

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

ANDRESSA FERREIRA ROSA

**OS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE O CICLO HIDROLÓGICO NO
MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO - MG**

Uberlândia – MG

2017

ANDRESSA FERREIRA ROSA

**OS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE O CICLO HIDROLÓGICO NO
MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO - MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Ambiental, da Universidade
Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheira Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Rita Raimundo e
Almeida

Uberlândia – MG

2017

RESUMO

O ciclo da água, em suas condições naturais, pode ser apontado como um sistema em equilíbrio. Porém, com o crescente processo de urbanização, percebem-se impactos que acarretam em alterações na dinâmica do ciclo hidrológico como um todo ou em partes dele. Em áreas urbanas, a alta taxa de impermeabilização do terreno, a remoção da vegetação e a canalização de cursos fluviais provocam ou intensificam os processos de erosão, assoreamento e inundações e ocasionam mudanças no lençol freático. O objetivo do presente trabalho foi verificar como o processo de urbanização no município de Patrocínio – MG tem causado alterações no ciclo da água. A metodologia consistiu em um levantamento bibliográfico para pesquisar os impactos da urbanização sobre o ciclo da água em outros locais, na utilização de indicadores de sustentabilidade para análise da ocupação e uso do solo da cidade e do sistema de drenagem, e para calcular a tendência de sustentabilidade de Patrocínio. Isso possibilitou o levantamento dos impactos consolidados, devido à urbanização, sobre componentes do ciclo hidrológico em Patrocínio, principalmente nos processos de infiltração e drenagem. O resultado obtido com a aplicação dos indicadores de sustentabilidade mostrou que o município possui uma tendência desfavorável à sustentabilidade, pois a sua área urbana, atualmente, apresenta muitas áreas impermeáveis, córregos canalizados, fundos de vale ocupados e um sistema de drenagem ineficiente. Dessa forma, há diminuição da taxa de infiltração do solo e o aumento do escoamento superficial, ocasionando problemas de alagamentos e inundações, bem como erosões e assoreamentos. É importante destacar que o equilíbrio do ciclo da água é essencial para a manutenção da vida na terra, sendo importante conhecer as consequências do avanço urbano sobre esse ciclo, mesmo em cidades pequenas, para possibilitar a diminuição dos impactos e também auxiliar na prevenção de problemas futuros.

Palavras-chave: Drenagem, Impermeabilização, Patrocínio, Uso e ocupação do solo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. OBJETIVO GERAL	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. O CICLO HIDROLÓGICO	3
3.2. O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO	4
3.3. IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NOS RECURSOS HÍDRICOS.....	5
4. METODOLOGIA	7
4.1. ÁREA DE ESTUDO	7
4.2. MÉTODOS	9
5. RESULTADOS.....	15
5.1. IMPERMEABILIZAÇÃO DOS SOLOS	15
5.2. SISTEMA DE DRENAGEM URBANO	17
5.3. DRENAGEM DURANTE O PERÍODO DE CHUVAS.....	19
5.4. LIMPEZA URBANA	21
5.5. ESGOTAMENTO SANITÁRIO	24
5.6. AVALIAÇÃO FINAL DOS INDICADORES	25
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

A água é essencial para a manutenção da vida no planeta. Logo, considerar a importância dos conhecimentos sobre ela, bem como do funcionamento do seu ciclo, é pensar na sobrevivência do ser humano, na conservação e no equilíbrio da biodiversidade e também nas relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais (BACCI; PATACA, 2008).

Os cursos d'água e as cidades sempre apresentaram uma intensa ligação no decorrer da história da humanidade. O lugar de implantação das cidades sempre foi preferencialmente próximo aos corpos d'água, pois, dessa forma, a água fica disponível para ser usada no abastecimento, no saneamento, nas atividades agrícolas, na navegação, dentre outras utilizações (MORAES, 2011).

No entanto, na segunda metade do século XX, ocorreu um grande aumento do porte das aglomerações urbanas. Esse intenso processo de urbanização pode ser explicado pela forte tendência da população mundial em se mudar para as cidades, devido ao processo de industrialização ocorrido na época e, também, pela busca das pessoas por uma melhor qualidade de vida (CASTRO, 2007). Assim, segundo Tundisi (2006), o desenvolvimento econômico e a complexidade da organização das sociedades humanas provocaram inúmeras mudanças no ciclo hidrológico, relacionadas à qualidade e à quantidade das águas.

Existem diversos fatores que afetam o ciclo hidrológico em consequência do processo de urbanização, tais como: retirada de vegetação, impermeabilização do solo (pavimentação e moradias), alterações na topografia do terreno, deposição irregular de resíduos e canalização dos canais fluviais. As alterações no ciclo da água acarretam em danos e prejuízos à população, geram inundações, modificam o escoamento superficial e subsuperficial, podendo desencadear ou aumentar a erosão e o assoreamento de rios urbanos (REIS; SCHMIDT, 2014). Esses problemas, resultados do avanço urbano que modificam o ciclo hidrológico, estão relacionados à forma de ocupação do solo. A falta de planejamento adequado durante a implantação das cidades faz com que elas cresçam de forma desordenada e com irregularidades, causando ainda mais impactos no ciclo da água. Por isso, é necessário que haja um bom planejamento urbano para que o solo seja ocupado e usado de modo sustentável.

A cidade de Patrocínio, localizada no estado de Minas Gerais, apresentou um crescimento urbano desordenado e sem planejamento nos últimos anos e, para sua construção e desenvolvimento, córregos foram canalizados e áreas verdes foram impermeabilizadas, o que implicou em alterações nas condições do ciclo hidrológico, devido às modificações do uso do solo, que geram mudanças nos processos desse ciclo (escoamento superficial, infiltração, evapotranspiração, interceptação e precipitação). Por esse motivo, surge a necessidade de se realizar um estudo para avaliar a relação entre a urbanização e as possíveis mudanças em componentes do ciclo hidrológico no referido município.

Assim, esse estudo é justificado pela relevância do conhecimento a respeito dos possíveis impactos sobre o ciclo hidrológico, decorrentes da evolução da urbanização e devido à enorme importância do bom funcionamento do ciclo da água para a manutenção da vida na Terra. Conhecer as consequências do avanço urbano sobre o ciclo hidrológico, mesmo em pequenas cidades, pode contribuir para a implantação de medidas que minimizem os impactos, sempre buscando o equilíbrio do ciclo da água e também auxiliar na prevenção de problemas futuros, derivados do desenvolvimento e crescimento das cidades.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho foi avaliar as alterações do ciclo hidrológico, principalmente nos processos de infiltração e drenagem, no município de Patrocínio (MG) e sua relação com o processo de crescimento urbano.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral, foram realizados objetivos específicos, descritos a seguir:

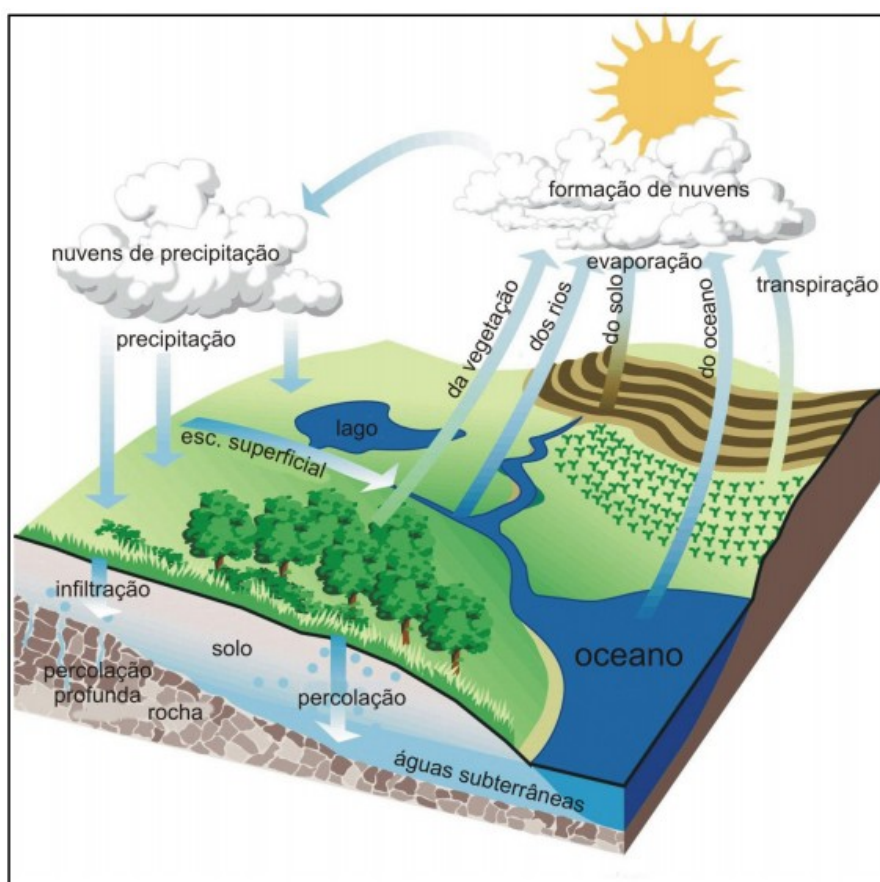
- Utilização de indicadores de sustentabilidade na avaliação dos efeitos da urbanização que geram impactos no ciclo hidrológico;
- Levantamento dos impactos consolidados sobre alguns aspectos do ciclo hidrológico provocados pela urbanização na cidade de Patrocínio.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. O CICLO HIDROLÓGICO

O Ciclo Hidrológico (Figura 1) é um fenômeno global de circulação fechada e se constitui de uma sucessão de processos na natureza pelos quais a água inicia o seu percurso indo de um estágio inicial até retornar à posição primitiva ao longo desse ciclo; neste ciclo, a água está sempre em transição entre os diferentes estados físicos (sólido, líquido e gasoso) e lugares (MIRANDA; OLIVEIRA; SILVA, 2011).

Figura 1: Esquema do ciclo hidrológico



Fonte: DA PAZ, 2004, p.7.

O fator que impulsiona o ciclo hidrológico é a insolação, que origina a força dos ventos, que tem o papel de conduzir vapor d'água para os continentes, e a força da gravidade responsável pelos fenômenos da precipitação, da infiltração e do deslocamento das massas de água. Os principais componentes do ciclo hidrológico são a evapotranspiração, a precipitação, a interceptação, a infiltração e a drenagem (TUNDISI, 2003).

O aquecimento da Terra pelos raios solares possibilita que a água, em estado líquido ou sólido, se transforme em vapor atmosférico, esse fenômeno é denominado como evapotranspiração, sendo constituído de dois processos: a evaporação (fenômenos físicos) e a transpiração (processo fisiológico) (MIRANDA; OLIVEIRA; SILVA, 2011).

O vapor d'água sobe até se agrupar na atmosfera formando nuvens, que começam a saturar, com isso a água retorna a superfície através da precipitação, que pode ser na forma de chuva, neve, ou granizo (SERRETI; MARTINS; ALVES, 2015).

Entretanto, antes de atingir a superfície, uma parte pode ser retida pela vegetação, fenômeno chamado de interceptação, podendo sofrer evaporação ou atingir o solo, mediante ao escoamento do tronco ou queda da copa das árvores (COELHO NETTO, 1995).

Quando a água chega à superfície uma porção se infiltra, abastecendo os lençóis freáticos e aquíferos, por meio da percolação e do escoamento subsuperficial, e outra parte escoar sobre a superfície através da rede de drenagem, alcançando os cursos d'água (FRITZEN; BINDA, 2011).

O ciclo hidrológico ocorre em condições naturais, porém é importante ressaltar que o intenso processo de urbanização desordenada acarreta problemas para esse ciclo. Segundo Tucci (2003), o ciclo hidrológico natural é composto por diferentes processos físicos, químicos e biológicos; quando o ser humano passa a fazer parte desse sistema e se concentra no espaço, produz alterações que modificam negativamente este ciclo, gerando impactos significativos, várias vezes de forma irreversível, no próprio homem e na natureza.

3.2. O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

A população mundial apresentou um intenso crescimento urbano, principalmente, a partir da segunda metade do século XX. Esse crescente processo de urbanização aconteceu devido a uma grande tendência da população mundial em buscar nas cidades uma melhor qualidade de vida. Esse fato também pode ser verificado no Brasil, onde houve políticas desenvolvimentistas, em 1950, com grande investimento em indústrias, estimulando assim o êxodo rural, que ocorre até hoje no país. Segundo o censo demográfico 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), estima-se que a taxa de urbanização no Brasil corresponde a 84,36 % (IBGE, 2010).

Segundo Tucci (2010, p.114), “a urbanização é um processo de desenvolvimento econômico e social resultado da transformação de uma economia rural para uma economia de serviços concentrada em áreas urbanas”.

O surgimento das cidades, ao longo do tempo, sempre apresentou certa relação com a presença de corpos d’água, desde quando, os primeiros grupos de homens começaram a abandonar a vida nômade para se estabelecerem em lugares fixos. Isso acontece, porque a proximidade com os recursos hídricos favorece a criação de aglomerações, pois a água fica disponível para ser utilizada no consumo, nas atividades agrícolas, na higiene, na possibilidade de navegação, dentre outros usos. Contudo, essa necessidade das populações de se fixarem próximas a cursos d’água acarretou no aumento da urbanização das partes mais baixas, ou seja, nas áreas de várzeas, córregos e rios (MORAES, 2011).

É relevante destacar que o processo de urbanização, delineado na intervenção antrópica sem os devidos planejamentos e gestão da bacia em ocupação, traz grandes complicações para a questão de águas urbanas e aos usos e ocupações dos solos urbanos (FRITZEN; BINDA, 2011).

3.3. IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NOS RECURSOS HÍDRICOS

O desenvolvimento das cidades, frequentemente, está relacionado à substituição de ambientes naturais ou seminaturais por ambientes construídos, com o direcionamento das águas pluviais e dos esgotos para os corpos d’água adjacentes aos canais de drenagem (HAUGHTON; HUNTER, 1994 apud BENINI; MEDIONDO, 2015). Como consequência, o balanço hídrico é afetado, as superfícies, que antes eram superfícies naturais, tornam-se impermeáveis e impedem a infiltração de água no solo, gerando o aumento do fluxo de águas superficiais e a redução da recarga dos aquíferos.

A urbanização de forma desordenada, sem planejamento de ocupação, impacta gravemente no ciclo hidrológico, por ocasionar alterações na drenagem, aumentando a possibilidade de ocorrência de enchentes e deslizamentos, conferindo riscos à saúde e à vida humana (BENINI; MEDIONDO, 2015).

Para Mota (2003 apud SANTOS JÚNIOR; SANTOS, 2014), o ciclo hidrológico pode sofrer possíveis alterações em consequência do processo de urbanização, como, diminuição da evapotranspiração, devido à retirada da vegetação, aumento da precipitação, pois as

atividades humanas nas áreas urbanas produzem maior número de núcleos de condensação. A impermeabilização e compactação do solo ocasionam a diminuição da infiltração da água e o aumento do escoamento superficial, consequentemente, provocam maior erosão do solo e aumento do processo de assoreamento, também geram mudanças no nível do lençol freático, podendo ocorrer redução ou esgotamento deste. Outros problemas são o aumento da ocorrência de enchentes e a poluição das águas superficiais e subterrâneas. O quadro 1 apresenta os principais impactos (potenciais) da urbanização no ciclo hidrológico.

Quadro 1: Processos decorrentes da urbanização e seus possíveis impactos

Causas	Possíveis Impactos
Impermeabilização do Solo (desmatamento, construção de casas e edifícios e pavimentação de ruas)	Alteração do clima urbano
	Diminuição da evapotranspiração
	Maiores picos de vazões, contribuindo para a ocorrência de enchentes
	Aumento do escoamento superficial o que intensifica a erosão do solo e o assoreamento de corpos d'água
	Redução da infiltração, diminuindo o abastecimento do lençol freático
Redes de drenagem (canalização de rios e da água pluvial)	Maiores picos a jusante
	Aumento da velocidade dos cursos d'água
	Eliminam a mata ciliar
Resíduos sólidos urbanos	Entupimento de galerias, obstrução de bueiros e bocas de lobo
	Degradação da qualidade das águas
Redes de esgoto sanitários deficientes	Degradação da qualidade das águas
Ocupação das várzeas e fundos de vale	Maiores picos de vazão
	Maiores prejuízos financeiros

Fonte: adaptado de Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2006).

Alguns estudos apontam para a constatação destes impactos decorrentes da urbanização. Em Belo Horizonte/MG, a partir da década de 1970, a intensificação no processo de urbanização, aliado às altas declividades presente nessa cidade, acarretaram processos erosivos, tendo como consequências diretas o alto volume de sedimentos e resíduos sólidos nos rios (FONSECA; NASCIMENTO; LONGO, 2006). Já em Curitiba/PR, a impermeabilização do solo, devido ao processo de urbanização, tem ocasionado enchentes, gerando prejuízos frequentes a população que ocupa o leito maior dos rios, e impactos localizados sobre a drenagem (FONSECA; NASCIMENTO; LONGO, 2006).

No caso de Piracicaba/SP, a implantação de vários loteamentos na bacia do ribeirão Piracicamirim vem ocasionando um acréscimo significativo nas áreas impermeabilizadas dentro da bacia. Este comportamento está em contraposição à situação existente, onde há áreas naturais ou de cultivo, mudando o tipo de ocupação do solo, devido à pressão da expansão urbana. Esse aumento da taxa de impermeabilização, por conta do loteamento, acarreta em sérios problemas de enchente e inundações, havendo a necessidade de melhorar o sistema de drenagem (BENEDITO, 2014).

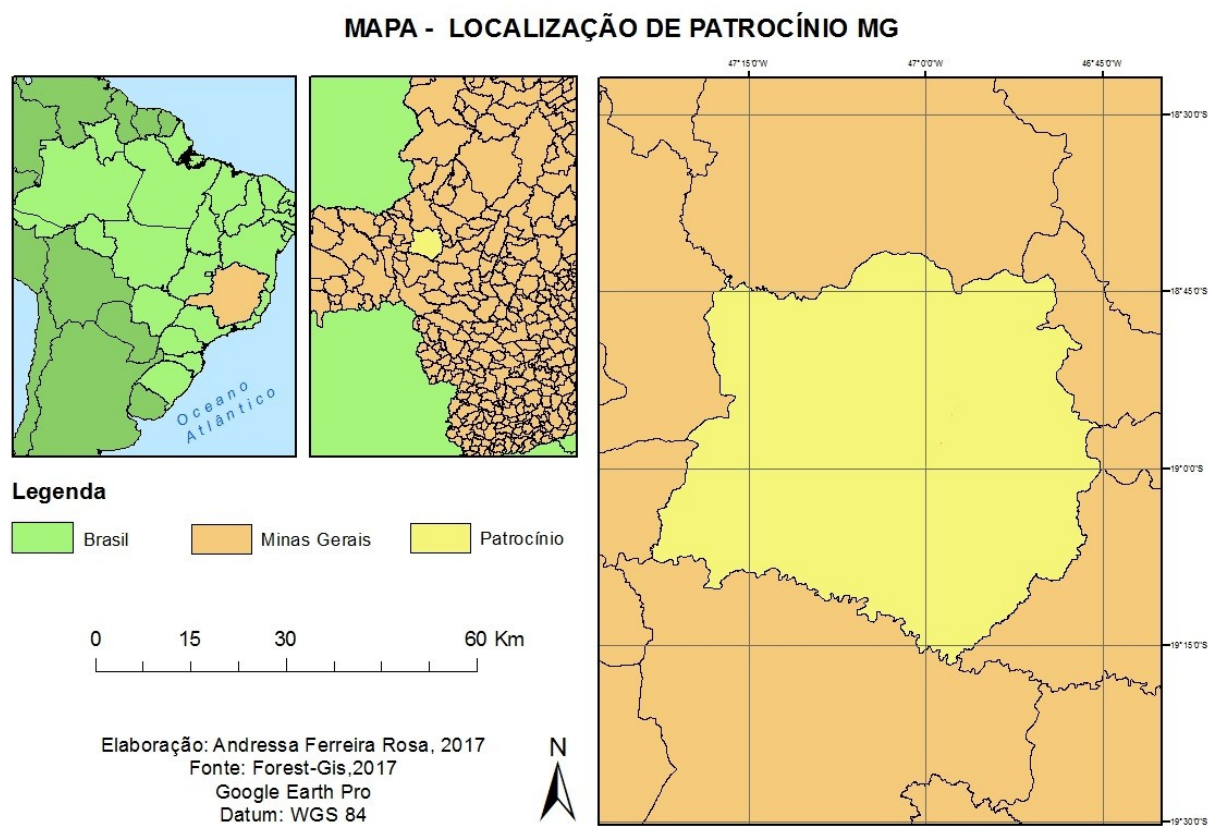
Os grandes problemas ambientais causados pela ação humana, como os decorrentes da urbanização, levam a uma necessidade de se melhorar as pesquisas na área ambiental em todo o mundo. Já é possível constatar um aumento na quantidade e na qualidade das análises em retorno à preocupação com a degradação da natureza propiciada pela atuação antrópica. Cada vez mais se associam diversas ciências com um só objetivo: minimizar o impacto do homem sobre o meio (CUNHA; GUERRA, 1995).

4. METODOLOGIA

4.1. ÁREA DE ESTUDO

Patrocínio está localizado no estado de Minas Gerais (figura 2), na região conhecida como Triângulo Mineiro e a sede municipal apresenta coordenadas geográficas 18°57'09'' de latitude sul (S) e 46°59'43'' de longitude oeste (O). De acordo com o Censo realizado em 2010, a estimativa da população em Patrocínio, em 2015, foi de 88.648 habitantes, sendo que, cerca de 88% corresponde a população urbana. Sua área territorial é de 2874 km² marcada por uma densidade demográfica de 28,69 hab/km² (IBGE, 2010).

Figura 2: Mapa de localização de Patrocínio, MG.



Fonte: autora, 2017

O bioma de Patrocínio é o cerrado caracterizado por árvores de pequeno e médio porte que apresentam bastante tortuosidade. O município possui uma altitude média de 970 m, exibe uma geomorfologia de relevo plano a suave ondulado e predominância de Latossolos, o clima pela classificação de Köppen é Cwa (Tropical em altitudes elevadas, sendo úmido-quente no verão e seco-frio no inverno), com ocorrência de relevante déficit hídrico de maio a setembro (VOLPATO et al., 2009).

O Município de Patrocínio está inserido na Bacia do Rio Paranaíba, estando localizado no divisor de águas entre as sub-bacias hidrográficas dos afluentes Mineiros do Alto Paranaíba (PN1) e do Rio Araguari (PN2) (IGAM, 2010). A área urbana, atualmente, ocupa três sub-bacias: Congonhas (PN2), Dourados (PN1) e Rangel (PN2) (PMSB, 2016b).

A história de Patrocínio começou em 1772 quando o Conde de Valadares ordenou ao capitão Inácio de Oliveira Campos que se estabelecesse na fazenda Brumado dos Pavões, para abastecimento dos viajantes que transitavam de Minas Gerais para Goiás. A boa pastagem e as águas salitricizadas atraíram fazendeiros. Em 1842, foi elevado à categoria de município,

desmembrando-se de Araxá (IBGE, 2010). Ao longo do tempo, a cidade foi se desenvolvendo, principalmente nos últimos quarenta anos, no momento em que a regionalização do desenvolvimento econômico foi muito destacada. Esse desenvolvimento foi devido, principalmente, à valorização do cerrado e o consequente salto dado pela agricultura regional, aumentando os investimentos públicos e privados e atraindo pessoas de diferentes regiões. O processo de urbanização também foi impulsionado pela modernização das atividades do campo, ocasionando o êxodo rural, e pela busca de melhores condições de vida na cidade (BESE, 2007).

4.2. MÉTODOS

Nesta etapa, primeiramente, foi realizada uma revisão da literatura em sites, publicações e artigos científicos para avaliar como a urbanização tem interferido no ciclo hidrológico em outras localidades. E também, para identificar os principais impactos que ocorrem devido ao crescimento das áreas urbanas, possibilitando fazer observações da ocorrência desses impactos na cidade de Patrocínio.

Para observar os problemas causados pelo processo de urbanização desordenado foi feita uma avaliação da distribuição do uso da terra, para verificar o grau de impermeabilização do município e, também foi analisado o sistema de drenagem da cidade de Patrocínio, bem como sua eficiência durante o período de chuvas, possibilitando ressaltar as áreas suscetíveis a inundações. Também se observou a limpeza urbana, importante no bom funcionamento do sistema de drenagem, e o esgotamento sanitário que influenciam na qualidade da água. Essas avaliações foram feitas através de indicadores, elaborados com base em Silva, Pinheiro e Lopes (2013), com o objetivo de examinar se a cidade se comporta de forma sustentável, buscando não acarretar em modificações do ciclo hidrológico da região.

Não foram utilizados, neste trabalho, todos os indicadores elaborados por Silva Pinheiro e Lopes (2003), uma vez que alguns indicadores não foram avaliados por indisponibilidade de dados. Assim os indicadores porcentagem de lotes que possui a taxa de permeabilidade de acordo com a legislação do município; existência de cursos d'água canalizados; frequência de limpeza do sistema de drenagem; e todos os indicadores do fator esgotamento sanitário foram criados e acrescentados na avaliação, para complementar este estudo.

A análise dos indicadores foi realizada através de visitas de campo a área de estudo, entrevistas, consulta aos dados do município, principalmente o Plano Municipal de Saneamento Básico de Patrocínio (PMSB), e observações de imagens e vídeos disponibilizados pela imprensa local. Os indicadores estão dispostos na tabela 1.

A tabela apresenta a definição de valores mínimos e máximos para as variáveis que compõe cada indicador, atribuídos de acordo com uma ordem hierárquica do nível mais alto para o mais baixo. O valor 0 (zero) representa a situação de impacto negativo ao meio avaliado. Já o valor 5 (cinco) é atribuído a variável que representa a situação ótima ou ideal. Sendo ainda que, em alguns indicadores, existem condições intermediárias de avaliação onde os valores estão entre 0 e 5 (SILVA; PINHEIRO; LOPES, 2013).

Assim sendo, com o auxílio dos indicadores foi possível calcular a tendência de sustentabilidade de Patrocínio, e também, realizar o levantamento dos impactos consolidados sobre o ciclo hidrológico, provocados pela urbanização, na cidade de Patrocínio, por meio da comparação entre o que foi encontrado na literatura e o que foi levantado em Patrocínio a partir da aplicação dos indicadores de sustentabilidade.

Tabela 1: Indicadores de sustentabilidade para avaliação dos impactos causados no ciclo hidrológico devido à urbanização (continua)

Fator	Indicadores	Avaliação	Peso	Método
Impermeabilização do solo	Porcentagem de lotes que possui a taxa de permeabilidade de acordo com a legislação do município	100% possui	5	Entrevista com a Prefeitura
		Entre 50% e 90%	4	
		Inferior a 50%	3	
		Nenhum lote possui a taxa de permeabilidade exigida pela legislação	0	
	Porcentagem dos lotes que possuem dispositivos de armazenamento e infiltração para água pluvial	100% possui	5	Entrevista com a Prefeitura
		Entre 50% e 90%	4	
		Inferior a 50%	3	
		Nenhum lote possui dispositivos para armazenamento da água pluvial	0	
	Porcentagem dos lotes que possuem dispositivos de captação e reuso de água pluvial	100% possui	5	Entrevista com a Prefeitura
		Entre 50% e 90%	4	
		Inferior a 50%	3	
		Nenhum lote possui dispositivos para armazenamento da água pluvial	0	

Tabela 1: Indicadores de sustentabilidade para avaliação dos impactos causados no ciclo hidrológico devido à urbanização (continuação)

Fator	Indicadores	Avaliação	Peso	Método
Sistema de Drenagem Urbana	Existência de cursos d'água canalizados	Não há cursos d'água canalizados	5	PMSB
		Há cursos d'água canalizados	0	
	Condições físicas dos equipamentos de drenagem.	Equipamentos em boas condições, de fácil acesso, remoção e manutenção	5	PMSB
		Equipamentos em más condições, de difícil acesso, remoção e manutenção	0	
	Manutenção do sistema de drenagem urbana	Há manutenções regulares	5	PMSB
		Há manutenções apenas após eventos críticos	4	
		Manutenção deficiente e com dispositivos construídos erroneamente	3	
		Não há manutenções	0	
Drenagem no período de chuvas	Ocorrência de alagamentos e inundações	Não ocorrem alagamentos	5	Observações
		Ocorrem alagamentos em eventos chuvosos muito intensos	3	
		Sempre ocorrem alagamentos quando há precipitação pluvial	0	
	Possível interferência do escoamento pluvial no trânsito de veículos	Não há interferência	5	Observações
		Há interferência	0	
	Possível interferência do escoamento pluvial no movimento de pedestres	Não há interferência	5	Observações
		Há interferência	0	

Tabela 1: Indicadores de sustentabilidade para avaliação dos impactos causados no ciclo hidrológico devido à urbanização (continuação)

Fator	Indicadores	Avaliação	Peso	Método
Drenagem no período de chuvas	Possível erosão na pavimentação e nos acessos ocasionada por escoamento pluvial	Não há evidências de processos erosivos ocasionados pelo escoamento das águas pluviais	5	Visitas a campo
		Há evidências de processos erosivos ocasionados pelo escoamento das águas pluviais	0	
Limpeza Urbana	Frequência da varrição dos passeios públicos	Diária	5	PMSB
		3 vezes por semana	4	
		Semanal	3	
		Não há	0	
	Frequência da Coleta de Lixo	Diária	5	Entrevista com a Prefeitura
		3 vezes por semana	4	
		Semanal	3	
		Não há	0	
	Disposição de resíduos sólidos nas vias públicas	Não há descarte de resíduos sólidos nas vias públicas	5	Visitas a campo
		Há descarte de resíduos sólidos nas vias públicas	0	
	Frequência na limpeza do sistema de drenagem	Semanal	5	PMSB
		Mensal	3	
		Não há cronograma	0	

Tabela 1: Indicadores de sustentabilidade para avaliação dos impactos causados no ciclo hidrológico devido à urbanização (continuação)

Fator	Indicadores	Avaliação	Peso	Método
Esgotamento sanitário	Porcentagem da população atendida pelo sistema de tratamento de esgoto	100% possui	5	PMSB
		Entre 50% e 90%	4	
		Inferior a 50%	3	
		Não há sistema de tratamento de esgoto	0	
	Eficiência do tratamento do esgoto	Acima de 60% (exigido pela COPAM)	5	
		Abaixo de 60%	0	
	Ocorrência de lançamento de esgoto bruto nos corpos d'água	Não há lançamento de esgoto bruto nos corpos d'água	5	
		Há lançamento de esgoto bruto nos corpos d'água	0	
Máxima pontuação			85	

5. RESULTADOS

Os resultados obtidos, através da avaliação dos indicadores de sustentabilidade, estão apresentados em duas etapas. Primeiramente, cada fator da Tabela 1 foi colocado em um subtópico, para ser analisado separadamente. E por último, há uma avaliação final com todos os indicadores para apresentar, de forma mais sintética, quais os impactos já ocorrem em Patrocínio.

5.1. IMPERMEABILIZAÇÃO DOS SOLOS

A impermeabilização do solo gera grandes impactos no ciclo hidrológico natural, pois diminui a evapotranspiração, devido ao desmatamento, e aumenta o escoamento superficial, o que intensifica processos de erosão e assoreamento de corpos d'água e diminui a infiltração. E como descrito por Tucci (2003), a redução das taxas de infiltração resulta no decréscimo no nível dos reservatórios subsuperficiais e na quantidade de água armazenada no solo, devido ao fato de grande parte da água escoar superficialmente.

Utilizando imagens de satélite disponíveis no programa Google Earth foi possível calcular a área urbana de Patrocínio, no programa Earth Point. Patrocínio, atualmente, possui 21 km² de área edificada, o que corresponde a 0,73% do seu território, ou seja, ainda possui uma extensa área com solo permeável, localizada na parte rural. Porém, a área urbana encontra-se com um elevado grau de impermeabilização, devido à pavimentação das ruas, o calçamento de passeios, e também, a construção de casas e edifícios. Dessa forma, o processo de infiltração da água no solo fica prejudicado.

Em estudos realizados por Dos Santos Targa et al. (2012), em Belém do Pará na bacia do Igarapé do Tucunduba, evidenciou-se que o aumento da urbanização provoca a redução da infiltração potencial, e devido a isso, ocorre o aumento do volume do escoamento superficial.

A construção de dispositivos de armazenamento e infiltração para água pluvial e dispositivos de captação e reuso de água pluvial, nos lotes da cidade, bem como, uma porção de área permeável nos terrenos contribuem na redução do escoamento superficial. Porém, na Secretaria de Obras de Patrocínio não há registros com a porcentagem de lotes que possuem tais dispositivos. No entanto, de acordo com o Artigo 31 da Proposição de Lei Complementar

Nº 130/2014 que dispõe sobre o Plano Diretor Participativo de Patrocínio (PATROCÍNIO, 2014b),

I - as novas edificações residenciais multifamiliares, comerciais, de uso misto, industrial ou institucional, deverão de dispor, obrigatoriamente, de:

a) sistema de captação e reutilização de águas pluviais;

(...)

d) área livre permeável, de no mínimo 10% (dez por cento) da área do lote, como forma de aumentar a capacidade de recarga do aquífero subterrâneo e para atenuar os problemas da drenagem urbana.

A taxa mínima de permeabilidade (TP) é classificada de acordo com o zoneamento, uso e ocupação do solo de Patrocínio, dispostos na Lei Complementar Nº 132/2014, apresentado na tabela 2.

Tabela 2: Porcentagem da Taxa de Permeabilidade de acordo com o Zoneamento de Patrocínio

Zonas	TP (%)
Zonas Residenciais (ZR)	10%
Zona Comercial e Serviços (ZCS),	10%
Zona Mista (ZM)	10%
Zona Industrial (ZI);	30%
Zona de Interesse Histórico ou Cultural (ZIHC)	10%
Zona de Contenção Urbana (ZCU);	20%
Zona de Preservação Verde (ZPV);	70%

Fonte: PATROCÍNIO, 2014a, p. 48 e 49.

Dessa forma, as edificações que se encontram dentro da legislação, contribuem para o aumento da absorção das águas pluviais, elevando a taxa de infiltração do solo e reduzindo o escoamento do sistema de drenagem urbano. No entanto, não foi possível o levantamento de dados que comprovassem o (des) cumprimento da diretriz legal, sendo este indicador, apesar de aqui discutido, não aplicado.

Para finalizar os comentários sobre a impermeabilização do solo, segundo estudo realizado por Silva e Assunção (2015), o avanço da cidade de Patrocínio revela que a inserção de novas áreas urbanizadas resulta no aumento da impermeabilização do solo, bem como, dos problemas relativos à erosão, contaminação do solo e mananciais, além dos eventos de cheia urbana.

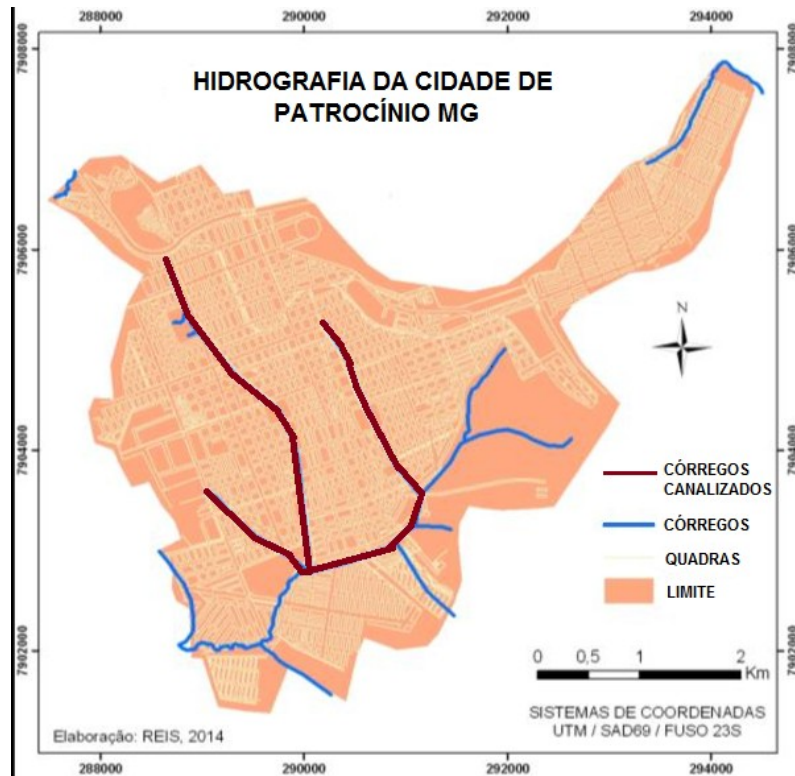
5.2. SISTEMA DE DRENAGEM URBANO

A canalização de rios e córregos e da água pluvial interfere, principalmente, no escoamento superficial do ciclo hidrológico, pois aumenta a velocidade dos cursos d'água e o pico a jusante, promovendo processos erosivos. Também contribui para a diminuição da infiltração por eliminar a mata ciliar e favorecer a ocupação de áreas que seriam consideradas Áreas de Preservação Permanente em leitos naturais.

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2016b), Patrocínio cresceu sem um Planejamento Integrado, sem o devido acompanhamento da implantação do sistema de microdrenagem. Dessa forma, ocorreu a ocupação de muitas áreas propensas à inundação. Na cidade, não há cadastro e detalhamento da rede de microdrenagem, e esta, se encontra em boa parte comprometida por se tratar de um sistema antigo, grande parte realizado a mais de 20 anos, sem projetos adequados, elaborados sem considerar a real situação hidrológica da bacia. E também, não há equipe e cronograma específicos para manutenção, limpeza e reparos no sistema de drenagem.

A área urbana de Patrocínio, atualmente, ocupa três sub-bacias: Congonhas, Dourados, e Rangel, sendo esta última a que ocupa a maior área da cidade. O Córrego Congonhas e o Córrego das Bombas, ainda estão em situação natural. Já o Córrego Rangel e seus afluentes apresentam partes de canal fechado e aberto, e leito natural. A figura 3 apresenta os cursos d'água presentes na área urbana de Patrocínio, sendo que, eles compõem a macrodrenagem da cidade (PMSB, 2016b).

Figura 3: Hidrografia urbana de Patrocínio, MG



Fonte: adaptado, REIS; SCHMIDT; COSTA, 2014.

O leito do córrego Rangel tem apresentado um processo de erosão significativo em seu percurso natural, localizado após o término da sua parte canalizada (figura 4). Essa erosão é um indicativo do aumento da velocidade do escoamento e do pico a jusante, como consequências da impermeabilização do solo e da canalização e retificação de parte do córrego (figura 5) e de grande parte de seus afluentes.

Figura 4: Processo de erosão e assoreamento no Córrego Rangel a jusante da canalização.



Fonte: autora, 2017.

Figura 5: Canal aberto Córrego Rangel



Fonte: autora, 2017.

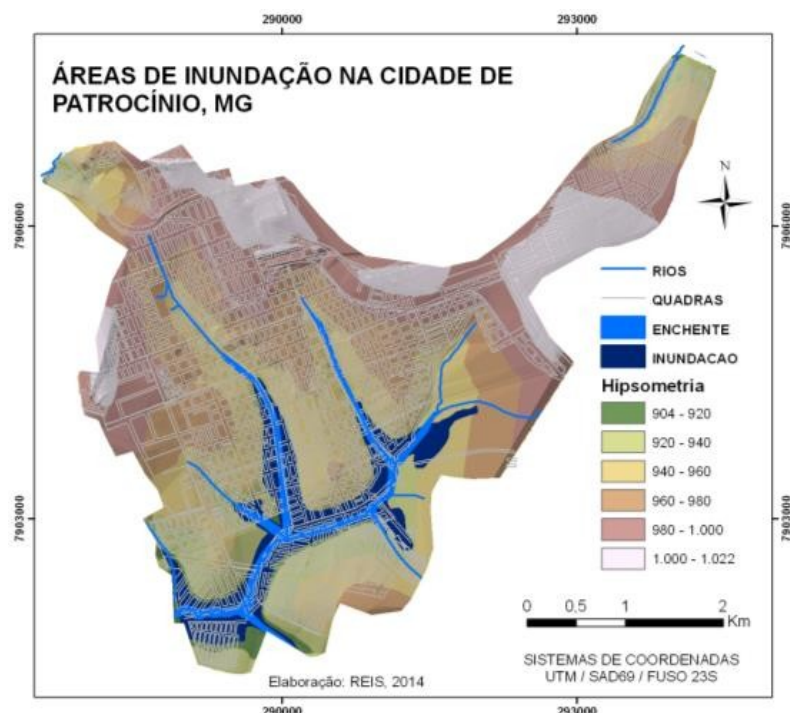
Assim, os indicadores relacionados ao sistema de drenagem urbana foram classificados da seguinte maneira: o indicador “Existência de cursos d’água canalizados” com nota 0 (zero) por apresentar cursos d’água canalizados; o indicador “Condições físicas dos equipamentos de drenagem” com nota 0 (zero) pelos equipamentos estarem em más condições, de difícil acesso, remoção e manutenção; e, por fim, o indicador “Manutenção do sistema de drenagem urbana” recebeu a nota 3 (três) por ser deficiente e com dispositivos construídos erroneamente.

5.3. DRENAGEM DURANTE O PERÍODO DE CHUVAS

A água das chuvas deve ser bem drenada das cidades através de sistemas eficientes de drenagem, para garantir que a velocidade do escoamento seja mantida. Porém, se esses sistemas não funcionam de forma eficaz a água pode ficar na superfície, gerando problemas como inundações e erosões da pavimentação das vias, que indicam um aumento na velocidade do escoamento superficial.

Em Patrocínio, observa-se que em precipitações mais intensas há a ocorrência de alagamentos e inundações em vários locais, principalmente, nas Avenidas João Alves do Nascimento, Altino Guimarães e Dom José André Coimbra, onde estão localizados afluentes do Córrego Rangel, atualmente canalizados, e na Avenida José Amando Queiroz, onde está o Córrego Rangel canalizado a céu aberto, estas são as regiões mais baixas da cidade, consequentemente, as mais propensas a inundações (figura 6).

Figura 6: Áreas susceptíveis a inundações em Patrocínio – MG.



Fonte: REIS; SCHMIDT; COSTA, 2014.

Durante os alagamentos, o escoamento pluvial interfere no movimento de pedestres e no trânsito de veículos. Como é possível notar na figura 7.

Figura 7 (a e b): Alagamentos em Patrocínio – MG.



Fonte: Patrocínio Online, 2016 e 2017.

Durante o período de chuvas, percebem-se a ocorrência de diversas cavidades na pavimentação em várias regiões da cidade, algumas inclusive com certo grau de erosão (Figura 8). Isso aponta para dois problemas, um revestimento asfáltico insatisfatório e um sistema de drenagem ineficiente, em que a água não é bem drenada, ocasionando grandes enxurradas com alta velocidade.

Figura 8 (a, b, c): Cavidades na pavimentação em Patrocínio, MG.



Fonte: autora, 2017.

Assim, os indicadores relacionados à drenagem no período de chuvas foram classificados da seguinte maneira: o indicador “Ocorrência de alagamentos e inundações” com nota 3 (três) por ocorrerem em eventos chuvosos muito intensos; os indicadores “Possível interferência do escoamento pluvial no trânsito de veículos” e “Possível interferência do escoamento pluvial no movimento de pedestres” com nota 0 (zero) por haver interferência; e o indicador “Possível erosão na pavimentação e nos acessos ocasionada por escoamento pluvial” recebeu a nota 0 (zero) por existirem evidências de processos erosivos ocasionados pelo escoamento das águas pluviais.

5.4. LIMPEZA URBANA

A presença de resíduos sólidos dispersos nas vias e logradouros públicos compromete o sistema de drenagem pluvial, pois, durante períodos de chuva esses resíduos são levados pelas enxurradas podendo ficar presos nas bocas de lobo e bueiros de drenagem, causando o entupimento dos mesmos e aumentando a possibilidade de ocorrer alagamentos. Além disso, os resíduos podem ser levados para corpos hídricos, acarretando na sua contaminação. Dessa forma, é de grande importância manter a cidade limpa, e os serviços de coleta de lixo, varrição de vias, capina e desobstrução de bueiros, uma vez que contribuem na limpeza.

Em Patrocínio, a administração pública é encarregada de gerenciar o serviço de varrição de vias e passeios públicos, sendo este realizado diariamente em trechos específicos, por equipes que possuem rotas definidas. Em locais com maior tráfego de pessoas e veículos, o serviço de varrição é exercido com maior frequência, porque nestas regiões é produzida maior quantidade de resíduos, como é o caso da porção central da sede do município (PMSB, 2016a).

A coleta de resíduos domiciliar e comercial, também é comandada pela administração pública. De acordo com a Secretaria de Obras de Patrocínio, a coleta é executada de segunda a sábado na maior parte dos bairros e apenas três vezes por semana nos demais.

Em Patrocínio, há equipes específicas para a execução da capina pública, que também é administrada pela prefeitura. A técnica empregada é simples, com o uso de ferramentas agrícolas como enxadas, foices, rastelos, etc. Essas equipes também possuem equipamentos de coletas de resíduos. Porém, esse serviço não está sendo realizado de forma eficiente na cidade, dado que, muitas vias demandam desse serviço em grande parte do ano (PMSB, 2016a).

A tabela 3 apresenta uma pesquisa realizada, em 2016, para a elaboração do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Patrocínio (PGIRS) que mostra uma relação entre a porcentagem de área urbana e a situação dos serviços de limpeza urbana.

Tabela 3: Situação dos serviços de limpeza urbana x áreas urbanas

	Serviço de Coleta de Resíduos Domiciliares e Comerciais X Bairros	Serviço de Varrição de Vias e Logradouros Públicos X Regiões	Serviço de Capina Urbana X Bairros
Limpo	42,61%	16,49%	6,51%
Razoável	42,50%	64,62%	44,83%
Crítico	10,67%	14,67%	44,44%
Não possui	4,22%	4,22%	4,22%

Fonte: PMSB, 2016a

Através da tabela 3, observa-se que a situação encontrada, pelas equipes técnicas de campo responsáveis pela elaboração do Diagnóstico do PGIRS de Patrocínio, em relação aos serviços de capina pública, indicam regiões com a situação razoável ou crítica. Já em referência ao serviço de coleta de resíduos domiciliares e comerciais, foi considerado limpo

ou razoável na maioria das regiões. E os serviços de varrição de vias e logradouros públicos foram classificados na maioria das vias urbanas da sede como limpas ou razoáveis.

Para complementar os serviços de limpeza pública, também é importante realizar frequentemente a limpeza da rede de drenagem pluvial (limpeza de bocas de lobo e postos de visita). Em Patrocínio, essa atividade possui uma equipe composta por 01 encarregado e 01 funcionário de serviços gerais. Porém, a limpeza é executada sem uma programação específica de abrangência anual (PMSB, 2016a).

Ainda no que diz respeito à limpeza urbana, observa-se a presença de resíduos dispersos nas vias e passeios da cidade, bem como, próximos ao leito do córrego Rangel (Figura 9). A falta de conscientização dos moradores favorece o depósito de lixo em locais inapropriados. E há um aumento na incidência de resíduos, em locais com menor frequência de varrição e onde há mato nas sarjetas, pois o mato dificulta o trabalho das equipes de varrição. Problemas na coleta de resíduos, como a forma de armazenamento e deposição do lixo, atuação das equipes de coleta e animais soltos, também contribuem para a disposição de resíduos sólidos nas vias e passeios públicos. Além desses resíduos dispersos, ainda existe montes de resíduos de origens e características diversas em alguns pontos da cidade (figura 10).

Figura 9 (a, b): Resíduos dispersos na cidade de Patrocínio.



Fonte: autora, 2017

Figura10: Montes de resíduos no Bairro Jardim Sul em Patrocínio, MG.



Fonte: autora, 2017.

Para resolver esse problema, é necessário realizar trabalhos de Educação Ambiental para a conscientização dos moradores da importância da destinação correta dos resíduos. E também, aumentar a eficiência dos serviços de coleta e varrição de resíduos e de capina pública.

Deste modo, os indicadores relacionados à limpeza urbana receberam as avaliações: os indicadores “Frequência da varrição dos passeios públicos” e “Frequência da Coleta de Lixo” com nota 5 (cinco) por terem frequência diária; o indicador “Disposição de resíduos sólidos nas vias públicas” com nota 0 (zero) por ocorrerem descarte de resíduos sólidos nas vias públicas; e o indicador “Frequência na limpeza do sistema de drenagem” recebeu a nota 0 (zero), pois não há um cronograma.

5.5. ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A qualidade da água do ciclo hidrológico é resultante de fenômenos naturais e da ação do homem. Com a formação das cidades surge à necessidade de criar sistemas de coleta e tratamento de esgoto bruto, que após tratado é lançado em corpos d’água, evitando a contaminação da água.

Segundo dados do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2016b), o município de Patrocínio possui sistema de esgotamento sanitário, abrangendo 88% da população. A sede do município é atendida com 100% de rede coletora, e 99% passa por tratamento em estação de tratamento de esgoto (ETE). Sendo duas ETE na área urbana, a ETE

Rangel, responsável pelo tratamento do esgoto gerado na bacia urbana do Córrego Rangel e a ETE Serra Negra, responsável pelo tratamento dos esgotos gerados nos bairros Serra Negra, Jardim Europa e Nações.

Após todo o processo de tratamento, a água é lançada ao Córrego Rangel, com o índice de eficiência superior a 80%, para parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), acima do exigido pelo COPAM, que é de 60%. Porém, quando ocorre manutenção na ETE do Córrego Rangel há lançamento de esgoto *in natura* no córrego. Também ocorre em Patrocínio lançamentos clandestinos de esgotos na rede pluvial e algumas comunidades rurais ainda não possuem tratamento de esgoto, havendo lançamento *in natura* nos cursos d'água, o que prejudica o processo de autodepuração natural do rio (PMSB, 2016b).

Neste contexto, relacionando-se ao esgotamento sanitário, o indicador “Porcentagem da população atendida pelo sistema de tratamento de esgoto” recebeu nota 4 (quatro) por estar entre 50 e 90%; o indicador “Eficiência do tratamento do esgoto” com nota 5 (cinco) por estar acima de 60%; e, finalmente, o indicador “Ocorrência de lançamento de esgoto bruto nos corpos d'água” recebeu a nota 0 (zero), uma vez que ainda há lançamento de esgoto bruto nos corpos d'água.

5.6. AVALIAÇÃO FINAL DOS INDICADORES

Para uma análise mais clara do comportamento da cidade de Patrocínio, em relação ao ciclo hidrológico, é apresentado a seguir o valor obtido na avaliação de cada indicador de sustentabilidade da tabela 1. A soma dos indicadores de sustentabilidade comparada com a máxima pontuação que poderia ser alcançada indica se o município está buscando uma urbanização mais sustentável, possibilitando que o ciclo da água se altere o mínimo possível.

A máxima soma dos indicadores, obtida na tabela 1, foi 85. Porém, como não foi possível à aplicação de três dos indicadores, a melhor soma possível, que foi considerada para análise dos resultados, foi 70. A tabela 4 apresenta o resultado obtido através da aplicação dos indicadores de sustentabilidade da tabela 1.

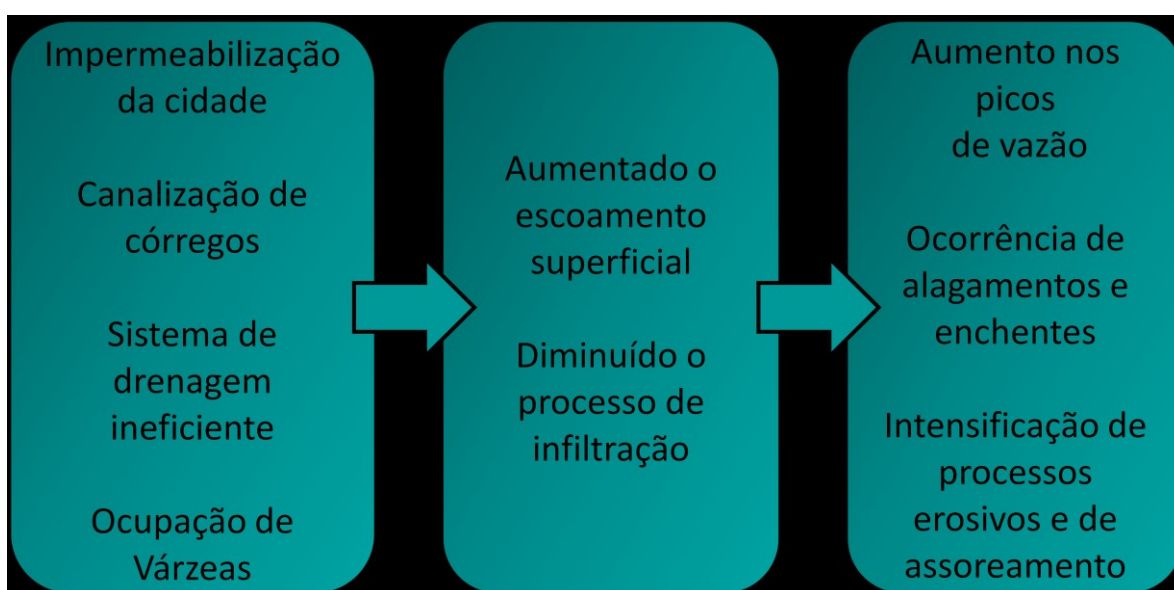
Tabela 4: Resultado da avaliação dos indicadores de sustentabilidade

Fator	Indicadores	Avaliação	Nota
Impermeabilização do solo	Porcentagem de lotes que possui a taxa de permeabilidade de acordo com a legislação do município	Indicador não aplicado	-
	Porcentagem dos lotes que possuem dispositivos de armazenamento e infiltração para água pluvial		
	Porcentagem dos lotes que possuem dispositivos de captação e reuso de água pluvial		
Sistema de Drenagem Urbana	Existência de cursos d'água canalizados	Há cursos d'água canalizados	0
	Condições físicas dos equipamentos de drenagem	Equipamentos em más condições, de difícil acesso, remoção e manutenção	0
	Manutenção do sistema de drenagem urbana	Manutenção deficiente e com dispositivos construídos erroneamente	3
Drenagem no período de chuvas	Ocorrência de alagamentos e inundações	Ocorrem alagamentos em eventos chuvosos muito intensos	3
	Possível interferência do escoamento pluvial no trânsito de veículos	Há interferência	0
	Possível interferência do escoamento pluvial no movimento de pedestres	Há interferência	0
	Possível erosão na pavimentação e nos acessos ocasionada por escoamento pluvial	Há evidências de processos erosivos ocasionados pelo escoamento das águas pluviais	0
Limpeza Urbana	Frequência da varrição dos passeios públicos	Diária	5
	Frequência da Coleta de Lixo	Diária	5
	Disposição de resíduos sólidos nas vias públicas	Há descarte de resíduos sólidos nas vias públicas	0
	Frequência na limpeza do sistema de drenagem	Não há cronograma	0
Esgotamento sanitário	Porcentagem da população atendida pelo sistema de tratamento de esgoto	Entre 50% e 90%	4
	Eficiência do tratamento do esgoto	Acima de 60% (exigido pela COPAM)	5
	Ocorrência de lançamento de esgoto bruto nos corpos d'água	Há lançamento de esgoto bruto nos corpos d'água	0
Pontuação máxima			70
Pontuação obtida			25

Assim sendo, percebe-se que somando os indicadores de sustentabilidade aplicados, o valor total obtido em Patrocínio foi de 25 que corresponde a somente 36% do total. E segundo o estudo de indicadores realizados por Silva, Pinheiro e Lopes (2003), quando a soma dos indicadores alcançada é menor que a metade da soma relativa ao valor ótimo demonstra que a área avaliada apresenta tendência desfavorável à sustentabilidade.

Através das análises realizadas, observaram-se alguns impactos já consolidados em Patrocínio. Como é possível notar na figura 11.

Figura 11: Relação entre os fatores do processo de urbanização e os impactos consolidados



Fonte: autora, 2017.

Outro problema recorrente é a quantidade de resíduos dispostos em locais inapropriados, que além de atrapalhar o funcionamento do sistema de drenagem, ainda contaminam os cursos d'água.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas cidades têm modificado o funcionamento natural do ciclo hidrológico, principalmente, devido ao crescimento desordenado, construindo sistemas de drenagem ineficientes e diminuindo a taxa de permeabilidade do solo. O que gera aumento de processos erosivos e sérios problemas de enchente e inundações, que causam prejuízos frequentes a população.

O município de Patrocínio – MG foi caracterizado, nos últimos anos, pelo processo de urbanização desordenada, em que, rios foram canalizados, áreas impermeabilizadas e fundos de vale ocupados, e o Sistema de Drenagem Urbana construído não se comporta de forma eficiente. Devido a esses fatores, apesar da cidade de Patrocínio ser pequena, ela apresenta problemas como alagamentos e inundações, erosão e assoreamento a jusante, isso implica que os processos de infiltração e escoamento do ciclo hidrológico têm sido alterados. A limpeza urbana e o esgotamento sanitário do município necessitam de melhorias para que não prejudiquem a autodepuração natural dos cursos d'água. Em síntese, a cidade obteve um valor abaixo de 50% com a aplicação dos indicadores de sustentabilidade, o que demonstra um comportamento não sustentável, em relação ao ciclo hidrológico.

Em suma, percebe-se que o processo de urbanização deve ser planejado, e ocorrer sem causar alterações significativas nas taxas de infiltração e no escoamento das bacias hidrográficas. As cidades devem crescer buscando garantir grandes áreas permeáveis e construir um sistema de drenagem sustentável que se aproxime do funcionamento natural do ciclo hidrológico, pois, mesmo em pequenas cidades há problemas devido à urbanização desordenada.

REFERÊNCIAS

BACCI, Denise de La Corte; PATACA, Ermelinda Moutinho. Educação para a água. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008.

BENEDITO, Camila. **Urbanização e recursos hídricos: vulnerabilidade socioambiental na bacia hidrográfica do Ribeirão Piracicamirim na cidade de Piracicaba/SP**. 2015. 141f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.

BENINI, Rubens de Miranda; MENDIONDO, Eduardo Mario. Urbanização e impactos no ciclo hidrológico na Bacia do Mineirinho. **Floresta e Ambiente**, v.22, n.2, p.211-222, 2015. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/15774>>. Acesso em: 29 de abril de 2016.

BESE, Regina Macedo Boaventura. Expansão e Interiorização da Educação Superior. **Revista Gestão Universitária**, 2007. Disponível em: <<http://gestaouniversitaria.com.br/artigos/expansao-e-interiorizacao-da-educacao-superior>>. Acesso em: 20 de junho de 2017.

COELHO NETTO, Ana Luíza. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: CUNHA, Sandra Baptista; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro, 1995. p. 93-148.

CUNHA, Sandra Baptista; GUERRA, Antônio José Teixeira. Geomorfologia Fluvial. In: **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1995. p.211-252.

DA FONSECA, Paulo Luiz; DO NASCIMENTO, Elson Antonio; LONGO, Orlando Celso. **Gestão ambiental de bacias hidrográficas: medidas não convencionais no controle de cheias urbanas – principais aspectos, considerações e ações integradas**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru.

DA PAZ, Adriano Rolim. **Hidrologia Aplicada**. Caxias do Sul: [s.n.] 2004. 138p.

DE CASTRO, Leonardo Mitre Alvim. **Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água**. 2007. 297 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

DE MIRANDA, Ricardo Augusto Calheiro; DE OLIVEIRA, Marcus Vinícius Siqueira; DA SILVA, Danielle Ferreira. Ciclo hidrográfico planetário: abordagens e conceitos. **Geo Uerj**, v. 1, n. 21, p. 109-119, 2010.

DOS REIS, Patrícia Antunes; SCHMIDT, Marcio Augusto Reolon. Iv-102– **Análise da expansão urbana e delimitação de áreas de inundação na cidade de Patrocínio, MG**. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12., 2014, Natal.

DOS REIS, Patrícia Antunes; SCHMIDT, Márcio Augusto Reolon; COSTA, Emiliano Silva.

Modelo digital de terreno como ferramenta de espacialização e análise de áreas de risco de inundação. Digital terrain model as a spatial analysis tool of risk of flooding areas. 2014. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/266899921>> Acesso em: 20 de abril de 2017.

DOS SANTOS JÚNIOR, Valdevino José; SANTOS, Carolina Oliveira. A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas. **Estação Científica (UNIFAP)**, v. 3, n. 1, p. 19-30, 2014.

DOS SANTOS TARGA, Marcelo et al. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 2, p. 120, 2012.

FRITZEN, Maycon; BINDA, Andrey Luis. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. **Revista eletrônica Ateliê Geográfico**, v.5, n. 3, p. 239-254, dez.2011.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Orientações básicas para drenagem urbana**. Belo Horizonte: FEAM, 2006. Disponível em: < <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Drenagem.pdf>>. Acesso em: 24 de outubro de 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Taxa de urbanização**. Disponível em: < <http://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>>. Acesso em: 05 de maio de 2016.

IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Mapas Bacia hidrográficas Rio Paranaíba**. Disponível em: < http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=89> Acesso em: 11 de julho de 2017.

MORAES, Isabel Cristina. **Análise da dinâmica do uso da terra e sua interferência em inundações na cidade de Rio Claro (SP)**. 2011. 114 f. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2011. Disponível em:<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92936/moraes_ic_me_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 de abril de 2016.

PATROCÍNIO, **Lei Complementar Nº 132 de 10 de Dezembro de 2014**. Dispões sobre o zoneamento, o uso e a ocupação do solo no município de Patrocínio e dá outras providências. 2014a.

PATROCÍNIO, **Proposição de Lei Complementar Nº 130/2014**. Dispõe sobre o plano diretor participativo de Patrocínio e dá outras providências. 2014b.

PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. 2016a.

PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico. **Relatório do Plano Municipal de Saneamento Básico**. 2016b.

SERRETI, Marco Túlio Cardoso; MARTINS, Ricardo Cristiano; ALVES, Fabiana. Influência da impermeabilização no ciclo hidrológico da cidade de Belo Horizonte/MG. **Revista Petra**, v. 1, n. 2, 2015.

SILVA, Bárbara Ripol; PINHEIRO, Hemerson; LOPES, Deize Dias. Seleção de indicadores de sustentabilidade para avaliação do sistema de drenagem urbana. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 1, n. 1, 2013.

SILVA, Renato Emanuel; ASSUNÇÃO, Washington Luiz. O avanço da mancha urbana de Patrocínio (MG) sobre mananciais com potencial de abastecimento urbano. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 6, 2015.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Urbanização e recursos hídricos. In: BICUDO, Carlos E. de M.; TUNDISI, José Galizia; SCHEUENSTUHL, Marcos C. Barnsley. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 111-128.

TUCCI, Carlos EM. Águas Urbanas. In: TUCCI, Carlos EM; BERTONI, Juan Carlos al. **Inundações urbanas na América do Sul**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 1.ed. 2003. Disponível em: < <http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/inbr02803.pdf> >. Acesso em: 29 de abril de 2016.

TUNDISI, José Galizia. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003.

TUNDISI, José Galizia. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, n. 70, p. 24-35, 2006.

VOLPATO, Margarete Marin Lordelo et al. **Determinação de estiagem em áreas cafeeiras no município de patrocínio, mg, utilizando imagens modis/terra**. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória.