



FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL

AQUENIS GOMES DE AGUIAR

IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA OCUPAÇÃO DESORDENADA DO
HOMEM

UBÁ – MG

2016

AQUENIS GOMES DE AGUIAR

**IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA OCUPAÇÃO DESORDENADA DO
HOMEM**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia
Civil, da Faculdade Presidente Antônio
Carlos de Ubá, como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Msc. Israel Iasbik

UBÁ – MG

2016

“Não herdamos a terra de nossos pais, mas a pegamos de empréstimo de nossos filhos e netos”.

Henry Brown.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu vida, saúde e perseverança para concluir esse trabalho.

Aos meus professores que me deram todos auxílios no decorrer do curso, em especial meu coordenar e orientador Israel Iasbik.

Aos meus amigos de sala: Luciano Rufato e Gustavo Ciotti que nunca mediram esforços para auxiliar em minhas dificuldades.

Aos meus familiares, em especial minha mãe Eunice e meu irmão Acacio que foram grandes incentivadores dessa conquista.

A todos os meus amigos e colegas que sempre torceram por mim e de certa forma contribuíram para eu chegar aonde estou.

Resumo

A ocupação desordenada dos grandes centros é uma realidade que gera enormes impactos ambientais. Desde a poluição hídrica provocada pelos efluentes domésticos e industriais até a ocupação populacional de áreas consideradas de risco, passando por problemas de impermeabilização do solo e mudanças no ciclo hidrológico, o homem observa como sua ação negligente tem provocado danos à natureza e esgotado os recursos naturais. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar os principais impactos ambientais decorrentes da ocupação desordenada dos centros urbanos e apresentar soluções possíveis para mitigá-los. Conclui-se, com base neste trabalho, ser possível a propor soluções técnicas para a revitalização dos rios por meio do tratamento dos efluentes e da limpeza dos cursos assoreados por lixo, além do aumento das áreas urbanas permeáveis pela adoção de pavimentos que permitem a infiltração de água no lençol freático e o remanejamento dos habitantes das encostas para conjuntos habitacionais fornecidos pelo Governo através do auxílio da Defesa Civil. Essas ações visam à melhoria da qualidade de vida da população dos grandes centros e buscam promover um desenvolvimento mais sustentável das grandes cidades.

Palavras-chave: Ocupação desordenada. Impactos ambientais. Poluição hídrica. Impermeabilização do solo. Revitalização dos rios. Defesa Civil. Qualidade de vida.

Abstract

The disorderly occupation of large centers is a reality that generates enormous environmental impacts. From the water pollution caused by the domestic and industrial effluents to the population occupation of areas considered at risk, to problems of waterproofing of the soil and changes in the hydrological cycle, man has been observing how his negligent action has caused damages to the nature and exhausted the resources Natural resources. In this context, the present work aims to present the main environmental impacts resulting from the disordered occupation of urban centers and to present possible solutions to mitigate them. As a result of this work, technical solutions were presented for the revitalization of the rivers and for the increase of permeable urban areas. It was also proposed the relocation of slope inhabitants to housing estates provided by the Government. These actions aim at improving the quality of life of the population of large centers and seek to promote a more sustainable development of large cities

Keywords: Disorderly occupation. Environmental impacts. Water pollution. Waterproofing of soil. Revitalization of rivers. Civil defense. Quality of life.

1 INTRODUÇÃO

O processo de industrialização decorrente da Revolução Industrial a partir do século XIX promoveu, em todo o mundo, acentuado crescimento dos centros urbanos e encolhimento das áreas rurais habitadas, caracterizando o êxodo rural e a expansão do espaço urbano em virtude da alta taxa de empregabilidade nas cidades. De forma desordenada, as populações foram se amontoando em regiões de pleno emprego, com deficiência em infraestrutura, gerando regiões periféricas ao redor de áreas urbanas previamente projetadas para fins habitacionais.

Recorrente em todo o mundo, esse modelo desordenado de ocupação dos grandes centros também é observado no Brasil e percebe-se que, mesmo nos dias atuais, até pequenas cidades vivenciam uma política de urbanização precária e sem controle efetivo, potencializando problemas geográficos e sociais, e afetando, conseqüentemente, o equilíbrio ambiental.

Nesse contexto, observa-se a incidência de fenômenos espontâneos ou decorrentes da falta de planejamento, sem diretrizes urbanísticas prévias, criando situações de confronto entre o meio ambiente e o espaço ocupado. Dessa forma, o crescimento do município se estabelece paralelo a um processo crescente de degradação ambiental, onde são praticadas constantemente agressões contra a boa climatização, a correta drenagem, as áreas verdes, os recursos hídricos e a topografia original (SOARES *et al.*, 2006, *apud* MELLO, 2002, p.3).

A consequência dessas ações culmina no alto índice de poluição atmosférica e hídrica em torno dessas cidades, na ocorrência de enchentes durante as estações de chuva em função da impermeabilização do solo e assoreamento dos rios e na construção de edificações nas margens de rios e encostas, agravando riscos de acidente e tornando importante a intervenção da Defesa Civil.

Além de fiscalizadora, a Defesa Civil também age no intuito de evitar e mitigar os eventos catastróficos, através de “um conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e reconstrutivas destinadas a evitar ou minimizar desastres naturais e incidentes tecnológicos”¹. Concebida inicialmente para proteger os civis dos ataques militares inimigos durante a Segunda Guerra Mundial, atualmente a Defesa Civil trabalha juntamente com as prefeituras municipais para proteger as

¹ DEFESACIVIL MG, 2016. Disponível em <http://www.defesacivil.mg.gov.br/>. Acesso em 23 ago. 2016

cidades de eventos calamitosos, tendo como alvo principal desabamentos e enchentes.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar as consequências da ocupação desordenada do espaço urbano nas cidades brasileiras demonstrando as melhores soluções e práticas utilizadas, atualmente, para a recuperação do meio ambiente degradado, resultado do constante estudo da engenharia civil na obtenção de novas tecnologias aplicáveis a essa demanda.

O tema foi escolhido por ser de interesse público e relevância social, na intenção de contribuir com um estudo de informações que possibilita o desenvolvimento de um pensamento mais sustentável para as cidades em crescimento.

2 DESENVOLVIMENTO

Segundo Castells (1983, p. 39) o espaço urbano pode ser definido como “concentração espacial de uma população, a partir de certos limites de dimensão e densidade” ou ainda, do ponto de vista social como a “difusão do sistema de valores, atitudes e comportamentos” de uma sociedade. Formando as cidades, tal concentração se dá-se normalmente de forma lenta e desordenada, em virtude da taxa de crescimento populacional local de emigração, comumente associada a novos postos de trabalho em virtude do desenvolvimento econômico local.

No entanto, a formação das cidades no Brasil normalmente, ocorria até o início do século XXI, sem a presença de uma estratégia de desenvolvimento consistente por parte dos municípios e a ausência da demarcação das Áreas de Preservação Permanente, resultado da falta de planejamento urbano.

A partir de 2001, foi instituído o Estatuto das Cidades pela Lei Federal nº 10257, promulgada em 10 de julho do mesmo ano, tornando compulsória a existência de um Plano Diretor específico para cada cidade. O Estatuto das Cidades busca abordar o tema adotando “o direito a cidades sustentáveis, ou seja, o direito à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana e aos serviços públicos”² como diretriz da política pública dos municípios.

Segundo o Estatuto da Cidade: *Guia para implementação pelos municípios e cidadãos*, “O Plano Diretor pode ser definido como um conjunto de princípios e

² CEIVAP, 2016. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/mata/Guidoval.pdf>. Acesso em 7 out. 2016.

regras orientadoras da ação dos agentes que constroem e utilizam o espaço urbano” (BRASIL, 2002, p. 40). Uma das maiores críticas do documento é a ocupação desordenada, caracterizada por ele como urbanização de risco, decorrente da ocupação periférica da maioria da população financeiramente desprivilegiada, retratando e reproduzindo as injustiças e desigualdades da sociedade.

De acordo com o documento, “as oportunidades de crescimento circulam nos meios daqueles que já vivem melhor” (BRASIL, 2002, p. 23). Observa-se, portanto, a ocorrência desse mecanismo nas zonas nobres das cidades, geralmente centrais. Logo, as cidades estendem-se indefinidamente, sendo inviável para a parcela mais pobre da população a ocupação de regiões centrais. Nesses casos, a população de baixa renda acaba ocupando terras periféricas mais baratas ou ambientalmente frágeis, formando aglomerados habitacionais definidos, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), como aglomerados subnormais, constituídos pelo conjunto de unidades habitacionais com ausência de título de propriedade, irregularidade das vias de circulação e carência de pelo menos um dos serviços públicos essenciais, como rede de esgoto, coleta de lixo, rede de água, energia elétrica e iluminação pública.³

Entretanto, não se torna responsabilidade exclusiva da população de baixa renda a ocupação desordenada das cidades e as consequências que ela causa. Sabe-se que a parcela mais pobre da população está intimamente ligada à ocupação das áreas de risco, porém a ocorrência das ilhas de calor, da poluição hídrica, do volume de lixos e resíduos tóxicos e a impermeabilização quase total do solo urbano é um problema coletivo e não distingue classe social. Aliás, as indústrias e a classe mais abastada da população contribuem significativamente para esses efeitos.

Sabe-se que o Estatuto das Cidades ainda figura como uma política embrionária, principalmente em cidades consolidadas. Nelas, a ação do homem já promoveu a transformação do meio ambiente através de obras sem o planejamento dos impactos ambientais que elas poderiam gerar e convive-se atualmente, com as consequências geradas por elas. A seguir são pontuados os principais problemas decorrentes desse desestruturado arranjo urbano. Conhecer os sintomas e tratá-los constitui uma importante abordagem mitigatória dos impactos ambientais

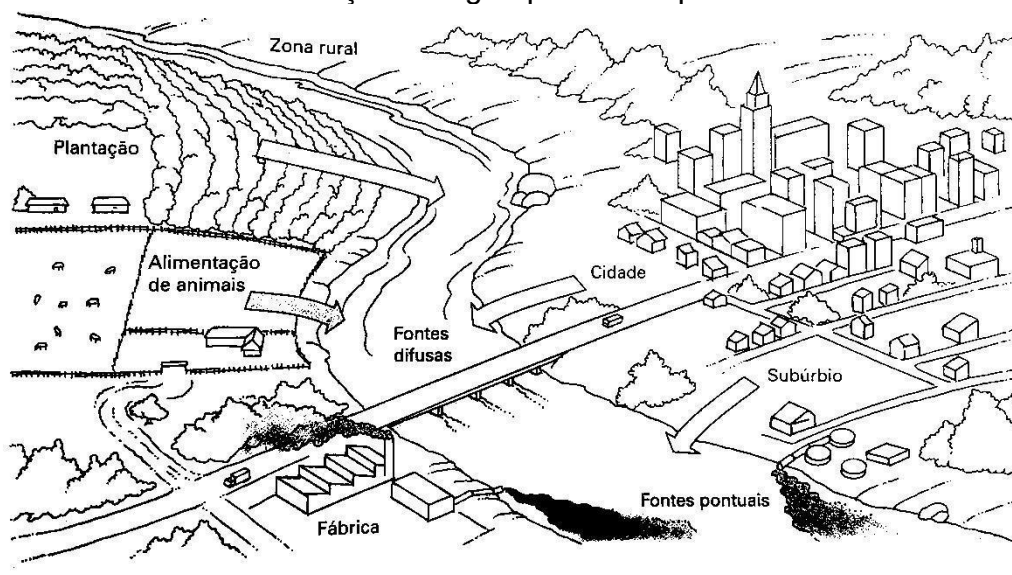
³ IBGE, 2016. Disponível em: <http://twixar.me/59x>. Acesso em 7 out. 2016.

provocados pela ocupação desordenada das cidades, ao mesmo tempo em que novas políticas de estruturação urbana são implementadas.

2.1 A poluição hídrica e a recuperação das águas residuais

A poluição hídrica é um dos principais impactos ambientais consequentes da ocupação do espaço urbano. Segundo Pereira (2004), a poluição das águas geralmente ocorre pela adição de materiais que alteram suas características físicas e químicas e limitam a sua utilização. As causas da poluição hídrica “podem ser introduzidas no meio aquático de forma pontual ou difusa” (BRAGA *et al.*, 2005). São consideradas difusas as cargas sem um ponto de lançamento específico, como os agrotóxicos presentes nas plantações ou a drenagem urbana das águas pluviais. Podem ser caracterizadas como pontuais as descargas de poluentes individualizadas, como os despejos de esgotos industriais e domésticos, como ilustra a FIG. 1.

FIGURA 1 – Poluição da água por fontes pontuais e difusas



Fonte: (BRAGA *et al.*, 2005, p. 83)

Segundo Rocha (2009, *apud* CRISPIM *et al.*, 2014, p. 44), o maior problema enfrentado pelo Brasil na conservação dos recursos hídricos está intimamente ligado à contaminação por esgotos domésticos. Segundo Pereira (2004, p. 2), “as águas que compõe o esgoto doméstico, compreendem as águas utilizadas para higiene pessoal, cocção e lavagem de alimentos e utensílios, além da água usada em vasos sanitários”.

Ainda de acordo com Rocha (2009, *apud* CRISPIM *et al.*, 2014), culturalmente acredita-se que os efluentes industriais sejam os maiores responsáveis no processo de poluição dos mananciais, entretanto, são os esgotos domésticos que causam as maiores degradações. Tal afirmação foi obtida pelo autor na observância de regiões que não possuíam indústrias locais instaladas, e tampouco rede de esgoto, lançando todos os resíduos domésticos em corpos d'água.

Segundo Crispim *et al.* (2014), os esgotos domésticos são constituídos basicamente por:

- a) Sabões, detergentes, cloreto de sódio, gorduras e fosfatos, provenientes do processo de limpeza das casas;
- b) Sulfatos, carbonatos, ureia, amoníaco, pigmentos hepáticos e ácido úrico, oriundos da urina humana;
- c) Gorduras, substâncias córneas, ligamentos de carne e fibras vegetais não digeridas, porções de glicogênio, glicose, aminoácidos, proteínas, mucos, vermes, bactérias, vírus e leveduras presentes nas fezes humanas;
- d) Outras matérias e substâncias descartadas de forma indevida, como plásticos, cabelos, absorventes femininos e papéis higiênicos.

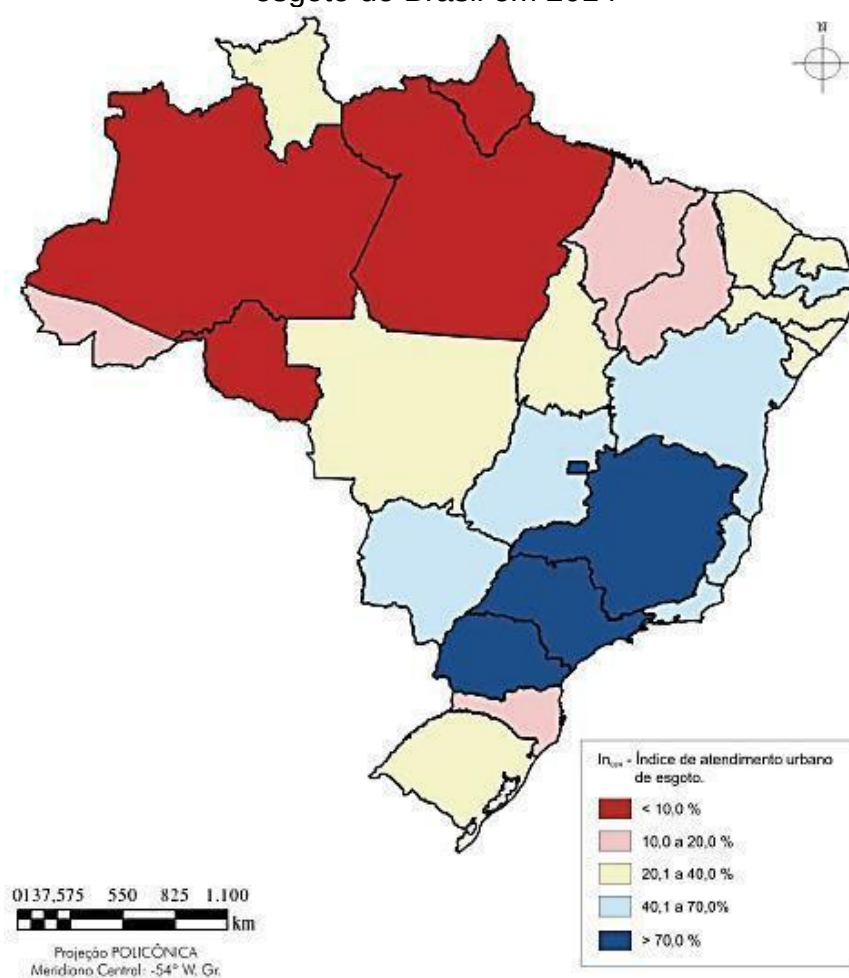
Ainda segundo Crispim *et al.* (2014), os nutrientes mencionados causam a eutrofização acelerada da água, a proliferação de algas tóxicas e a transmissão de doenças. A mudança do pH da água gera efeitos nocivos à fauna e flora e os compostos tóxicos e corantes geram espumas e agredem a vida aquática.

De igual relevância, os efluentes industriais lançados nas águas sem prévio tratamento e os filtrados de aterros sanitários contaminam a água e devastam o ecossistema local, aumentando as reações químicas e biológicas provocadas por compostos tóxicos, gerando a redução do teor de oxigênio dissolvido e a ação tóxica de compostos inorgânicos. Dessa forma, a água obtida à jusante não mais pode ser utilizada para abastecimento humano, agricultura, pesca e lazer, uma vez que se torna imprópria para esses fins.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) realiza anualmente o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. O último documento, divulgado em 15 de março de 2016 e referente ao ano de 2014, constatou que a quantidade de municípios brasileiros com esgotamento sanitário corresponde a um

percentual de 72,4% do total de 5.114 municípios existentes no país⁴, conforme ilustra a FIG 2. Ainda segundo o documento, nas áreas urbanas, o índice médio de atendimento das cidades que possuem esgotamento é de 57,6%, destacando-se o Sudeste, com 83,3% de atendimento por redes de esgoto. O tratamento dos esgotos, por sua vez, perfaz um percentual de apenas 40,8% dos efluentes gerados, o que agrava ainda mais os problemas provocados pelos esgotos domésticos. Com base nessas informações, grande parte dos municípios não tem uma rede de esgoto ou, na presença desta, não consegue suprir toda a população, agravando os problemas gerados pelo descarte de dejetos e resíduos nas águas, sejam domésticos ou industriais.

FIGURA 2 – Representação espacial do índice médio de atendimento urbano de esgoto do Brasil em 2014



Fonte: (BRASIL, 2016, p. 30)

⁴ SNIS, 2016. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2014>. Acesso em 21 out. 2016.

Conforme ressalta Phillippi Jr. *et al.* (2004), o baixo índice de atendimento urbano de redes de esgoto provoca o aumento de doenças veiculadas na água, como gastroenterite, febre tifoide, hepatite e cólera que podem ser adquiridas por meio da ingestão de água contaminada.

Além disso, a qualidade das águas dos mananciais sofre variações rápidas e imprevisíveis. Segundo o autor, o lançamento dos dejetos nos corpos d'água proporciona o crescimento excessivo de algas em águas tidas como potáveis. “Com isso, normalmente ocorre a liberação de toxinas pelas algas, com efeitos sobre a saúde do homem e ainda outras substâncias que passam gosto e odor para as águas de abastecimento” (PHILLIPPI JR. *et al.*, 2004, p. 68).

Como consequência pode ser observado o encarecimento do tratamento da água. “A poluição dos mananciais de abastecimento de uma cidade leva à busca por novas fontes, muitas vezes distantes dos centros de consumo, o que encarece o produto” (PHILLIPPI JR. *et al.*, 2004, p. 68).

No âmbito industrial, a “alteração na qualidade da água prejudica sua utilização em diversos tipos de indústria, como as do ramo de bebidas, têxtil, alimentos, papel e celulose” (PHILLIPPI JR. *et al.*, 2004, p. 68). Além disso, o excesso de cálcio e magnésio dessas águas promove o entupimento das caldeiras, trazendo riscos de explosão.

Outra consequência provocada pelo lançamento dos esgotos domésticos e industriais nas águas sem prévio tratamento e descarte inapropriado de lixo é o assoreamento dos rios. Nesse processo, os sólidos dissolvidos (ou não) na água vão se depositando no fundo dos rios, interferindo em sua topografia natural, provocando seu arrasamento, conforme ilustra a FIG. 3, enquanto se observa o acúmulo de entulho e lixo em seu leito. Devido à redução na profundidade, os rios passam a não comportar seu volume hídrico e transbordam, principalmente em épocas de chuvas, promovendo enchentes.

FIGURA 3 – Processo de assoreamento dos rios



Fonte: (ESCOLA E EDUCAÇÃO, 2016⁵, adaptado pelo autor)

Embora o assoreamento também seja um processo natural de deslizamento de solo das margens do rio para seu curso devido à ausência de mata ciliar, o assoreamento provocado pelos efluentes de esgoto e lixo degradam substancialmente o ecossistema local, pela sua caracterização tóxica e efeitos negativos à população. A FIG. 4 exemplifica o assoreamento de um rio, provocado por esgoto e acúmulo de lixo.

FIGURA 4 – Assoreamento de rio provocado por esgoto e lixo



Fonte: (O GLOBO, 2016)⁶

⁵ ESCOLA E EDUCAÇÃO, 2016. Disponível em: <http://twixar.me/R9x>. Acesso em 7 out. 2016.

⁶ O GLOBO, 2016. Disponível em: <http://twixar.me/C9x>. Acesso em 7 out. 2016

Nesse cenário, a engenharia sanitária e ambiental tem evoluído significativamente no tratamento de águas residuais, principalmente em função das exigências dos órgãos públicos de gestão do meio ambiente, em função da poluição das águas brasileiras e uma maior cobrança da sociedade no que tange à defesa do ecossistema.

“As características de uma água residuária, as exigências legais, a área disponível e os custos de implantação e operação são fatores básicos na definição do sistema mais adequado de um efluente líquido” (PHILLIPPI JR. *et al.*, 2004, p. 72). Um sistema de tratamento de águas residuais é constituído por uma série de processos físicos, químicos e biológicos, empregados para remover ao máximo os agentes poluidores das águas e devolvê-las o equilíbrio necessário para que ela retorne ao ciclo hidrológico.

Nos processos físicos, são caracterizadas a dissociação e a separação de descartes sólidos das águas, com o objetivo de remoção de sólidos grosseiros, sedimentares e flutuantes, além da remoção de lodo, normalmente executados com o emprego de grades de limpeza, tanques de retenção de materiais flutuantes, decantadores, flotadores a ar dissolvidos, filtros e adsorção em carvão ativado.

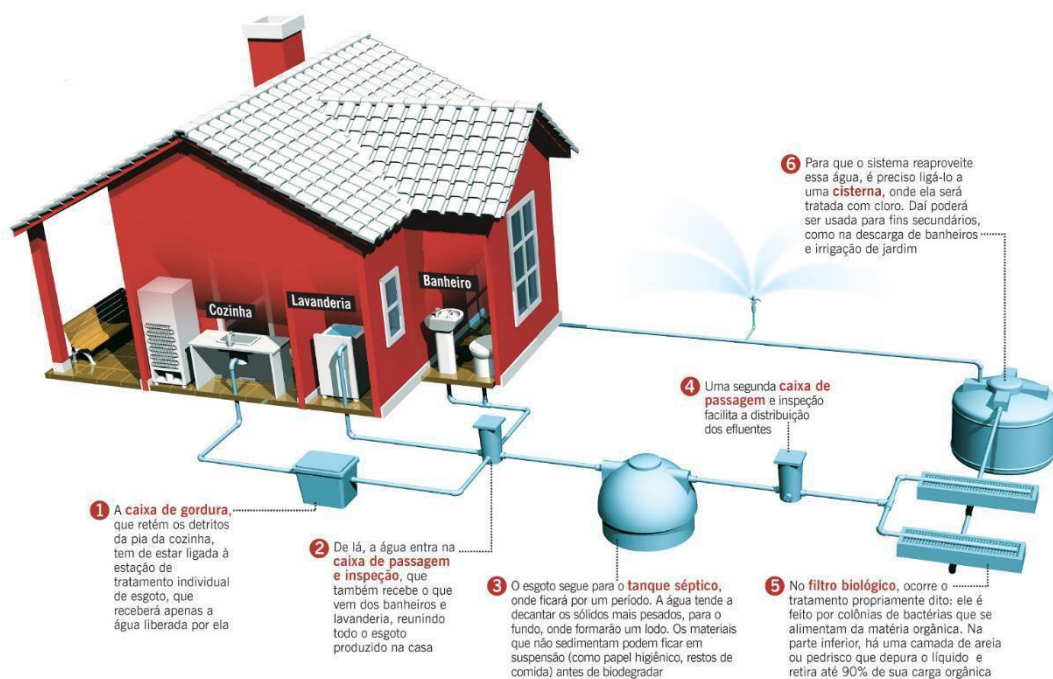
Nos processos químicos, a utilização de produtos químicos aumenta a eficiência da remoção de um elemento e modifica seu estado e estrutura. Como exemplo, pode ser citado a acidificação de um efluente para a obtenção da quebra das gorduras presentes nele. Normalmente, os protocolos de tratamento químico envolvem a coagulação-floculação das substâncias das águas residuais, além da precipitação química, oxidação, cloração e neutralização do pH, geralmente associados a algum processo físico, para a potencialização dos efeitos de ambos.

Nos processos biológicos, são induzidos, através de sistemas projetados, os fenômenos biológicos produzidos por microrganismos para a transformação da matéria orgânica em compostos simples como sais minerais, gás carbônico e a própria água. Os processos biológicos mais usuais são o emprego de lodos ativados, filtros biológicos anaeróbios ou aeróbios, lagoas aeradas e digestores anaeróbios de fluxo ascendente.

Além dos processos que envolvem as engenharias no emprego das melhores práticas para a recuperação das águas residuais, o ordenamento jurídico e o poder executivo tem se comprometido fortemente nessas causas. Pode ser citado como exemplo o Plano Diretor de diversas cidades, inclusive da cidade de Ubá -

MG, que altera e consolida a regulamentação da prestação de serviços públicos de água e esgoto, obrigando os loteamentos a possuírem sistema de esgoto que direcione seus efluentes até a estação de tratamento de esgoto (ETE) mais próxima ou, na falta dessa, providencie seu próprio tratamento de esgoto, podendo ser individual, conforme FIG. 5, ou coletivo, contendo todos os processos físicos, químicos e biológicos.

FIGURA 5 – Estação de tratamento de esgoto individual



Fonte: (O GLOBO, 2016)⁷

Do resultado do tratamento dos esgotos, os padrões de emissão de efluentes restantes são regulamentados pela Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), prevendo que os órgãos ambientais estabeleçam a carga poluidora máxima para o lançamento de esgotos tratados nos corpos receptores.

Esse conjunto de ações visa, a curto, médio e longo prazo, reestabelecer a qualidade das águas e conscientizar a população da necessidade de preservar esse importante recurso natural.

⁷ O GLOBO, 2016. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/arquivos/estacao-individual.jpg>. Acesso em 13 nov. 2016

2.2 A impermeabilização do solo como interruptor do ciclo hidrológico e a proposição de áreas urbanas permeáveis

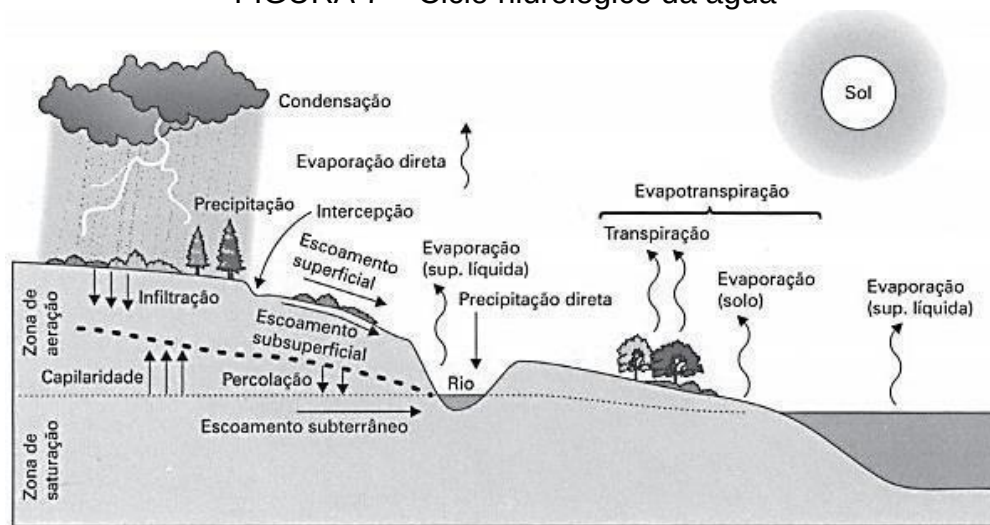
Outro impacto ambiental a ser considerado é consequência da ocupação da impermeabilização das áreas urbanas ocupadas por edificação e pavimentação, intimamente ligada ao aumento da densidade populacional. Ao serem ocupados, os solos dos terrenos são obstruídos pelas construções e muito pouco ou nenhum espaço é destinado para vegetação, responsável por permitir a infiltração da água da chuva para o solo em velocidade regular. De igual forma, a pavimentação das vias é realizada pelos órgãos públicos com cobertura asfáltica, cuja manutenção é realizada por recapeamento, promovendo sucessivas camadas de pavimentação e o incorreto dimensionamento de captação de água pluvial, obstruindo substancialmente, a bacia de drenagem “aumentando o escoamento superficial e contribuindo para problemas de inundações urbanas”.⁸

Normalmente, o ciclo hidrológico, ilustrado na FIG. 7, inicia-se com a precipitação, que, segundo Vesilind & Morgan (2011), é o termo aplicado para todas as formas de umidade presentes na atmosfera que recaem sobre o solo e finaliza com os processos de evaporação e transpiração. Por evaporação, entende-se o retorno das águas superficiais livres à atmosfera e pela transpiração, a perda de água das plantas para a atmosfera. Ambas, sob o efeito “dos raios solares, da temperatura ambiente, da umidade e da velocidade do vento, assim como da quantidade de umidade do solo disponível para as plantas” (Vesilind & Morgan, 2011, p. 180). A associação desses dois fenômenos gera a terminologia evapotranspiração.

Entre a precipitação e a evapotranspiração ocorrem diversos fenômenos que auxiliam esse processo e abastecem o planeta de água potável. Uma vez precipitada, parte das águas infiltra e percola nos solos, formando aquíferos que ressurgem na superfície em forma de nascentes para alimentar rios e lagos e parte das águas escoam superficialmente e subsuperficialmente no solo, abastecendo-os.

⁸ SOLUÇÕES PARA AS CIDADES, 2016. Disponível em: <<http://twixar.me/V9x>>. Acesso em 7 out. 2016.

FIGURA 7 – Ciclo hidrológico da água

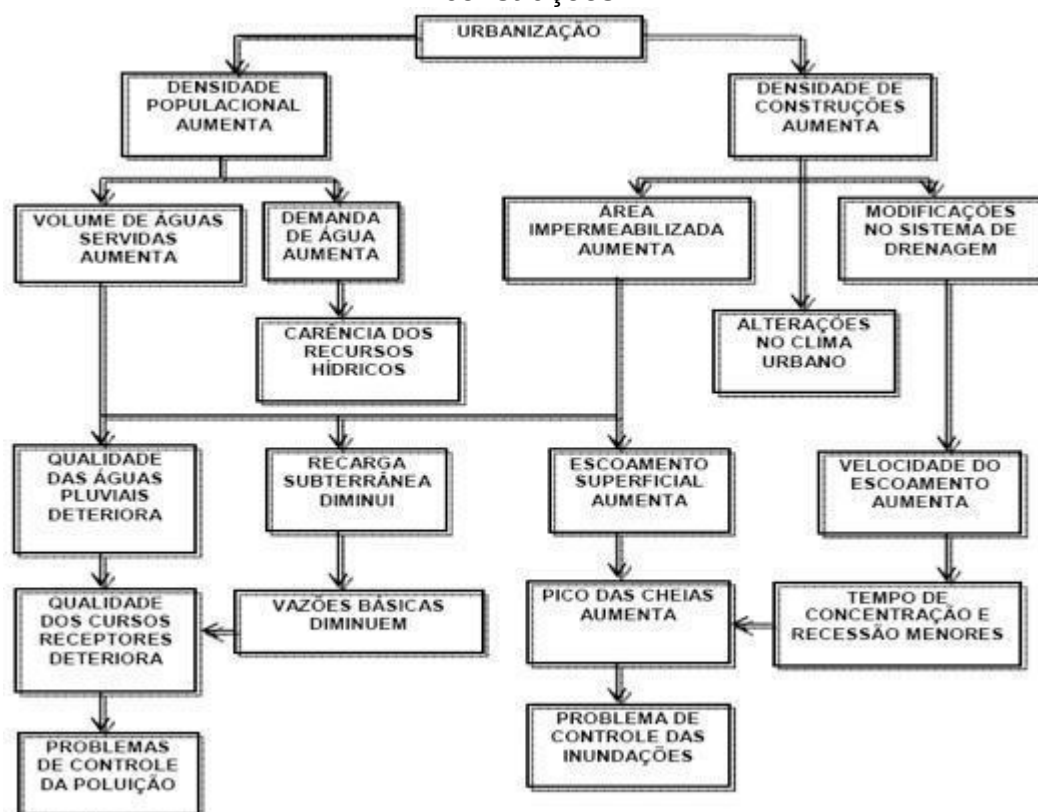


Fonte: (BRAGA *et al.*, 2005, p. 35)

A impermeabilização do solo provoca a transformação do clima local, uma vez que interrompe parte do ciclo hidrológico, impedindo a presença de vegetação responsável por realizar a transpiração e infiltração de água gradativa para o solo, causando escassez de água potável nos aquíferos subterrâneos. Como a captação de água para consumo humano normalmente é realizada através dos cursos d'água, fontes ou por meio dos aquíferos, quando desabastecidos, as cidades precisam buscar em locais mais distantes as fontes potáveis para o abastecimento da população, como se não bastassem os problemas de desabastecimento gerados pelo aumento da demanda em virtude do crescimento populacional.

A impermeabilização do solo urbano também vulnerabiliza a sociedade. A maior parte das enchentes pouco estão relacionadas à abundância de chuvas. Em sua grande maioria, ocorrem principalmente pelo transbordamento dos rios devido ao assoreamento provocado pelos entulhos e destruição da mata ciliar e pelas áreas urbanas impermeáveis, já que não há o devido direcionamento para a água precipitada. A FIG. 8 ilustra, por meio de um fluxograma, como o aumento da densidade populacional e o aumento na densidade de construções geram impacto no espaço urbano.

FIGURA 8 – Consequências do aumento da densidade populacional e densidade de construções



Fonte: (REVISTA SPACIOS, 2016)⁹

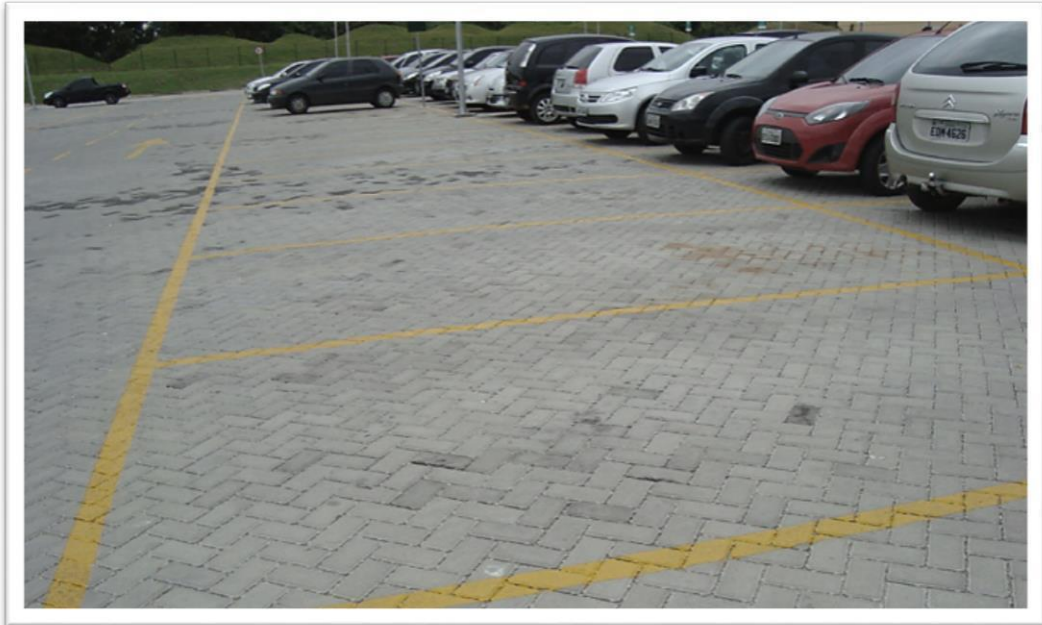
Existem atualmente diversas soluções para o problema citado, considerando principalmente áreas com baixo índice de tráfego de veículos pesados. A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) criou, juntamente com a fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, um guia de construção de pavimentos permeáveis disponível gratuitamente na web através do endereço eletrônico <http://www.solucoesparacidades.com.br>. com uma série de soluções para áreas industriais, pátios, ruas com tráfego leve, condomínios, praças e estacionamentos. Entre eles destacam-se a aplicação de pisos intertravados de blocos de concreto e pavimentos de concreto permeável, conforme pode ser observado na FIG. 9 e FIG. 10. O guia traz uma proposta de construção de pisos capazes de infiltrar a água em sua superfície até camadas de lençol freático e utilizar as inclinações naturais dos terrenos como potencializadores do processo.

Além disso, uma prática utilizada em várias cidades, podendo ser citadas entre elas a cidade de Ubá - MG, é a adoção de um termo no Plano Diretor do

⁹ REVISTA SPACIOS, 2016. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a16v37n08/08-f1.png>>. Acesso em 22 out. 2016.

Município que obrigue reformas e novas construções indexarem uma área permeável de cerca de 20% do terreno disponível.

FIGURA 9 – Exemplo de pavimento intertravados de blocos de concreto



Fonte: (SOLUÇÕES PARA AS CIDADES, 2016)¹⁰

FIGURA 10 – Exemplo de pavimento de concreto permeável



Fonte: (SOLUÇÕES PARA AS CIDADES, 2016)¹¹

¹⁰ SOLUÇÕES PARA AS CIDADES, 2016. Disponível em:< <http://twixar.me/V9x>>. Acesso em 10 out. 2016.

¹¹ *Ibidem*

2.3 A ocupação das encostas e seus riscos

Não menos importante, a ocupação irregular de encostas é uma séria consequência do crescimento desordenado das cidades e gera enorme impacto ambiental. Segundo o censo demográfico pelo IBGE, realizado em 2010, 47,5% dos aglomerados subnormais são construídos em áreas de declive com riscos de deslizamento de terra¹².

A Lei Federal nº 6766, de 19 de dezembro de 1979 e alterada pela Lei Federal nº 9785, de 20 de janeiro de 1999, regulamenta o parcelamento do solo passível de ocupação e não permite, sob nenhuma hipótese, a ocupação de:

- a. Terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de serem tomadas as providências para assegurar o escoamento da água;
- b. Terrenos aterrados com material nocivo à saúde pública;
- c. Terrenos com declividade igual ou superior a 30%, salvo se atendidas as exigências das autoridades competentes;
- d. Terreno onde as condições geológicas não aconselham edificação;
- e. Áreas de Preservação Permanente (APP);
- f. Áreas cujas condições sanitárias sejam insuportáveis.

Entretanto, a parcela da população que beira a linha da pobreza ou emigra para as cidades sem quaisquer condições de se estabelecer aproveita a oportunidade de ocupar o espaço indeferido pela legislação, provocando uma série de problemas já conhecidos pelas entidades governamentais, como a criação de favelas e regiões marginalizadas, sem assistência das prefeituras ou a concessão de serviços básicos normalmente destinados ao restante da população. Dentre essas regiões ocupadas, as que mais alarmam a governança pública são as áreas de encostas, em virtude do alto índice de risco de acidentes, principalmente em períodos de chuva intensa.

Segundo Silva (2010, p. 132), “entende-se por “risco” a possibilidade da ocorrência de uma situação que ameaça a existência de uma pessoa, ser ou coisa, ou ainda uma ou mais condições de uma variável com potencial para causar danos¹³”.

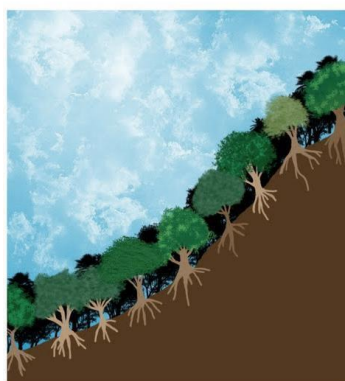
¹² IBGE, 2016. Disponível em: <<http://twixar.me/59x>>. Acesso em 7 out. 2016.

¹³ IBGE, 2016. Disponível em: <<http://twixar.me/59x>>. Acesso em 7 out. 2016.

Ainda em conformidade com Silva (2010, p. 132), “a ocupação de terrenos de encosta é acompanhada do desmatamento, de alteração no escoamento natural das águas, de movimentos de terra e no aumento da permeabilidade do solo, fatores que contribuem para a ocorrência do perigo”¹⁴.

Tais ações provocadas pelo homem ocorrem pelo colapso do solo gerado por uma alta carga a ela aplicada, permitindo o aparecimento das movimentações de massa de terra caracterizadas pelos escoamentos (correspondendo a uma deformação do solo, sendo fluídica-viscosa, na presença de água, ou rastejante, quando o movimento se dá apenas com a terra seca) e escorregamentos de terra, com destaque de massa do solo do maciço original. Ainda segundo Silva (2010), essas movimentações ocorrem pela diminuição da resistência do solo pelo intemperismo, pelo aumento da pressão neutra por percolação e pela subida dos níveis de água e seu repentino rebaixamento, provocando sobrecargas instantâneas e vibrações. A FIG. 11 representa o processo de ocupação e deslizamento de encostas e a FIG. 12 representa um aglomerado subnormal formado em uma encosta com deslizamentos sucessivos do maciço de terra.

FIGURA 11 – Processo de ocupação e deslizamento de encostas



Encosta com cobertura vegetal preservada. As raízes absorvem a água e seguram o solo.



Com o desmatamento e a construção irregular, a água infiltra nas encostas deixando os moradores em estado de atenção.



O acúmulo de grandes quantidades de água no solo leva ao desabamento das encostas.

Fonte: (BP BLOGSPOT, 2016)¹⁵

¹⁴ BRASIL ENGENHARIA, 2016. Disponível em: <http://twixar.me/pJx>. Acesso em 8 out. 2016.

¹⁵ BP BLOGSPOT, 2016. Disponível em: <http://twixar.me/Gxx>. Acesso em 24 out. 2016.

FIGURA 12 – Deslizamento de terra em encostas desordenadamente ocupadas



Fonte: (AMAZONAWS, 2016)¹⁶

Embora existam diversos fatores que preocupem as autoridades públicas em relação à ocupação desordenada dos centros urbanos, a poluição hídrica, a impermeabilização do solo e a ocupação das encostas são as principais causas de enchente e desastres em épocas de chuva, comprometendo a segurança e a saúde de toda população. Nesse cenário, surge a Defesa Civil, responsável por tomar medidas profiláticas e apresentar soluções mitigantes à Coordenadoria Municipal de Proteção Civil.

2.4 A Defesa Civil

Segundo Furtado *et al.*, (2013), desde a primeira Constituição do Império do Brasil, todas as Constituições promulgadas no país abordavam os temas de proteção ao indivíduo; porém, até 1940, o governo não havia visto a necessidade de criar um órgão voltado ao atendimento da população em casos de desastre. Inspirado pelo *Civil Defense Service*¹⁷ criado pela Grã-Bretanha para minimizar os efeitos dos ataques sofridos durante a segunda Guerra, o Brasil começou a criar, por

¹⁶ AMAZONAWS, 2016. Disponível em: <http://twixar.me/8Jx>. Acesso em 8 out. 2016.

¹⁷ Do inglês: Serviço de Defesa Civil

meio de decretos, forças-tarefa para agir em cenários calamitosos, como os que assolaram o Nordeste, em 1960, em virtude da seca e uma grande enchente que atacou o Sudeste do país em 1966.

Surgiria então, em 1988, o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), por meio do Decreto nº 97.274, de 16 de dezembro de 1988, com “a proposta de pensar a Defesa Civil como instituição estratégica para redução de riscos de desastres” (Furtado *et al.*, 2013, p. 13). Mais tarde, em 2010, o Decreto nº 7.257, de 4 de agosto de 2010 passa a regulamentar e dispor sobre o então Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC), reconhecendo as situações de emergência e estado de calamidade pública, sobre a utilização de recursos federais para promover ações de socorro e assistência às vítimas e para restabelecer serviços essenciais e reconstrução das áreas atingidas pelos desastres. Em 10 de abril de 2012 seria então sancionada a Lei Federal nº 12.608, instituindo a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, dando atribuições a municípios e estados para agir em curto, médio e longo prazo.

O Decreto nº 7.257, de 4 de agosto de 2010 define Defesa Civil como “um conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e recuperativas destinadas a evitar desastres e minimizar seus impactos para a população e restabelecer a normalidade social”. Nele, a norma estipula as situações de emergência e estado de calamidade pública como sendo situações anormais provocadas por desastres que comprometam parcial ou substancialmente a capacidade de resposta do ente atingido e busca estimular ações preventivas destinadas a reduzir a ocorrência de desastres por meio do monitoramento a ameaças locais.

Atualmente, a proteção e Defesa Civil no Brasil é organizada pelo Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINDPEC) e executivamente estruturada pelas unidades da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), formatadas segundo a FIG. 13.

FIGURA 13 – Organograma da SEDEC



Fonte: (BRASIL, 2012, *apud* FURTADO *et al.*, 2013, p. 30)

Consoante ao SEDEC, encontra-se o Serviço de Apoio Administrativo e Protocolo (SAAP), responsável pela tramitação burocrática dos eventos ocorridos e o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), responsável por implementar as ações estratégicas de preparação e resposta aos desastres. Extremamente modernizado, o CENAD utiliza tecnologia de ponta para mapear e prever desastres e agir em prol da segurança da população. Ao Departamento de Articulação e Gestão (DAG) fica incumbida a análise e instrução de processos e formalização de convênios e cooperações técnicas. Já o Departamento de Minimização de Desastres (DMD) é responsável por implementar programas e projetos para situações de emergência e capacitar os agentes de Proteção e de Defesa Civil e o Departamento de Reabilitação e Reconstrução (DRR) realiza a análise técnica das propostas de reconstrução e as atividades de respostas aos desastres. Todos os departamentos possuem o apoio de suas coordenações-gerais, que articulam todas as ações cabíveis aos departamentos juntamente com os estados e municípios.

2.4.1 Ciclo de gestão da Defesa Civil

Responsável então por “reduzir riscos e desastres e estabelecer comunidades mais resilientes e seguras, mediante a promoção de conscientização sobre o tema da redução de riscos” (FURTADO *et al.*, 2013, p. 37), cabe à Defesa Civil gerir as “ações de prevenção e mitigação, preparação, resposta e recuperação” (FURTADO *et al.*, *op. cit.*).

No quesito prevenção, compete à Defesa Civil promover ações que previnam ou reduzam o impacto de desastres, fiscalizando e monitorando áreas de risco. Durante a preparação, a Defesa Civil busca melhorar a capacidade da comunidade diante da iminência de possíveis desastres. Já na fase da resposta, mediante a ocorrência de desastres, é papel da Defesa Civil socorrer e auxiliar as pessoas atingidas, tentar reduzir os “danos e prejuízos e garantir o funcionamento dos sistemas essenciais da comunidade” (FURTADO *et al.*, 2013, p. 42). Finalmente, durante a reconstrução, é papel da Defesa Civil reconstruir a comunidade atingida proporcionando o retorno à normalidade das condições de vida da população de forma sustentável e prevendo a incidência de novos desastres de igual ou maior magnitude.

Sendo assim, apresenta-se na FIG. 14 um esquema do ciclo de gestão da Defesa Civil, em que a última ação, de reconstrução, torna-se a primeira, de prevenção de novos desastres.

FIGURA 14 – Ciclo de gestão da Defesa Civil



Fonte: (FURTADO *et al.*, 2013, p. 42)

2.4.2 Estudo dos desastres

Entende-se como desastre como sendo “resultados de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais” (BRASIL. Decreto nº 7257, de 4 de agosto de 2010, artigo 2º, parágrafo II). Embora a norma jurídica não cite o intervalo de tempo necessário para que exista a ocorrência de um desastre, Castro (1999) alerta que, embora muitos desastres ocorram de forma súbita e inesperada, podem ser causados por ações lentas e gradativas, como a inexistência de planejamento urbano apropriado, poluição dos rios e mananciais, desmatamento gradativo, ocorrência de edificações irregulares e má distribuição de área permeável nos espaços urbanos.

Nesse contexto, o risco precisa ser calculado em virtude da probabilidade de ocorrência do evento indesejado em função das consequências por ele geradas. Essa avaliação de risco normalmente é subjetiva e muitas vezes sua metodologia possui caráter experimental. Entretanto, a Defesa Civil é composta por um corpo multidisciplinar de profissionais dotados de capacidade para identificar possíveis ocorrências de eventos indesejados e ameaças de perigo iminente. Segundo Silva (2010), a análise de risco parte da identificação de elementos que se encontram no espaço urbano podendo ser desprezíveis, limítrofes, críticos ou catastróficos, cujo grau de aceitabilidade deve ser comparado, julgado, apreciado e aceito como risco ambiental, social ou individual e sob nenhuma hipótese deve ser aumentado pela atividade humana.

Segundo Furtado *et al.* (2013), no âmbito municipal, cabe ao Órgão Municipal de Proteção e Defesa Civil conhecer e mapear todas as áreas de risco de seu espaço territorial, utilizando de toda tecnologia disponível para descobrir as ameaças e vulnerabilidades do município e se preparar para o enfrentamento de possíveis desastres. Cabe ao órgão, também, conscientizar a população sobre os riscos de suas ações e fiscalizar atividades da população, principalmente ligadas à edificação em áreas não autorizadas.

2.5 Gestão de áreas urbanas deterioradas

Segundo Bittar (1997, *apud* PHILLIPPI JR. 2004), a legislação vigente menciona que a recuperação das áreas degradadas necessita de um plano preestabelecido de retorno, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente. Dessa forma, as intervenções no espaço urbano são estabelecidas com base nos seguintes pilares, adotados isoladamente ou simultaneamente nas elaborações de projetos de reestruturação:

- a) Restauração: Utilizada principalmente em regiões em que o patrimônio histórico ou ambiental foi degradado, o objetivo desse princípio é recriar o que anteriormente existia, restabelecendo as mesmas condições prévias de usos e atividades;
- b) Reabilitação: A reabilitação visa à recuperação para uso qualquer;
- c) Renovação: Esse pilar implica criar algo novo. Muitas vezes os desastres destroem elementos do espaço urbano e podem permitir o surgimento de outros, como por exemplo, obras de infraestrutura apoiadas com novo investimento de capital;
- d) Revitalização: A revitalização das áreas degradadas surge com a proposta de considerar o antigo e promover o novo. Muito utilizado em áreas turísticas, esse conceito tem o objetivo de manter ou recriar a ambientação histórica, trazendo a modernidade ao espaço em questão;
- e) Requalificação: A requalificação visa qualificar o espaço degradado de forma a reconstruí-lo para um uso definido em um novo contexto socioeconômico.

Entendendo que o ato de planejar consiste na preparação para uma ação, a gestão da recuperação de áreas urbanas degradadas deve incluir não só o planejamento, mas a implantação das propostas e seu monitoramento. O resultado desse processo é a elaboração dos planos diretores das cidades, que muito têm orientado as novas ocupações em áreas urbanas até então inexploradas, no processo de ampliação das cidades.

O objetivo primordial dos planos diretores é a regulamentação das áreas construídas de forma a proporcionar uma melhor qualidade de vida à comunidade, possibilitando o desenvolvimento das funções sociais, sem segregação.

No tocante à ocupação desordenada, os planos diretores visam à implantação de novos programas de saneamento e tratamento de esgoto, identificando possíveis fontes de financiamento, a criação de conjuntos habitacionais para a remoção da população das áreas alto risco de acidentes, principalmente em períodos de chuva intensa e o remanejamento dos habitantes para as regiões construídas com as condições básicas de saneamento, além da demarcação das Áreas de Proteção Permanente (APP).

Segundo a Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, entende-se por APP qualquer área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

Logo, torna-se imprescindível aos implementadores dos planos diretores municipais atentar para as exigências ambientais decorrentes do ordenamento jurídico, considerar e conhecer as carências e necessidades dos cidadãos, trabalhar de forma transparente e agir na geração de recursos, promovendo o desenvolvimento das cidades de maneira sustentável.

2.6 Planejamento e Gestão Ambiental: construindo cidades mais sustentáveis

De acordo com Muniz (1975, *apud* BRAGA *et al.*, 2005), a avaliação dos impactos ambientais é o ponto de partida para um bom planejamento e consequente gestão ambiental de qualquer cidade, o que torna o processo muito mais amplo do que apenas gerir as áreas degradadas. Segundo ele, as características básicas para a avaliação dos impactos ambientais ocorridos e futuros, consiste em descrever as ações propostas e suas respectivas alternativas, prever o comportamento da natureza e seus efeitos sobre as comunidades e identificar as preocupações humanas.

As ferramentas utilizadas para responder a essas questões têm sido o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), um relatório técnico, elaborado por uma equipe multidisciplinar e tecnicamente habilitada para analisar o espaço natural do ponto de vista físico, químico, biológico e socioeconômico e o Relatório de Impacto do Meio Ambiente (RIMA), que basicamente consiste em um resumo dos estudos do EIA, em linguagem acessível para leigos.

O objetivo dessas ferramentas tem sido realizar o diagnóstico da saúde, segurança e bem-estar da população e prever ações que permitam a comunidade obter condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, além de utilizar recursos naturais de qualidade, segundo Braga *et al.*, (2004).

A partir desses aspectos, torna-se possível criar um sistema de gestão ambiental que tem por objetivo, de acordo com Braga *et al.*, (2004):

- a) Criar uma política ambiental que permita um senso global de direção e apresentar princípios de ação, estabelecendo metas ao desempenho e responsabilidade ambiental, prevendo sanções legais aos infratores do termo;
- b) Planejar, implementar e verificar a política ambiental adotada, monitorando às ações preestabelecidas e promovendo as ações corretivas, que devem ser tomadas;
- c) Revisar o gerenciamento, a fim de promover uma melhoria contínua do comprometimento da administração pública com a comunidade.

Essas ações buscam a criação de cidades mais sustentáveis, equilibradas do ponto de vista do desempenho ambiental e integradas com a comunidade do ponto de vista socioeconômico, promovendo o desenvolvimento econômico sem, contudo, degradar o meio ambiente, protegendo a população das ameaças originárias da ocupação desordenada e prevendo melhores condições ambientais para as áreas urbanas ainda não ocupadas.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É de suma importância o tratamento dos efluentes domésticos e industriais a fim de evitar a poluição dos mananciais e o assoreamento dos cursos d'água. Também se faz relevante o aumento das zonas permeáveis nos grandes centros, com a finalidade de aumentar as áreas de infiltração de águas pluviais para reabastecimento dos lençóis freáticos e atenuar os efeitos das enchentes. Por último, torna-se necessária a desocupação das áreas de encostas e de preservação permanente, transferindo a população dessas áreas para habitações oferecidas pelo Governo com o objetivo de diminuir os riscos de deslizamento dessas regiões de ocupação irregular, quando submetidas às intempéries.

Com a instituição do Estatuto das Cidades, em 2001, o Governo Federal, juntamente com as prefeituras municipais e os esforços da Defesa Civil, como agente atenuador das consequências dos desastres frequentes decorrentes da ocupação desordenada do solo urbano, têm buscado implementar tais práticas no desenvolvimento das cidades, tornando os arranjos urbanos mais sustentáveis através de uma gestão mais focada em causas ambientais. Entretanto, existe ainda um longo caminho a ser percorrido para que as cidades consigam, de fato, reduzir os danos causados ao meio ambiente em virtude da tardia aquisição de diretrizes urbanísticas para a formação das cidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA, B. *et al.*. **Introdução à engenharia ambiental**. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.

BRASIL. **Estatuto da cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos**. 2. ed. Brasília : Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2002. 273 p.

_____. Congresso. Câmara dos Deputados. Lei nº 12.651, de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, mai. 2012.

_____. Congresso. Senado. Lei nº 9,785, de 1999. Altera o Decreto-Lei no 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nos 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano). **Diário Oficial da União**, fev. 1999, p. 6.

_____. Congresso. Senado. Resolução nº 357, de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2005, p. 58-63.

CASTELLS, M. **A questão urbana**. 4.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983. 506 p.

CASTRO, A. L. C.. **Manual de planejamento em Defesa Civil**. 1.ed. v.3. Brasília: Imprensa Nacional, 1999. 88 p.

CRISPIM, D. L. *et al.*. Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do espaço urbano: um estudo de caso da cidade de Baixo/CE. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Pombal, PB, v.9, n.4, p. 44-49, out-dez, 2014.

FURTADO, J. *et al.*. **Capacitação básica em Defesa Civil**. 3.ed. Florianópolis: CAD UFSC, 2013. 122 p.

GABINETE MILITAR DO GOVERNADOR E COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL. Disponível em: < <http://www.defesacivil.mg.gov.br/>> Acesso em: 23 ago. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em 7 out. 2016.

MELLO, F. A. O.. **Análise do processo de formação da paisagem urbana no município de Viçosa, Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2003. 122p.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**. IPH – UFRGS, v.1, n.1, p. 20-36, 2004.

PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO M. A.; BRUNA, G. C.. **Curso de gestão ambiental**. 1.ed. São Paulo: Editora Malone, 2004. 1045 p.

SILVA, P.J.. A proteção de áreas especiais e a consequente redução das áreas de risco *in Anais do Safety, Health and Environmental Word Congress*, Santos, SP, jul. 2007.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>> Acesso em 21 out. 2016.

SOARES, T. S. *et al.*. Impactos ambientais decorrentes da ocupação desordenada na área urbana do município de Viçosa, Estado de Minas Gerais. **Revista científica eletrônica de engenharia florestal**, publicação científica da faculdade de agronomia e engenharia florestal de Garça/FAEF, ano IV, n.8, p. 1-14, agosto de 2006.

SOLUÇÕES PARA AS CIDADES. Disponível em: <<http://solucoesparacidades.com.br/>> Acesso em 7 out. 2016.

VESILIND, P.; MORGAN, S. M.. **Introdução à engenharia ambiental**. 2.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 438 p.