

1 Conservação ambiental e conceitos básicos de ecologia

*Mariana Rodrigues de Carvalhaes Pinheiro**
*Karla Aguiar Kury***

1.1 Conservação do meio ambiente

Manter um meio ambiente bem conservado significa preservar todos os seus componentes em boas condições, ou seja, ecossistemas, comunidades e espécies. Um meio ambiente equilibrado oferece uma grande variedade de serviços ambientais que podem ser consumidos, direta ou indiretamente, pela população humana, como, por exemplo: a proteção da água e dos recursos do solo, o controle climático, a ciclagem dos resíduos humanos e a produtividade dos ecossistemas que fornecem produtos animais ou vegetais (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Portanto, a sobrevivência de todas as espécies, inclusive da espécie humana, está associada ao bom funcionamento do meio ambiente e das suas relações.

O estilo de vida e o padrão de consumo da população humana atual se baseiam na extração dos recursos naturais, na sua transformação em produtos e no descarte dos resíduos após o consumo desses produtos. Ou seja, nosso modelo de produção é linear e não existe um ciclo. Nos ecossistemas biológicos, o resíduo de um é alimento de outro, mas isso só é possível porque existe uma relação de interdependência entre os organismos e os processos ecológicos. Podemos dizer que este é o grande desafio da nossa relação com o meio ambiente no qual estamos inseridos. Dessa forma, à medida que os desequilíbrios são identificados promovem-se convenções internacionais que visam orientar uma política comum para os países solucionarem os problemas resultantes da nossa exploração e dos nossos resíduos.

A primeira grande conferência para discussão dos problemas ambientais aconteceu em 1972, na cidade de Estocolmo, Suécia. Essa conferência gerou um plano de ação com 109 recomendações para os países membros das Nações Unidas que tratavam da poluição, avaliação ambiental, manejo dos recursos naturais e impactos do desenvolvimento humano.

* Pesquisadora associada ao Núcleo de Pesquisa em Petróleo, Energia e Recursos Naturais / Instituto Federal Fluminense / *Campus* Macaé. Bióloga, Mestre em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal Fluminense.

** Aluna do Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense. Advogada, especialista em Direito Ambiental pela Universidade Candido Mendes.

O Brasil sediou em 1992 a conferência das Nações Unidas que buscou a conciliação entre a conservação ambiental com o desenvolvimento, pautada no conceito de desenvolvimento sustentável. Os principais documentos produzidos nessa conferência foram: a Convenção sobre Mudanças Climáticas, a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), a Declaração do Rio, a Declaração sobre Florestas e a Agenda 21. A CDB tem como objetivos a conservação da diversidade biológica, a utilização sustentável de seus componentes e a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos (MMA, 2000). Essa convenção representa uma conquista importante no quadro das questões ambientais brasileiras, pois considera a biodiversidade um recurso a ser delegado às gerações presentes e futuras, buscando intervir na destruição de espécies, habitats e ecossistemas (SILVA *et al.*, 2004).

1.2 Ameaças à conservação

Podemos observar um avanço na conservação da diversidade biológica uma vez que a preservação era inicialmente pensada no âmbito da espécie ameaçada e atualmente está também associada à preservação de *habitats* e ecossistemas, ou seja, na manutenção dos fatores bióticos e abióticos que interferem na distribuição das espécies. Podemos afirmar que qualquer perda de diversidade, em qualquer nível de organização dos ecossistemas, afeta a qualidade ambiental.

A *diversidade biológica* é definida, segundo a CBD, como “[...] a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas” (ANA, 2008).

Podemos citar algumas causas diretas para perda da diversidade biológica: destruição e fragmentação de *habitats*, introdução de espécies e doenças exóticas, exploração excessiva de plantas e animais, uso de híbridos e monoculturas na agroindústria, contaminação do solo, água e atmosfera e mudanças climáticas globais (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

A destruição de *habitat* é ameaça mais séria para perda da diversidade

biológica. *Habitat* pode ser definido como um espaço com um conjunto de fatores (clima, cobertura vegetal) onde os organismos vivem (RICKLEFS, 1993). A destruição de florestas tropicais (como Mata Atlântica e Floresta Amazônica) vem, no presente ou no passado, dando lugar a ocupação pela agricultura, pela pecuária e pelas cidades. O mesmo se confirma sobre a ocupação das áreas alagadiças como brejos, manguezais e Pantanal que são historicamente drenados ou aterrados. Os habitats aquáticos também são ameaçados, especialmente em ecossistemas de alta produtividade como os recifes de corais (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Os *habitats* que anteriormente ocupavam grandes extensões são frequentemente divididos em pequenos pedaços, seja por estradas, cidades, pastagens, plantações e inúmeras outras atividades humanas. A fragmentação de habitats é o “[...] processo pelo qual uma grande e contínua área de *habitat* é tanto reduzida em sua área quanto dividida em dois ou mais fragmentos” que são muitas vezes isolados (WILCOVE *et al.*; SHAFER *apud* PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Os efeitos da fragmentação são muitos, mas podemos destacar que os fragmentos de *habitats* têm mais bordas que o *habitat* original e que o microambiente nas bordas são diferentes do microambiente do interior, levando, portanto, à alteração da distribuição das espécies naquele fragmento. Além dos chamados efeitos de borda, a fragmentação ameaça a dispersão de sementes e de animais e pode reduzir a oferta de recursos, prejudicando as espécies locais naquele fragmento.

Mesmo se um *habitat* não é destruído nem fragmentado, este pode ser afetado pelas atividades humanas, ditas poluidoras, que muitas vezes alteram lentamente a organização de uma comunidade, não sendo notada imediatamente a perda da diversidade. Nesse contexto, podemos considerar poluição como “[...] a introdução no ambiente, realizada pelo homem, de substâncias ou energia capazes de causar riscos à saúde humana, aos recursos vivos e aos sistemas ecológicos, danos a estruturas ou interferência com os usos legítimos do ambiente” (HOLDGATE, 1979 *apud* SILVA *et al.*, 2004). Podemos classificar as poluições relativas à atmosfera, à litosfera, a hidrosfera e também à biosfera. No entanto, sabemos que a matéria e a energia circulam entre essas partições e um efeito sobre uma das partes recairá sobre o todo.

As atividades humanas têm alterado e contaminado a atmosfera. O perfil de temperatura que a caracteriza é resultado da estratificação dos gases que se encontram presentes em cada camada, da incidência de radiação solar

no nosso planeta e da dispersão dessa radiação de volta para o espaço. Pode-se dizer que existe poluição do ar quando ele contém uma ou mais substâncias químicas em concentrações suficientes para causar danos em seres humanos, em animais, em vegetais ou em materiais. Esses danos podem advir também de parâmetros físicos, como, por exemplo, o calor e o som. Essas concentrações dependem do clima, da topografia, da densidade populacional, do nível e do tipo das atividades industriais locais.

Os poluentes são classificados em primários e secundários. Os *primários* são aqueles lançados diretamente no ar. São exemplos desse tipo de poluente o dióxido de enxofre (SO_2), os óxidos de nitrogênio (NO_x), o monóxido de carbono (CO) e alguns particulados, como a poeira. Os *secundários* formam-se na atmosfera por meio de reações que ocorrem em razão da presença de certas substâncias químicas e de determinadas condições físicas. Por exemplo, o SO_3 (formado pelo SO_2 e O_2 no ar) reage com o vapor de água para produzir o ácido sulfúrico (H_2SO_4), que precipita originando a chamada “chuva ácida”. Portanto, algumas consequências são: chuva ácida, aumento dos gases de efeito estufa, metais tóxicos, entre outros que danificam os ecossistemas. Esses tipos de poluição são notáveis em áreas industriais e áreas canavieiras, mas o vento pode ampliar o alcance da poluição, contaminando outras bacias aéreas, lagoas, solos, plantações, etc.

A poluição do solo normalmente envolve superexploração e contaminação que podem levar à salinização, ao empobrecimento, à erosão, à desertificação e à esterilização do solo. O meio terrestre deve ser compreendido em face do desafio ambiental. Há a poluição tanto do solo rural quanto do urbano. Tratando-se da poluição do solo rural, o emprego de fertilizantes sintéticos e defensivos é um fato relativamente novo, cujo uso cresceu rapidamente e que se estende, hoje, por praticamente todas as terras cultiváveis, com alguns impactos ambientais imediatos e bem conhecidos e outros, especialmente os relacionados aos defensivos, que dependem de anos e décadas para se manifestar e ser avaliados em suas consequências totais. Apesar dos riscos envolvidos, é forçoso reconhecer que o uso de fertilizantes sintéticos e defensivos é essencial para assegurar os níveis de produção primária. As consequências são impactantes na produção de alimentos e combustíveis, podendo alterar também os ecossistemas aquáticos.

A poluição do solo urbano é proveniente dos resíduos gerados pelas atividades econômicas que são típicas das cidades, como indústria, o comércio e os serviços, além dos resíduos provenientes do grande número de

residências presentes em áreas relativamente restritas. Difere da poluição rural por um outro aspecto importante do ponto de vista ecológico e de equilíbrio dos ecossistemas. A maior parte dos resíduos urbanos é proveniente de áreas externas ao seu território. Ao serem lançados ou dispostos adequadamente nos limites do território urbano, eles não só acentuam os problemas de poluição como causam o empobrecimento nas áreas de onde provêm a matéria e a energia que, após a utilização no meio urbano, transformam-se em resíduos. Embora a poluição do solo possa ser provocada por resíduos nas fases sólida, líquida e gasosa, é, sem dúvida, sob a primeira forma que ela se manifesta mais intensamente por duas razões principais: as quantidades geradas são grandes e as características de imobilidade – ou pelo menos de muito menor mobilidade dos sólidos – impõem grandes dificuldades ao seu transporte no meio ambiente.

A poluição hídrica implica a destruição de fontes de alimento (peixes, crustáceos, etc) e contaminação da água potável. Os ecossistemas aquáticos recebem os fertilizantes agrícolas, os detergentes, os nutrientes, herbicidas, inseticidas, óleos, lixos tóxicos entre outros componentes que constituem os efluentes domésticos, industriais e agrícolas e que alteram a qualidade da água. A deterioração da qualidade inviabiliza alguns usos da água, como recreação, consumo humano, irrigação e modifica a dinâmica do ecossistema levando à perda da diversidade biológica. Os poluentes são classificados de acordo com sua natureza e com os principais impactos causados pelo seu lançamento no meio aquático. Apesar de vários, são exemplos mais comuns: a) *Poluentes orgânicos biodegradáveis*: a matéria orgânica biodegradável lançada na água será degradada pelos organismos decompositores presentes no meio aquático. Portanto, a presença de matéria orgânica biodegradável no meio aquático pode causar a destruição da fauna ictiológica e de outras espécies aeróbicas em razão de consumo do oxigênio dissolvido pelos organismos decompositores; b) *Metais*: todos os metais podem ser solubilizados pela água, podendo gerar danos à saúde em função da quantidade ingerida, pela sua toxicidade, ou de seus potenciais carcinogênicos, mutagênicos ou teratogênicos. Exemplos de metais tóxicos são o arsênico, o bário, o cádmio, o cromo, o chumbo e o mercúrio. Como exemplo de problema relacionado com metais, citamos o mal de Minamata, detectado em 1953, na Baía de Minamata, Japão. Houve acúmulo de compostos organomercuriais, no sistema nervoso humano, principalmente no cérebro e na medula.

1.3 Conceitos básicos de ecologia

Como visto anteriormente, nos ecossistemas biológicos, existe uma relação de interdependência onde a vida de um organismo está ligada a de outros através dos processos biológicos cíclicos. A ecologia é a ciência que estuda como os organismos realizam essa interação entre eles e com o mundo natural.

1.3.1 Níveis de organização ecológica

O *organismo* é a unidade fundamental da ecologia e, ao longo da vida, transformam energia e processam materiais e com isso crescem e se reproduzem. Esse sucesso depende dos fatores envolvidos na interação desse organismo com o ambiente e a forma como cada um lida com as limitações impostas por esse ambiente. Realizando seu próprio metabolismo, os organismos modificam as condições do ambiente e a disponibilidade de recursos e contribuem para os fluxos de energia e para a ciclagem de elementos. Os organismos e seus ambientes físicos e químicos formam um *ecossistema*. Os ecossistemas podem ser de estuários, de lagoas, de florestas, de restinga e outros, ocorrendo em cada um, uma série de transformações. No entanto, examinando as semelhanças e diferenças entre a composição de animais e vegetais desses ecossistemas, podemos agrupá-los em *biomas*. Ao contrário do que pode parecer, o número de biomas existentes é uma questão de ponto de vista e as áreas de transição entre um bioma e outro ocupam muitas vezes grandes extensões. Em última análise, todos os ambientes e organismos da superfície da Terra estão ligados juntos numa única *biosfera*. Muitos organismos da mesma espécie juntos constituem uma *população* e muitas populações de diferentes espécies vivendo no mesmo lugar constituem uma *comunidade* (RICKLEFS, 1993).

1.3.2 Fluxo de matéria e energia

Todos os organismos necessitam de matéria para sua construção e energia em suas atividades. A importância dos ciclos de matéria e energia é fortemente vinculadas ao ambiente abiótico (BEGON *et al.*, 2007). Na medida em que os vegetais são consumidos por animais que, por sua vez,

são consumidos por outros animais, os seus nutrientes passam por uma teia ou *cadeia alimentar*, enquanto parte da energia é dissipada como calor por meio da respiração e como resíduo por meio da excreção. Os resíduos são decompostos por organismos decompositores para serem mais uma vez utilizados pelas plantas, conforme representado esquematicamente na Figura 1 (SILVA *et al.*, 2004). É através dessa estrutura trófica que a matéria e a energia fluem (RICKLEFS, 1996).

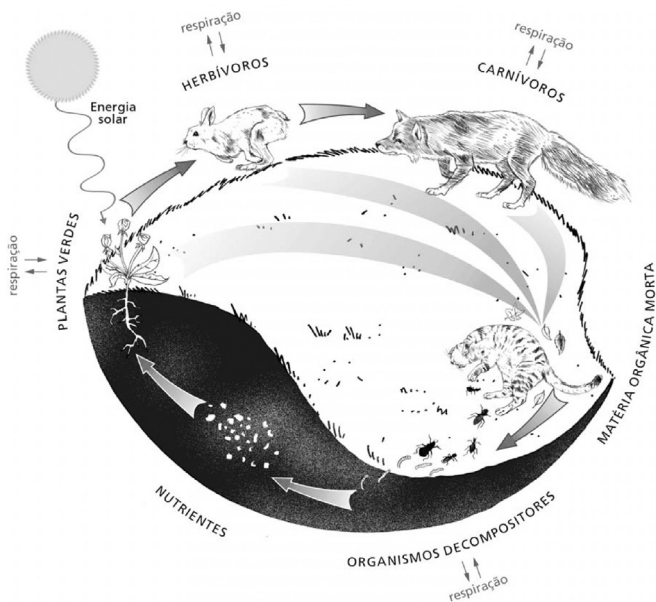


Figura 1: Ilustração simplificada de cadeia alimentar

Fonte: SILVA *et al.*, 2004.

A dinâmica da cadeia alimentar nos traz muitas informações e por isso é possível notar interferências nessa dinâmica, caso algum fator abiótico, limitante ou não, esteja alterado. Os fatores abióticos podem ser físicos (luz, temperatura, e outros) e químicos (salinidade, nutrientes, e outros). Existem certos fluxos e estoques de diferentes elementos químicos que ocorrem entre a atmosfera, litosfera, hidrosfera e a biosfera. Alterações nesses fluxos, sejam elas naturais ou antrópicas, podem comprometer a distribuição e a existência das populações biológicas e dos ecossistemas tal como conhecemos hoje. Diante das notáveis intervenções humanas nesses fluxos, cabe conhecer os ciclos biogeoquímicos de certos elementos como água, carbono, fósforo, nitrogênio e outros elementos-chave para uma avaliação sobre os rumos do Planeta (SILVA *et al.*, 2004).

1.3.3 Biomas

Biomas são as grandes formações vegetais distribuídas nos diversos continentes, resultantes de história geocológica da Terra, e dos fatores climáticos regionais na atualidade. Todo bioma possui uma vegetação própria e seus limites estão demarcados por diversos fatores, como a disponibilidade de energia radiante, a disponibilidade de água, a amplitude térmica, assim como sua história ecológica e evolutiva (SILVA *et al.*, 2004). Os biomas são reconhecidos pelos diferentes tipos de vegetação e as formas de vida dominantes. A Figura 2 ilustra a distribuição dos grandes biomas terrestres, entre eles, os desertos e tundras, pradarias, savanas e florestas (de coníferas, caducifólias e as tropicais).

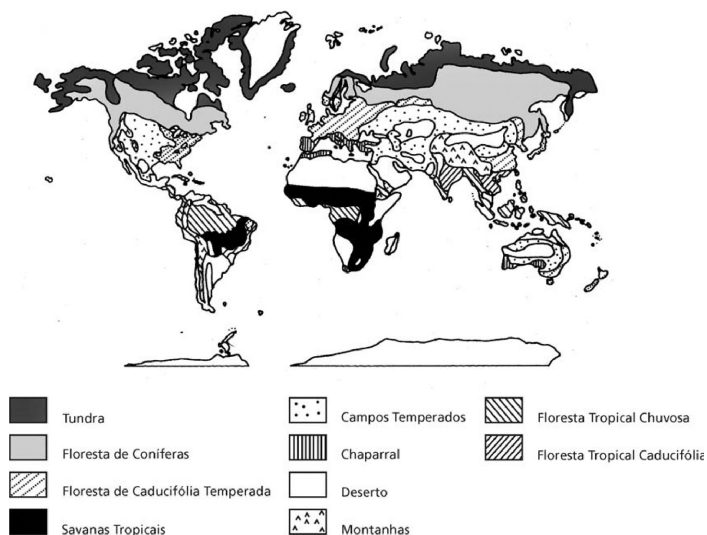


Figura 2: Distribuição dos biomas terrestres

Fonte: SILVA *et al.*, 2004.

1.3.4 Biomas brasileiros

O Bioma Amazônia é definido pela unidade de clima, fisionomia florestal e localização geográfica. A maior floresta tropical do Planeta existe em território brasileiro, ocupando uma superfície nos Estados do Acre,

Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e pequena parte dos Estados do Maranhão, Tocantins e Mato Grosso. Esse bioma possui diversas formações, entre elas, a mata de igapó, mata de várzea e mata de terra firme.

A Caatinga é o bioma típico do clima semiárido do sertão nordestino e apresenta grande variedade na paisagem. Possui a vegetação característica de mata aberta. Ocorre nos Estados da Bahia, Ceará, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Sergipe, Alagoas, Maranhão e Minas Gerais.

O Pantanal Mato-Grossense é a maior das extensões de planície inundável contínua da América do Sul. Caracteriza-se por uma planície aluvial influenciada por rios que drenam a bacia do Alto Paraguai, onde se desenvolvem fauna e flora de rara beleza e abundância. Este é mais um bioma tropical que está fortemente regido pelo ciclo anual das águas, cheias e vazantes da bacia do rio Paraguai.

O bioma Mata Atlântica, que ocupa toda a faixa continental atlântica leste brasileira e se estende para o interior no Sudeste e Sul do País, é definido pela vegetação florestal predominante e relevo diversificado. O Pampa, restrito ao Rio Grande do Sul, define-se por um conjunto de vegetação de campo em relevo de planície. A vegetação predominante dá nome ao Cerrado, segundo bioma do Brasil em extensão, que se estende desde o litoral maranhense até o Centro-Oeste. A Figura 3 apresenta os biomas brasileiros e sua distribuição no território e o Quadro 1 traz a área aproximada de cada um.



Figura 3: Mapa dos biomas brasileiros

Fonte: IBGE, 2008.

Quadro 1

Mapa dos biomas brasileiros

Biomias continentais brasileiros	Área aproximada	Área/total Brasil
Bioma Amazônia	4.196.943	49,29%
Bioma Cerrado	2.036.448	23,92%
Bioma Mata Atlântica	1.110.182	13,04%
Bioma Caatinga	844.453	9,92%
Bioma Pampa	176.496	2,07%
Bioma Pantanal	150.355	1,76%
Área total Brasil	8.514.877	100%

Fonte: IBGE, 2008.

1.3.5 Bioma aquático de água doce

Nos biomas terrestres, é a quantidade de precipitação que sustenta cada ecossistema. No entanto, os ecossistemas aquáticos, sejam eles dulcícolas ou marinhos, juntos com os ecossistemas terrestres, vão sustentar o ciclo hidrológico e as transferências de água na atmosfera. Os biomas aquáticos de água doce são classificados em lóticos e lênticos. Os lóticos, caracterizados por águas correntes, são os rios e riachos. Os lênticos são caracterizados por água aprisionada, formando os diferentes tipos de lagos. Cada um desses ambientes possui características próprias, que por sua vez são formadas por uma comunidade adaptada e com uma determinada dinâmica.

1.3.6 Ciclo hidrológico global

O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela radiação solar associada à gravidade e à rotação terrestre (TUCCI, 2004). A Figura 4 ilustra os componentes envolvidos no ciclo hidrológico.

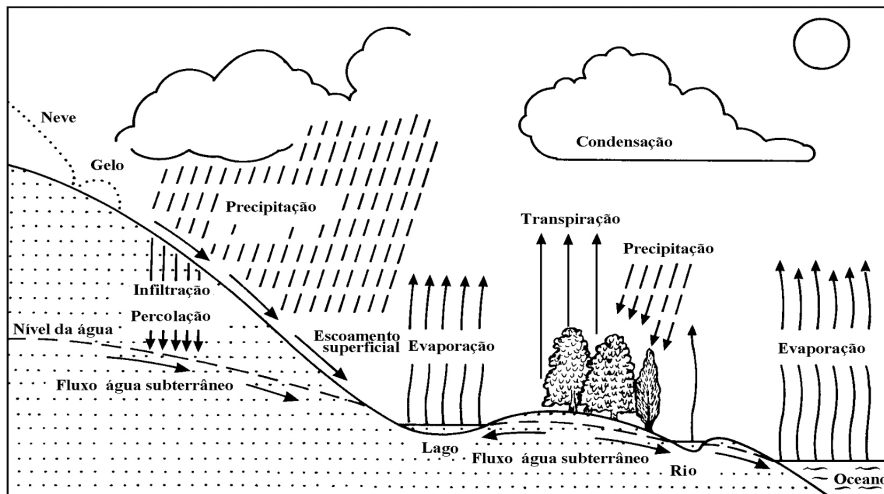


Figura 4: Esquema do ciclo hidrológico

Fonte: TUCCI, 2004.

O ciclo hidrológico está ligado ao movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorre na hidrosfera, entre os oceanos, as calotas de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera. Este movimento permanente deve-se ao Sol, que fornece a energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera (*evaporação*). Um quinto da energia total da radiação solar atingindo a terra é utilizado para evaporação da terra ou do mar, sendo que a energia restante ou é refletida, ou é absorvida e reirradiada como calor (RICKLEFS, 1993). A atmosfera cria condições de precipitação pelo resfriamento do ar úmido que formam as nuvens, gerando *precipitação* na forma de chuva e neve sobre os mares e superfície terrestre.

Segundo Tucci (2004), o fluxo sobre a superfície terrestre é positivo (precipitação menos evaporação), resultando nas vazões dos rios em direção aos oceanos. O fluxo nos oceanos é negativo, com maior evaporação que precipitação. O volume evaporado adicional se desloca para os continentes através do sistema de circulação da atmosfera e precipita, fechando o ciclo.

A evaporação e a precipitação estão intimamente ligadas porque a atmosfera tem uma capacidade limitada de reter vapor d'água. Os solos, rios, lagos e oceanos contém mais que 100.000 vezes a quantidade de água na atmosfera, e os fluxos através desses depósitos são os mesmo, uma vez que a evaporação equilibra a precipitação (RICKLEFS, 1993).

1.3.7 Ciclo hidrológico terrestre

Uma vez atingindo a superfície terrestre, a água circula através de uma rede de drenagem até atingir um rio e em seguida chegar ao oceano (*escoamento superficial*) ou se infiltre nos solos e nas rochas, através dos seus poros, fissuras e fraturas (*escoamento subterrâneo*). Nem toda a água precipitada alcança a superfície terrestre, já que uma parte, na sua queda, pode ser interceptada pela vegetação e volta a evaporar-se. A água que se infiltra no solo é sujeita à evaporação direta para a atmosfera e é absorvida pela vegetação, que através da transpiração, a devolve à atmosfera (*evapotranspiração*). A água que continua a infiltrar-se e atinge a zona saturada, entra na circulação subterrânea e contribui para um aumento da água armazenada (*recarga dos aquíferos*). No entanto, a água subterrânea pode ressurgir à superfície (*nascentes*) e alimentar as linhas de drenagem ou ser descarregada diretamente no oceano.

A velocidade e a quantidade de água que circula em cada um desses compartimentos dependerá de diversos fatores como, por exemplo, a cobertura vegetal, altitude, topografia, temperatura, tipo de solo e geologia. A Figura 5 apresenta os processos envolvidos na interceptação da chuva pela cobertura vegetal e solo.

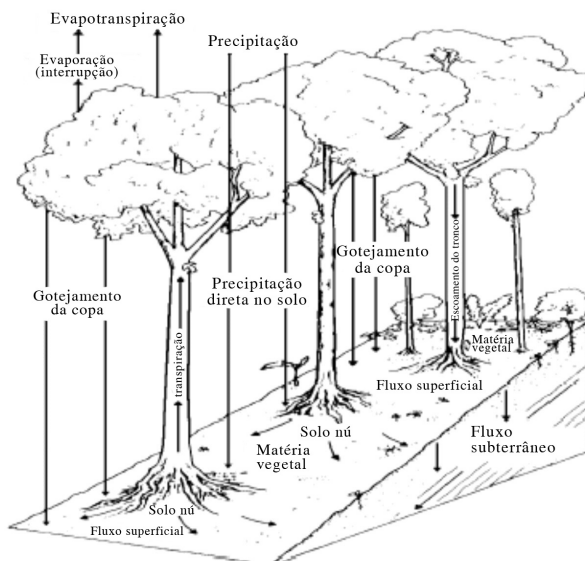


Figura 5: Processos de interceptação vegetal na bacia

Fonte: TUCCI, 2002.

O ciclo hidrológico terrestre dependerá principalmente do tipo de cobertura vegetal, uma vez que a ocupação pelas cidades, industriais, pastagens e agricultura, altera drasticamente a infiltração de água no solo, a evapotranspiração, o escoamento superficial, a recarga de aquíferos e os outros caminhos por onde a água passa, assim como, altera também sua composição (chuva ácida, aquíferos contaminados, rios poluídos, solos salinizados, etc.). A Figura 6 ilustra essas alterações nos componentes do ciclo hidrológico natural e suas diferenças no contexto do desenvolvimento urbano que altera a cobertura vegetal.

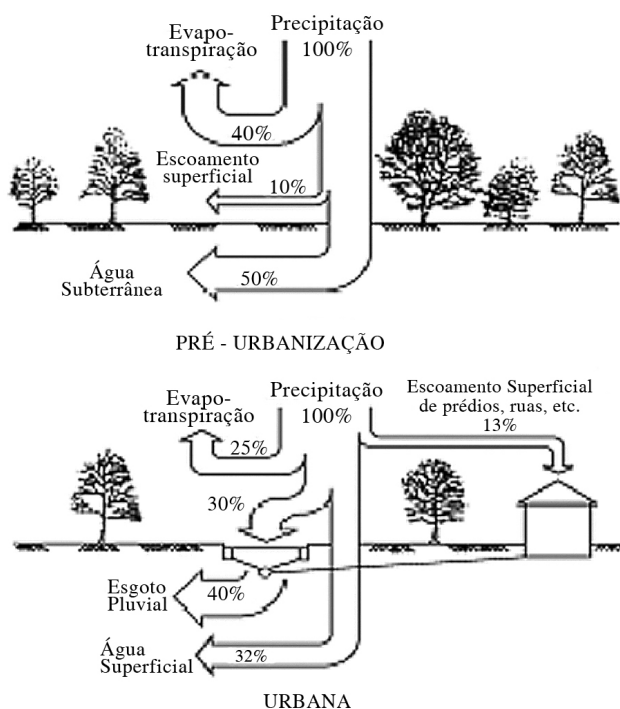


Figura 6: Características do balanço hídrico numa bacia urbana
 Fonte: TUCCI, 2002.

Com a urbanização, a cobertura da bacia é em grande parte impermeabilizada com edificações e pavimentos e são introduzidos condutos para escoamento pluvial, gerando as seguintes alterações (TUCCI, 2002):

- redução da infiltração no solo;
- o volume que deixa de infiltrar fica na superfície, aumentando o escoamento superficial. Além disso, como foram construídos condutos pluviais para o escoamento superficial, o tornando mais rápido, ocorre redução do tempo de deslocamento. Desta forma, as vazões máximas também aumentam antecipando, assim, seus picos no tempo;
- com a redução da infiltração, o aquífero tende a diminuir o nível do lençol freático por falta de alimentação (principalmente quando a área urbana é muito extensa), reduzindo o escoamento subterrâneo. As redes de abastecimento, pluvial e cloacal possuem vazamentos que podem alimentar o aquífero, tendo efeito inverso do mencionado;
- devido à substituição da cobertura natural ocorre uma redução da evapotranspiração, já que a superfície urbana não retém água como a cobertura vegetal e não permite a evapotranspiração das folhagens e do solo.