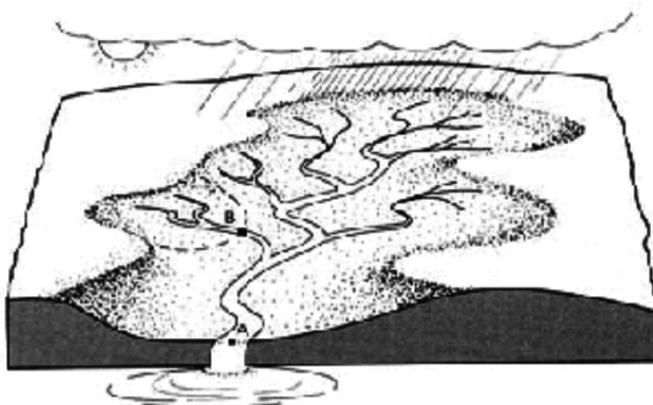


Figura 1: Área de contribuição de uma bacia

Fonte: UFBA, 2008.

No entanto, as águas que atingem a seção do curso d'água em estudo poderão provir não só do escoamento superficial como também do escoamento subterrâneo, que poderá ter origem em bacias vizinhas. E, inversamente, parte do escoamento superficial poderá concentrar-se em lagos ou lençóis subterrâneos que não têm comunicação com o curso de água em estudo, não contribuindo para a sua vazão.

Concluiu-se que, além da delimitação topográfica, deve-se observar a delimitação da bacia sob o ponto de vista geológico e em formações características, calcárias ou de geologia especial. Raramente as duas delimitações coincidem (Figura 2).

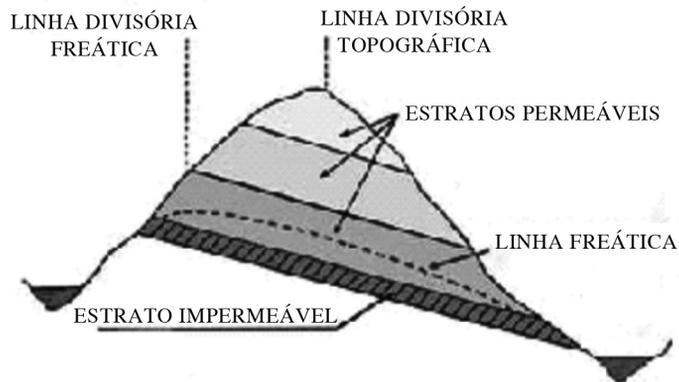


Figura 2: Linhas divisórias freática e topográfica

Fonte: UFBA, 2008.

3.2.3 Características fisiográficas (forma, relevo, padrões de drenagem, cobertura vegetal)

As características fisiográficas de uma bacia são obtidas dos dados que podem ser extraídos de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite. São: área, comprimento, declividade e cobertura do solo, que podem ser expressos diretamente ou, por índices que relacionam os dados obtidos.

3.2.3.1 Forma da bacia

A forma da bacia não é, normalmente, usada de forma direta em hidrologia. No entanto, parâmetros que refletem a forma da bacia são usados ocasionalmente e têm base conceitual. As bacias hidrográficas têm uma variedade infinita de formas, que supostamente refletem o comportamento hidrológico da bacia. Em uma bacia circular, toda a água escoada tende a alcançar a saída da bacia ao mesmo tempo (Figura 3).

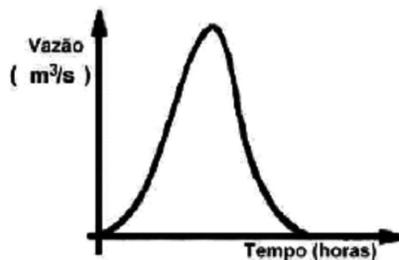
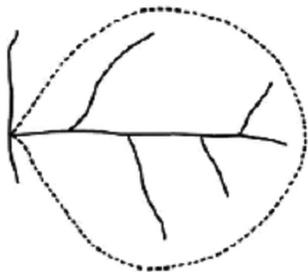


Figura 3: Bacia arredondada e as características do escoamento nela originado por uma precipitação uniforme
 Fonte: UFBA, 2008.

Numa bacia elíptica, tendo a saída da bacia na ponta do maior eixo e, sendo a área igual a da bacia circular, o escoamento será mais distribuído no tempo, produzindo, portanto, uma enchente menor (Figura 4).

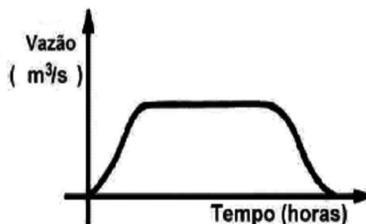
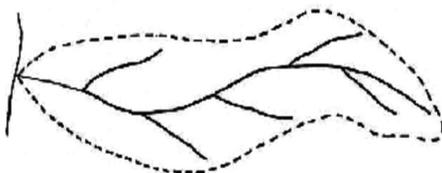


Figura 4: Bacia elíptica e as características do escoamento nela originado por uma precipitação uniforme
 Fonte: UFBA, 2008.

As bacias do tipo radial ou ramificada são formadas por conjuntos de sub-bacias alongadas que convergem para um mesmo curso principal. Neste caso, uma chuva uniforme, em toda a bacia, origina cheias nas sub-bacias, que vão se somar, mas não simultaneamente, no curso principal. Portanto, a cheia crescerá, estacionará, ou diminuirá na medida em que forem se fazendo sentir as contribuições das diferentes sub-bacias (Figura 5).

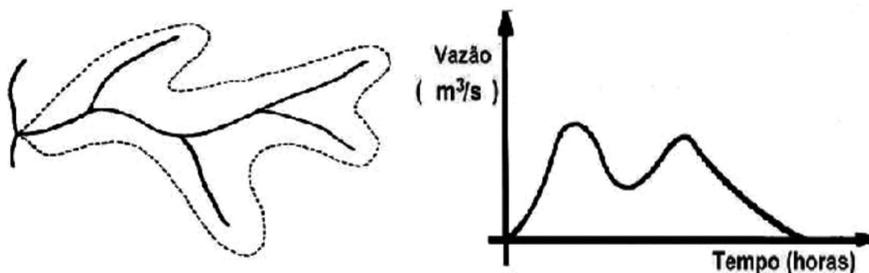


Figura 5: Bacia ramificada e as características do escoamento nela originado por uma precipitação uniforme

Fonte: UFBA, 2008.

- a) Fator de forma: fator de forma - **Kf** - é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Mede-se o comprimento da bacia quando se segue o curso d'água mais longo desde a desembocadura até a cabeceira mais distante da bacia. A largura média é obtida quando se divide a área pelo comprimento da bacia. O fator de forma é um índice indicativo da tendência para enchentes de uma bacia, que com um fator de forma baixo é menos sujeita à enchente que outra de mesmo tamanho, porém, com maior fator de forma. Isso se deve ao fato de que numa bacia estreita e longa, com fator de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão; e também numa tal bacia, a contribuição dos tributários atinge o curso d'água principal em vários pontos ao longo do mesmo, afastando-se, portanto, da condição ideal da bacia circular discutida no item seguinte, na qual a concentração de todo o seu deflúvio se dá num só ponto.
- b) Coeficiente de Compacidade: coeficiente de compacidade ou índice de Gravelius - **Kc** - é a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de área igual à da bacia. Este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente do seu tamanho; quanto mais irregular ela for, tanto maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade, corresponderia a uma bacia circular. Se os outros fatores forem iguais, a tendência para maiores enchentes é tanto mais acentuada quanto mais próximo da unidade for o valor desse coeficiente.

3.2.3.2 Relevô

Diversos parâmetros foram desenvolvidos para refletir as variações do relevô em uma bacia. Os mais comuns são:

- a) **Declividade da bacia.** Apesar de haver diversos métodos para estimar a sua declividade, o mais comum é que a diferença de cota (**H**) deve se referir a toda bacia e não apenas ao canal. Há ainda o método das quadrículas associadas a um vetor. Esse método é mais completo que o anterior e consiste em determinar a distribuição percentual das declividades do terreno por meio de uma amostragem estatística das declividades normais às curvas de nível em um grande número de pontos na bacia. Esses pontos devem ser locados no seu mapa topográfico por meio de um quadriculado que se traça sobre o mesmo.
- b) **Curva hipsométrica.** É a representação gráfica do relevô médio de uma bacia (Figura 6). Representa o estudo da variação da elevação dos seus vários terrenos com referência ao nível médio do mar. Essa variação pode ser indicada por meio de um gráfico que mostra a porcentagem da área de drenagem que existe acima ou abaixo das várias elevações. A curva hipsométrica pode ser determinada pelo método das quadrículas descrito no item anterior ou planimetrando - se as áreas entre as curvas de nível.

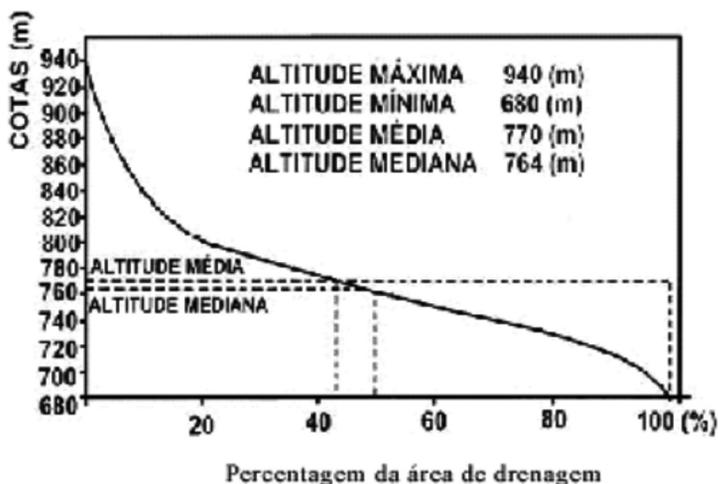


Figura 6: Curva Hipsométrica

Fonte: UFBA, 2008.

c) Elevação média da bacia. A variação da altitude e a elevação média de uma bacia são, também, importantes pela influência que exercem sobre a precipitação, sobre as perdas de água por evaporação e transpiração e, conseqüentemente, sobre o deflúvio médio. Grandes variações da altitude numa bacia acarretam diferenças significativas na temperatura média a qual, por sua vez, causa variações na evapotranspiração. Mais significativas, porém, são as possíveis variações de precipitação anual com a elevação. A elevação média é determinada por meio de um retângulo de área equivalente à limitada pela curva hipsométrica e os eixos coordenados; a altura do retângulo é a elevação média.

Outro fator importante no estudo das elevações da bacia é a Altura Média da Seção de Controle (desembocadura), a qual representa uma carga potencial hipotética à que estão sujeitos os volumes de excesso de chuva e constitui um fator que afeta o tempo que levariam as águas para atingir a seção de controle. Essa altura é determinada pela diferença entre a elevação mediana e a elevação do leito na desembocadura.

d) Declividade de álveo. A velocidade de escoamento de um rio depende da declividade dos canais fluviais. Assim, quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e bem mais pronunciados e estreitos serão os gráficos vazão x tempo das enchentes. Obtém-se a declividade de um curso d'água, entre dois pontos, dividindo-se a diferença total de elevação do leito pela extensão horizontal do curso d'água entre esses dois pontos.

3.2.3.3 Padrões de drenagem

A velocidade do escoamento em canal é usualmente maior que a velocidade de escoamento superficial. Portanto, o tempo de deslocamento do escoamento em uma bacia na qual o comprimento de escoamento superficial é pequeno em relação ao comprimento do canal seria menor do que em uma com trechos longos de escoamento superficial. O tempo de deslocamento do escoamento em uma bacia é um dado de extrema importância para diversos estudos hidrológicos, como será mostrado a seguir. O padrão de drenagem é um indicador das características do escoamento de uma precipitação. Alguns parâmetros foram desenvolvidos para representar os padrões de drenagem.

- a) **Ordem dos cursos d'água** - Leis de Horton - A ordem do curso d'água é uma medida da ramificação dentro de uma bacia. Um curso d'água de 1ª ordem é um tributário sem ramificações; um curso d'água de 2ª ordem é um tributário formado por dois ou mais cursos d'água de 1ª ordem; um de 3ª ordem é formado por dois ou mais cursos de 2ª ordem; e, genericamente, um curso d'água de ordem **n** é um tributário formado por dois ou mais cursos d'água de ordem (**n** - 1) e outros de ordens inferiores.

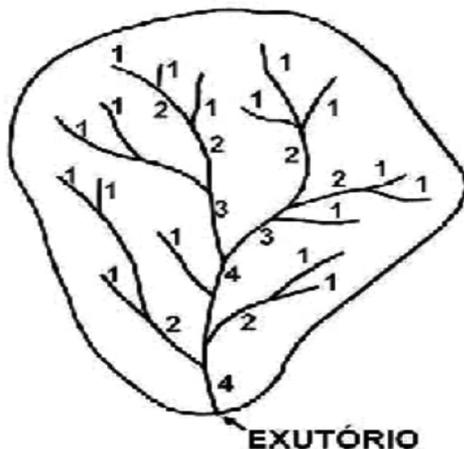


Figura 7: Ordem dos cursos d'água segundo Horton
 Fonte: UFBA, 2008.

Para uma bacia hidrográfica, a ordem principal é definida como a ordem principal do respectivo canal. A Figura 7 mostra a ordenação dos cursos d'água de uma bacia hipotética. Neste caso, a ordem principal da bacia é 4.

Resende (*et al.*, 2007) também fala da importância desse conceito de hierarquia (STRAHLER, 1958) ou ordenação de drenagem. As linhas que dissecam a paisagem na direção dos divisores da bacia é que fornecem dados importantes de fluxos e que, associadas à sua forma, contribuem pra delinear a dinâmica no seu interior.

- b) **A densidade de drenagem (D)** é a razão entre o comprimento total dos cursos d'água em uma bacia e a sua área. Um valor alto para **D** indicaria uma densidade de drenagem relativamente alta e uma resposta rápida da bacia a uma precipitação.

Segundo Swami (1975) *apud* UFBA (2008), índices em torno de 0,5km/km² indicariam uma drenagem pobre, índices maiores que 3,5km/km² indicariam bacias excepcionalmente bem drenadas.

3.2.3.4 Cobertura vegetal

A cobertura vegetal, e em particular as florestas e as culturas da bacia hidrográfica, vêm juntar a sua influência à de natureza geológica dos terrenos, condicionando a maior ou menor rapidez do escoamento superficial. Além disso, a sua influência exerce-se, também, na taxa de evaporação da bacia, com uma ação regularizadora de caudais, sobretudo nos climas secos. No caso de grandes cheias com elevados caudais, a sua ação é, no entanto, praticamente nula. Além da influência que exerce na velocidade dos escoamentos e na taxa de evaporação, a cobertura vegetal desempenha papel importante e eficaz na luta contra a erosão dos solos.

3.2.4 Características geológicas e transporte de sedimentos

O estudo geológico dos solos e subsolos tem por objetivo principal a sua classificação segundo a maior ou menor permeabilidade, dada à influência que tal característica tem na rapidez de crescimento das cheias. A existência de terrenos quase, ou totalmente, impermeáveis, impede a infiltração facilitando o escoamento superficial e originando cheias de crescimento repentino. Já os permeáveis ocasionam o retardamento do escoamento devido à infiltração, amortecendo as cheias (Figura 8).



Figura 8: Características da vazão de um rio de acordo com a permeabilidade do solo

Fonte: UFBA, 2008.

Bacia Impermeável - ao receber certa precipitação, dá origem a um escoamento superficial com elevada ponta; Bacia Permeável - dá origem a um escoamento superficial de forma achatada e cuja ponta máxima é bastante retardada em relação ao início da precipitação.

A existência de maior ou menor transporte de sedimento, depende da natureza geológica dos terrenos. O seu conhecimento é fundamental, visto que a erosão e sedimentação das partículas alteram a topografia do leito do rio, podendo essa transformação chegar a ponto de aniquilar a obra projetada pela diminuição do potencial hídrico do curso de água e assoreamento da barragem, por vezes apenas recuperável, mediante o dispêndio de somas in comportáveis.

3.2.5 Características térmicas

O estudo hidrológico de uma bacia deverá, pois, comportar a análise das suas características térmicas, análise esta em que deverá intervir observações de trocas de calor entre solo e atmosfera, superfície da água e atmosfera, etc.

A **localização** geográfica da bacia hidrográfica é determinante das suas características térmicas. Assim, a variação da temperatura faz-se sentir com:

- 1 latitude - a amplitude térmica anual está também relacionada com a latitude, - é máxima nos pólos e mínima no equador;
- 2 proximidade do mar - as maiores amplitudes térmicas verificam-se nas zonas continentais, áridas, enquanto que em regiões submetidas à influência marítima apresentam certa uniformidade;
- 3 altitude - a temperatura diminui com a altitude. De uma forma geral, poderemos dizer que as regiões mais elevadas apresentam temperaturas mais baixas;
- 4 vegetação - por ação da menor fração de energia solar que atinge o solo e do calor absorvido pela evapotranspiração das plantas, a temperatura média anual de uma região arborizada pode ser inferior em 10° C ou 20° C em relação a uma região desarborizada;
- 5 tempo - a temperatura começa a elevar-se ao nascer do sol e atinge o máximo 1 a 3 horas depois de o sol ter atingido a altitude máxima. A variação da temperatura faz-se sentir também durante o ano segundo as estações, sendo maior ou menor conforme a localização geográfica, como atrás foi comentado.

3.2.6 Ocupação e uso do solo

Quando ocorre uma chuva rápida, as pessoas frequentemente procuram abrigo sob alguma árvore que esteja próxima. Admite-se que a árvore será uma proteção temporária, já que ela intercepta a chuva na fase inicial do evento. Poder-se-ia concluir que uma bacia coberta por uma floresta produziria menos escoamento superficial do que uma bacia sem árvores.

O escoamento em telhados é outro exemplo do efeito do tipo de cobertura da bacia sobre o escoamento. Durante uma precipitação, o escoamento em calhas de telhados começa logo depois de iniciada a chuva. Telhados são superfícies impermeáveis, inclinados e planos, portanto, com pouca resistência ao escoamento.

O escoamento em uma vertente gramada com as mesmas dimensões do telhado terá início bem depois do escoamento similar no telhado. A vertente gramada libera água em taxas e volumes menores porque parte da água será infiltrada no solo e devido a maior rugosidade da superfície gramada, o escoamento será mais lento. Conclui-se, então, que o escoamento em superfícies impermeáveis resulta em maiores volumes e tempos de deslocamento menores do que o escoamento em superfícies permeáveis com as mesmas dimensões e declividades.

Estes dois exemplos conceituais servem para ilustrar como o tipo de ocupação do solo afeta as características do escoamento em uma bacia. Quando as outras características da bacia são mantidas constantes, as características do escoamento tais como volume, tempo e taxas de vazões máximas podem ser bastante alteradas. Portanto, os tipos de ocupação da bacia e uso do solo devem ser definidos para a análise e projeto em hidrologia.

O tipo de cobertura e uso do solo é especialmente importante para a hidrologia. Muitas questões problemáticas em projetos hidrológicos resultam da expansão urbana. A percentagem do solo impermeabilizado é comumente usada como indicador do grau de desenvolvimento urbano. Áreas residenciais com alta densidade de ocupação têm taxas de impermeabilização variando entre 40 e 70%. Áreas comerciais e industriais são caracterizadas por taxas de impermeabilização de 70 a 90%.

A impermeabilização de bacias urbanas não está restrita à superfície: os canais de drenagem são normalmente revestidos com concreto, de modo a aumentar a capacidade de escoamento da seção transversal do canal e remover

rapidamente as águas pluviais. O revestimento de canais é muito criticado, já que este tipo de obra transfere os problemas de enchentes de áreas à montante do canal para áreas à jusante.

3.3 *Mananciais*

3.3.1 Conceituação

Mananciais são as fontes de onde a água é retirada para abastecimento e consumo, podendo ser superficiais ou subterrâneas. Os mananciais disponíveis podem ser divididos nos três grandes grupos: superficial, subterrâneo e por águas de chuva, segundo Heiller e Casseo (1995).

- 1 manancial superficial: é constituído pelos cursos d'água (córregos, ribeirões, rios, lagos, represas, etc) e como o nome indica, tem o espelho d'água na superfície do terreno;
- 2 manancial subterrâneo: é aquele cuja água vem do subsolo, podendo aflorar à superfície (nascentes, minas etc) ou ser elevado à superfície através de obras de captação (poços rasos, poços profundos, galerias de infiltração);
- 3 manancial de água de chuva: a água de chuva pode ser utilizada como manancial abastecedor, sendo armazenada em cacimbas, os quais são reservatórios, que acumulam a água da chuva captada na superfície dos telhados dos prédios, ou a que escoar pelo terreno.

3.3.2 Práticas vegetativas

Práticas vegetativas ou práticas de caráter vegetativo são aquelas que, segundo Pruski (*et al.*, 2006), utilizam a vegetação para proteger o solo contra a ação direta dos agentes erosivos (precipitação, ventos), minimizando a ocorrência de erosão. A intensidade da erosão será tanto menor quanto mais densa for a cobertura vegetal deixada sobre a superfície do solo.

Como principais práticas efetivas, de caráter vegetativo no controle do processo erosivo, podem-se citar: florestamento e reflorestamento; formação e manejo adequado de pastagens; manutenção da superfície do solo coberta;

cultivo em contorno; cultivo em faixas; cordões de vegetação permanente; alternância de capinas; ceifa de ervas daninhas; utilização de cobertura morta e rotação de culturas. Os problemas que estão ocorrendo com os recursos naturais devem ser enfrentados de forma global e integrada visando ao aumento da produtividade e da produção, procurando evitar o desgaste e o empobrecimento do solo em suas diversas variáveis através de práticas que aumentem a infiltração de água no solo, intensifiquem a cobertura vegetal e diminua o escoamento superficial (PRUSKI *et al.*, 2006).

É importante ressaltar que a melhor forma de conservação dos solos agrícolas é ocupar a área de acordo com a sua capacidade de uso, o que pode otimizar seu aproveitamento econômico, reduzindo as perdas de água e os riscos de erosão (PRUSKI *et al.*, 2006).

Os benefícios proporcionados pela cobertura vegetal do solo contra a ação dos agentes erosivos podem ser assim resumidos, de acordo com Pruski (*et al.*, 2006):

- 1 protege o solo contra o impacto direto de gotas de chuva;
- 2 possibilita a manutenção do conteúdo de matéria orgânica do solo;
- 3 aumenta a interceptação da água de chuva;
- 4 aumenta a capacidade de infiltração de água e da aeração do solo;
- 5 aumenta a capacidade de retenção de água no solo;
- 6 reduz a velocidade de escoamento superficial;
- 7 inibe o desenvolvimento de plantas daninhas.

3.4 Estudo de caso regional: a bacia hidrográfica da Lagoa Feia / Macabu / Ururá-Imbé

O Rio de Janeiro é o segundo estado litorâneo brasileiro mais dotado de lagoas costeiras, sendo o Rio Grande do Sul o primeiro. As lagoas fluminenses têm grande potencial de recursos naturais, diretamente relacionados à importância regional da pesca. Percebe-se também que os impactos sobre os recursos pesqueiros em geral se associam à degradação ambiental (PMQ, 2005). De forma geral, a falta de planejamento abrangente e de controle e fiscalização na utilização dos recursos hídricos estaduais (SESARH, 2001), aliada à poluição oriunda do lançamento de esgotos não tratados, das atividades agrícolas e das captações irregulares; bem como à ocupação irregular das

margens dos rios e lagoas, e ao desmatamento são os principais fatores de degradação que vêm, em última instância, contribuir para a diminuição do volume de água da Bacia da Lagoa Feia, comprometendo não só a captação de água para o abastecimento, mas também outras as atividades econômicas desenvolvidas na bacia.

Situada na região norte do Estado do Rio de Janeiro, na divisa dos municípios de Quissamã e Campos dos Goytacazes, a Lagoa Feia representa hoje a segunda maior lagoa de água doce do Brasil, atualmente com uma extensão de aproximadamente 170 km², reduzida a menos da metade da área ocupada no início do século XX, quando era então pouco inferior à da Baía de Guanabara, e superior à da Lagoa de Araruama. Segundo Soffiati Neto (1988), apesar de sua extrema relevância do ponto de vista ambiental, a Lagoa Feia não teve sua importância devidamente reconhecida, em âmbito estadual, seja pelos governos, seja pela população, seja pela mídia e seja mesmo pela comunidade científica, embora tenha impressionado os primeiros colonos de origem européia e naturalistas europeus.

Com base em relatórios, em mapas antigos e atuais, e em levantamento de campo, acredita-se que havia na bacia hidrográfica da Lagoa Feia cerca de 106 lagoas, sendo 4 no setor norte, 5 no setor oeste, 83 na planície aluvial e 14 na restinga, além de um intrincado sistema de canais (Figura 9). “O Estado do Rio já teve seu Pantanal” (COSTA, 2000). Seria difícil calcular o número de lagoas, canais e brejos que desapareceram a exemplo das lagoas de S. Martinho, da Goiaba, da Sussunga e Olhos D’água, em consequência de projetos de macrodrenagem executados pelo extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS). Deve-se ressaltar que as lagoas costeiras ocupam uma área equivalente a 15% da zona costeira do mundo e estão entre os ecossistemas mais produtivos da biosfera; porém, seu equilíbrio pode ser facilmente perturbado ou degradado de forma irreversível, acarretando graves problemas ambientais e sócio-econômicos.

decorrentes desta prática. Desde Quissamã até o município de Conceição de Macabu, fica clara a redução no volume do rio, ao longo do tempo, evidenciado por marcas de passagem de água nas fundações de pontes e nas das régua de nível existentes em antigas estações de medição. Todas as dez estações do DNOS, cinco das quais situadas na região do baixo Macabu, encontram-se atualmente desativadas (ANA, 2005).

No Baixo Macabu, o cultivo da cana-de-açúcar foi, há mais de dois séculos, a atividade predominante. Atualmente, devido a mudanças nas políticas públicas, uma extensa área passou a ser ocupada pela pecuária de corte e por outros plantios, como coqueirais. A margem retificada do rio é usada para a agricultura de subsistência, e canais são usados ora para drenar a baixada e permitir o plantio, ora para irrigar a brotação da cana plantada. Foram observados rebanhos com boas características zootécnicas, assim como gado de pior qualidade. Também vale citar a restrição do acesso à Lagoa Feia, totalmente cercada por áreas privadas. Avançando em direção ao médio curso, ainda na grande baixada, a cana perde espaço para a pecuária leiteira e de corte, provavelmente a primeira com maior intensidade. Neste ponto do rio Macabu, ainda retificado, há ausência quase completa de mata ciliar, sendo a dessedentação de animais o principal uso rio. Na região do Médio Macabu, a atividade leiteira é mais significativa e dá o tom da exploração e uso do solo. As propriedades são em grande parte formadas por pastagens de *Brachiaria decumbens*, gramínea escolhida pela sua grande agressividade e capacidade de permanência, mesmo em solos mais fracos. Pode ser observado um grande número de áreas onde as pastagens avançaram nitidamente sobre Áreas de preservação permanente (APPs), notadamente alguns altos de morros (CPPDA/UFRJ, 2002).

Em toda a extensão da bacia, destacam-se como segmentos tradicionalmente excluídos dos processos de gestão ambiental pescadores, plantadores de cana e pequenos agricultores, que carecem de qualificação para participação cidadã. Segundo Gonçalves:

[...] as margens da Lagoa Feia encurtam. Os pescadores minguam. Os canaviais avançam por sobre a lagoa asfixiando-a e aos pescadores. A Baixada dos Goytacazes, entremeadada de lagoas e canais, é o palco onde se desenvolve essa doce-amarga vida, onde o analfabetismo se escreve com facões e redes de pescar [...]. (GONÇALVES, 1984).

A avaliação das sub-bacias principais da Bacia da Lagoa Feia (Imbé e Macabu) mostra que, no que diz respeito à Bacia do Imbé, que a articulação dos atores sociais, principalmente das representações da sociedade civil, em prol da gestão integrada dos recursos hídricos, precisa ser reforçada.

No caso da Bacia do Macabu, são dignas de nota as iniciativas dos atores sociais do médio curso, que desde a década de 90 vêm questionando o mau uso e o estado de degradação dos corpos hídricos da região, notadamente no que diz respeito aos efeitos de uma transposição de curso do Macabu para a Bacia do Macaé (ocorrida na década de 50 para abastecer uma Usina Hidrelétrica praticamente inoperante em nossos dias). A mobilização dos usuários e representações comunitárias da Bacia da Lagoa Feia para criação de um Comitê Gestor, iniciou-se paralelamente ao processo de mobilização para criação do Comitê de Bacia do Rio Macaé, articulada pelo Consórcio Intermunicipal do Macro-Região Ambiental Nº 5 do Estado do Rio de Janeiro (MRA-5), em 2002, mas foi descontinuada devido à falta de recursos materiais e/ou humanos das instituições consorciadas na MRA-5 para conduzir as reuniões da Comissão Pró-Comitê, bem como à desarticulação política das representações do Governo do Estado (que possui a atribuição legal de criação de Comitês de Bacia de domínio estadual, como a da Lagoa Feia).

É interessante ressaltar que a primeira proposta de divisão do Estado do Rio de Janeiro incluía a bacia do Macabu na Região Hidrográfica do Rio Macaé, e que a mobilização das representações sociais locais para revisão da proposta culminou com uma reunião itinerante do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI), realizada em Quissamã, no final de 2006, que resultou no redesenho dessa divisão, para a proposta atual. Após essa mobilização, seguindo as diretrizes da SERLA de instalação de um Comitê de Bacia para cada região hidrográfica, as representações sociais locais vêm se articulando na Comissão Pró-Comitê da RH-IX, a ser estruturado em três subcomitês.

