

DRENAGEM URBANA E OS IMPACTOS DECORRENTES DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NA BACIA DO CÓRREGO MINGAU, GOIÂNIA, GO

Paulo Ribeiro Costa¹
André Luiz Rodrigues da Silveira²

RESUMO

Goiânia hoje sofre com diversos problemas ambientais decorrentes do processo de urbanização, ocorrido nas últimas décadas. Frente a fragilidade das leis ambientais e de ordenamento urbano, a cidade foi alvo do crescimento desordenado, permitindo o uso e ocupação indevida dos fundos de vale, a supressão vegetal em Áreas de Preservação Permanente - APP, impermeabilização excessiva dos solos, entre outros. O presente trabalho tem como objetivo identificar e propor medidas para os impactos ambientais provocados pela urbanização, relacionados à drenagem de águas pluviais, incorporando ao modelo atual, um conceito de drenagem urbana moderna, com enfoque ambiental e técnicas baseadas na manutenção de áreas permeáveis, armazenamento e infiltração da água no solo. Técnicas de geoprocessamento permitiram a análise ambiental e a realização uma estimativa sobre a quantidade de água possível de se evitar o lançamento na rede de drenagem pluvial, a partir da captação das águas provenientes da área impermeabilizada dos telhados e a utilização de mecanismos de infiltração a nível de lote. Estima-se que o trabalho seja bastante relevante no contexto sócio - ambiental já que estimula o convívio harmônico entre homem o meio ambiente, incentivando boas práticas de manejo de águas pluviais que contribuem para manutenção dos recursos naturais.

Palavras-chave: Impermeabilização dos solos, Escoamento superficial, Poços de infiltração.

URBAN DRAINAGE AND THE IMPACTS ARISING OUT OF THE URBANIZATION PROCESS IN THE CORREGO BOWL MINGAU, GOIÂNIA, GO

ABSTRACT

Goiânia today suffers from several environmental problems resulting from the urbanization process, which occurred in the last decades. Facing the fragility of environmental laws and urban planning, a city for the target of disordered growth, allowing the use and undue occupation of the valley bottoms, a plant suppression in Areas of Permanent Preservation - APP, excessive waterproofing of the soils, among others. The present work aims to identify and propose measures for the environmental impacts caused by urbanization, related to drainage of rainwater, incorporating current model, a concept of modern urban drainage, with environmental focus and techniques based on the maintenance of areas and water infiltration Not alone. Geoprocessing techniques allowed an environmental analysis and an estimate of a quantity of water can avoid the launching in the rainwater drainage network, from the capture of the water from roofed areas and the use of batch-level infiltration mechanisms. This estimate is not pertinent to any socio-environmental context that stimulates harmonious interaction between man or the environment, encouraging good practices in the management of rainwater that contribute to the maintenance of natural resources.

Key words: Waterproofing of soils, Surface runoff, Infiltration wells.

¹ Graduado em Engenharia Ambiental pela Faculdade Araguaia - FARA e-mail: paulo.costa05@hotmail.com

² Docente da Faculdade Araguaia

INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada e desorganizada do município de Goiânia, como ocorre em outras cidades brasileiras, tem causado diversos transtornos ao meio ambiente diretamente relacionados a drenagem de águas pluviais, dentre os quais pode-se destacar processos erosivos lineares e fluviais que se desenvolvem em vários pontos da cidade. Na maioria dos casos, os processos erosivos ocorrem de maneira direta e previsível como consequência da intervenção do homem no meio ambiente (MONTES, 2008).

As práticas inadequadas como impermeabilização superficial excessiva com concentração do fluxo e lançamentos inapropriados das águas de drenagem pluvial, são as mais relevantes na formação de processos erosivos (NUNES, 2008). Estes problemas são decorrentes das formas como a urbanização ocorre e tem como principais características, a ausência de planejamento na expansão urbana, falta controle no uso e ocupação do solo e sistemas de drenagem inadequados.

O 1º Código de Edificações de Goiânia foi aprovado em 1947 abarcando toda a legislação urbana, inclusive, as questões de Uso e Ocupação do Solo, Zoneamento e Loteamentos. Esse Código, pouco restritivo nos aspectos envolvidos na expansão urbana, fez com que o poder público municipal perdesse a autonomia sobre o uso e ocupação do solo, promovendo a disseminação desordenada dos loteamentos. O intenso processo de expansão demográfica e crescimento urbano, especialmente a partir da década de 1950, resultou numa gama de problemas socioambientais, entre os quais vale destacar a ocupação de áreas impróprias, a devastação da cobertura vegetal (sobretudo áreas de preservação permanente), a impermeabilização do solo, a formação de processos erosivos, dentre outros (NASCIMENTO e OLIVEIRA, 2010). Somente em 1980, regulamentou-se uma nova Lei de Zoneamento onde foram introduzidas medidas de proteção do meio ambiente, em termos de preservação das drenagens, matas de galerias e fundos de vales. Essa lei determinou a existência da Zona Verde de Proteção, preservando uma faixa de 50 m de largura nas laterais ao longo das drenagens. Contudo, àquela época, muitos fundos de vales já haviam sido loteados (GOIÂNIA, 1980).

Na Microbacia do Córrego Mingau, a expansão urbana e o adensamento populacional é também fator preponderante no processo de degradação ambiental. O processo desordenado de ocupação causou a supressão da vegetação das Áreas de Preservação Permanente (APP) e com o alto índice de impermeabilização do solo potencializa o fluxo e o lançamento das águas

pluviais. A falta de um sistema de drenagem pluvial adequado torna o Córrego Mingau muito suscetível ao desenvolvimento de erosões, ocasionando em sérios prejuízos ambientais.

A ação do homem no meio ambiente altera o comportamento natural do curso hídrico. Já que para o lançamento de água pluvial captada no sistema de micro-drenagem, diretamente no córrego, de forma concentrada, faz-se necessário a adequação das estruturas finais de destinação, a fim de prevenir o surgimento ou a intensificação de processos erosivos, além de enchentes e alagamentos nos locais de lançamentos ou à jusante.

Dentro da problemática abordada, estima-se que o tema seja de relevante importância no contexto ambiental, social e econômico, visto que alguns dos principais impactos decorrentes da urbanização em Goiânia estão intimamente ligados à ausência de um sistema e drenagem verdadeiramente eficiente. Os sistemas convencionais de drenagem urbana consistem em dispositivos de micro e macrodrenagem, como calhas, tubulações, bueiros e canais, que são projetados para transportar rapidamente águas pluviais para áreas à jusante, sem preocupações adequadas com a transferência de risco de inundação para outras áreas ou até mesmo a mitigação das causas de inundação (BAHIENSE, 2013). De acordo com Sales e Nascimento (2003), as duas principais causas das erosões em Goiânia são as galerias de águas pluviais, em áreas pavimentadas e o escoamento concentrado em área sem asfaltamento.

Em Goiânia, a concepção e implantação do sistema de drenagem é baseado na forma convencional, com um conceito ultrapassado e meramente higienista, onde a solução dos principais problemas relacionados à drenagem urbana sempre estiveram voltados para o transporte rápido das águas pluviais, gerando consequências extremamente desastrosas, entre as quais pode-se destacar: aumento dos picos de vazão, aumento da velocidade de escoamento, transferência de inundação para pontos à jusante e desencadeando processos erosivos às margens dos cursos hídricos, além de elevados custos de implantação e manutenção ao município, sem contudo, qualquer comprovação de efetividade.

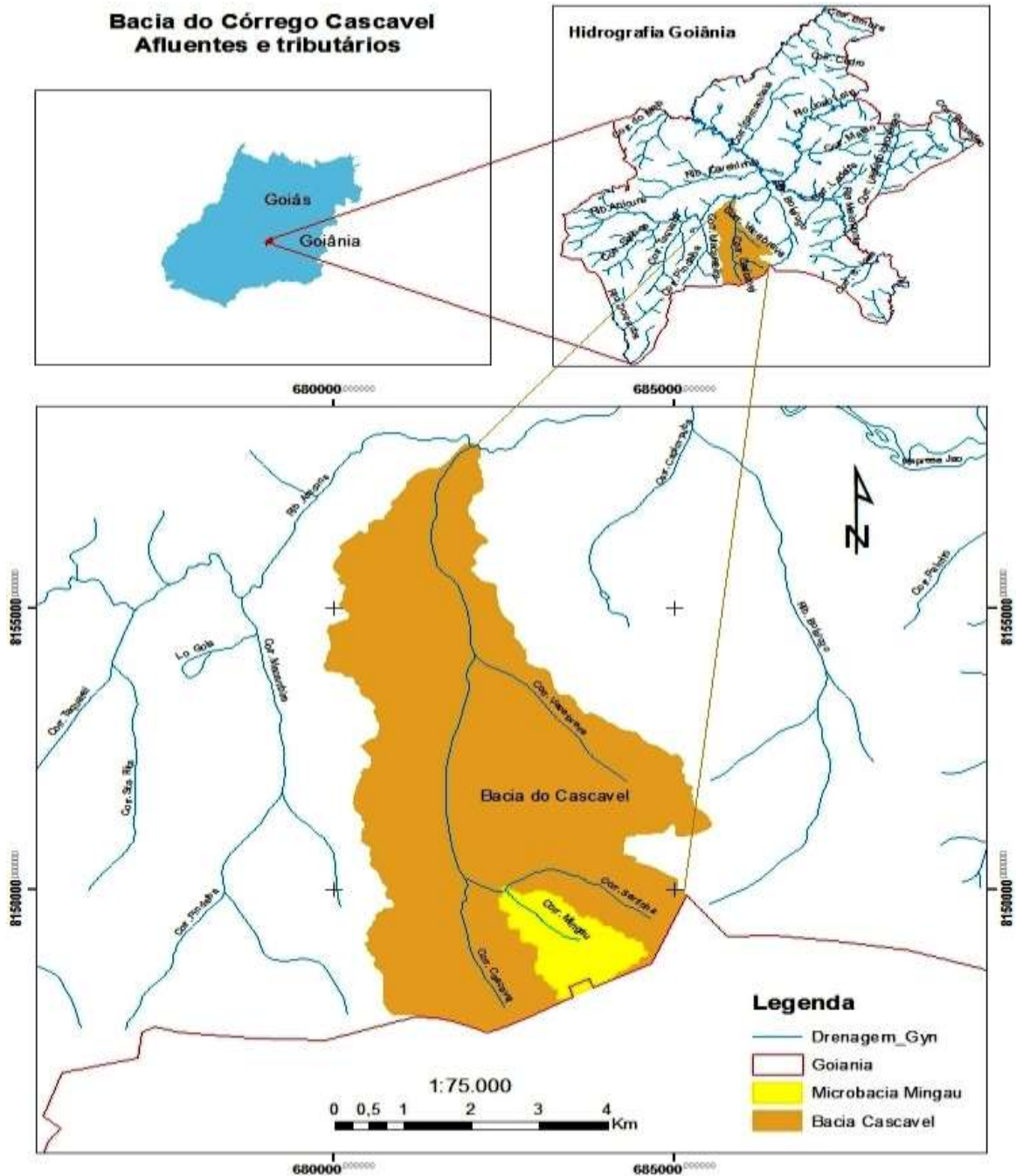
O presente trabalho busca identificar e propor medidas para os impactos ambientais provocados pela urbanização, relacionados à inadequação do sistema de drenagem de águas pluviais que afetam diretamente a microbacia do córrego Mingau em Goiânia, incorporando ao modelo atual, o conceito de drenagem urbana moderna, com enfoque ambiental e técnicas baseadas na manutenção de áreas permeáveis, recomposição das Áreas de Preservação Permanentes, armazenamento e infiltração da água no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

Este trabalho foi desenvolvido na microbacia do Córrego Mingau, localizada na região Sudoeste do município de Goiânia, o curso hídrico é tributário da margem direita do córrego Cascavel, afluente do Ribeirão Anicuns conforme é ilustrado na figura 1.

Figura 1 – Bacia hidrográfica do córrego Cascavel e tributários, Goiânia - GO.



Fonte: SIEG, 2016.

A microbacia do córrego Mingau possui aproximadamente a 2,26 quilômetros quadrados (Km²) e sua área de influência de drenagem é basicamente o setor Parque Amazônia. O córrego Mingau possui uma extensão aproximada de 159,2 metros, até a confluência com córrego Serrinha, onde suas águas se unem, para em seguida desaguarem no córrego principal da sub-bacia, o Cascavel.

Coleta de dados

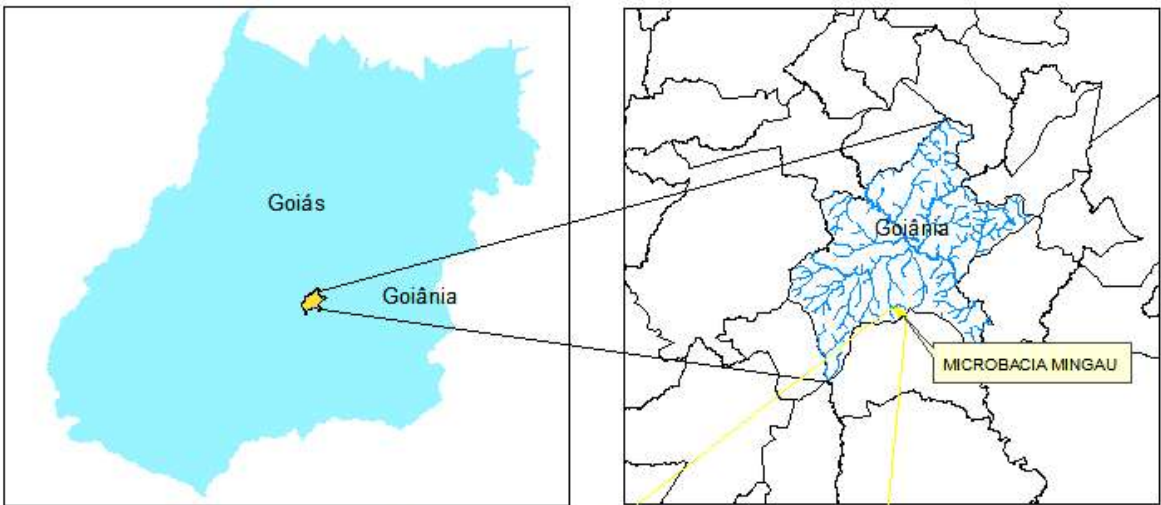
Para o desenvolvimento do trabalho empregou-se técnicas de geoprocessamento possibilitando a coleta de dados com auxílio dos softwares específicos, tais como: ArcGis Esri 10.1 e Google Earth Pro e utilização de base dados disponíveis no Sistema Estadual de Geoinformação – SIEG.

Para iniciar os trabalhos na área de estudo, foi utilizado um recorte de imagem do *Google Earth Pro* e carregando-a no Arcmap procedeu-se com a inserção de pontos de controle (*add control point*), previamente conhecidos, utilizando-se da ferramenta Georreferencing obteve-se então posicionamento desejado imagem. Adicionou-se então arquivos Shapefile (drenagem e municípios) da base de dados do Sistema de Informação Geoinformação – SIEG na escala de 1:250 000.

A Área de Preservação Permanente (APP) foi delimitada utilizando a ferramenta *Buffer* (área de influência) considerando o que prevê a legislação vigente, LEI COMPLEMENTAR Nº 171/2007; Art. 106, que determina: as faixas bilaterais contíguas aos cursos d'água temporários e permanentes, com largura mínima de 50m (cinquenta metros), a partir das margens ou cota de inundação para todos os córregos. E também as áreas circundantes das nascentes permanentes e temporárias, de córrego, ribeirão e rio, com um raio de no mínimo 100 m (cem metros);

Para delimitação da área de estudo da microbacia do Córrego Mingau, na base cartográfica, elaborou-se a figura 2, utilizando uma Imagem SRTM (1-Arc-Second Global), com resolução espacial de 30 metros. O processo de delimitação automática da bacia hidrográfica foi desenvolvido no SIG ArcGIS 10.1, basicamente utilizando das ferramentas /extensões Spatial Analyst e Arc Hydro tools. De posse dos dados confeccionou-se os mapas necessários para demais análises. Para o trabalho foi adotada a Base de Dados Geográficos South American e Datum SIRGAS 2000, no fuso 22S e Sistema de Coordenadas UTM.

Detalhe da Localização e Urbanização Microbacia Mingau



Localização de Cidade de Goiânia no Estado de Goiás

Localização da Microbacia Mingau em Goiânia-Go



Fonte: Imagem 2016 DigitalGlobe - Google Earth Pro

1:25.000

0 500 1.000 Meters

Sistema de Coordenadas UTM
 Datum: Sirgas 2000
 Fonte: Google Earth Pro e SIEG

Elaborado por: Paulo Ribeiro
 Software: ArcGIS 10.1

Legenda

- Microbacia Mingau
- Córrego Mingau
- Limite de APP
- Limite Municipal

Figura 2 - Detalhes de localização e urbanização da área e estudo.

Fonte: SIEG, 2016.

A metodologia de pesquisa adotada baseou-se inicialmente em levantamento bibliográfico a respeito do tema degradação ambiental, possibilitando a identificação e avaliação de processos erosivos, principalmente ocorrida em pequenas bacias. Visitas a campo foram fundamentais para identificar e avaliar os impactos ambientais instalados na área de estudo. Assim, foram realizados registros fotográficos, identificação de pontos mais afetados onde ocorrem processos erosivos, os principais pontos de lançamento de drenagem pluvial, além da avaliação sobre o uso e ocupação indevida da Área de Preservação Permanente (APP).

A partir daí, buscou-se estimar a quantidade de água possível de evitar o lançamento na rede de drenagem, por meio da captação através do telhado das residências. Desta forma, baseando-se na relação entre o número de domicílios e a área do setor Parque Amazônia, com a área da microbacia Mingau, possibilitou-se estimar a quantidade de domicílios contidos na área da microbacia mingau. Conforme demonstrado na fórmula (1):

$$N^{\circ}_{Dom\ MB} = \left(\frac{N^{\circ}_{Dom\ PA\ (Unid.)}}{A_{PA\ (km^2)}} \right) \times A_{MB\ (km^2)} \quad (1)$$

Onde:

$N^{\circ}_{Dom\ MB}$ = Número de domicílios da microbacia do córrego Mingau;

$N^{\circ}_{Dom\ PA\ (Unid.)}$ = Número de domicílios do Parque Amazônia;

$A_{PA\ (km^2)}$ = Área do setor parque Amazônia;

$A_{MB\ (km^2)}$ = Área da microbacia do córrego Mingau.

Em seguida, estabeleceu-se a relação entre o número de domicílios na microbacia e a área média impermeabilizada por telhado, obtida e apresentada no mapa de amostragem (Figura 6). Conforme fórmula (2):

$$A_{IT} = N^{\circ}_{Dom.MB} \times A_{m\ IT} \quad (2)$$

Onde:

A_{IT} = Área impermeabilizada dos telhados;

N° Dom. MB = Número de domicílios da microbacia do córrego Mingau;

$A_{m IT}$ = Área média impermeabilizada dos telhados.

Através do cruzamento dos dados de área impermeabilizada total com a precipitação média anual da cidade de Goiânia, obtida no site da Prefeitura Municipal, permitiu-se estimar a vazão anual possível de se evitar o lançamento na galeria pluvial. Conforme fórmula (3):

$$Q_{(m^3/ano)} = A_{t IT} \times P_{média\ anual} \quad (3)$$

Onde:

$Q_{(m^3/ano)}$ = Vazão em m^3/ano

$A_{t IT}$ = Área impermeabilizada dos telhados

$P_{média\ anual}$ = Precipitação média anual

De forma análoga, objetivando melhorar os níveis de detalhe dos resultados, estimou-se a vazão mensal possível de se evitar o incremento na galeria pluvial, conseqüentemente no córrego Mingau. Para tanto, utilizou-se informações sobre as precipitações mensais do ano de 2015 e as médias normais climatológicas (61-90), do Instituto Nacional de Meteorologia de Goiás – INMET-GO. Conforme fórmula (4):

$$Q_{(m^3/mês)} = A_{t IT} \times P_{média/mês} \quad (4)$$

Onde:

$Q_{(m^3/mês)}$ = Vazão em $m^3/mês$

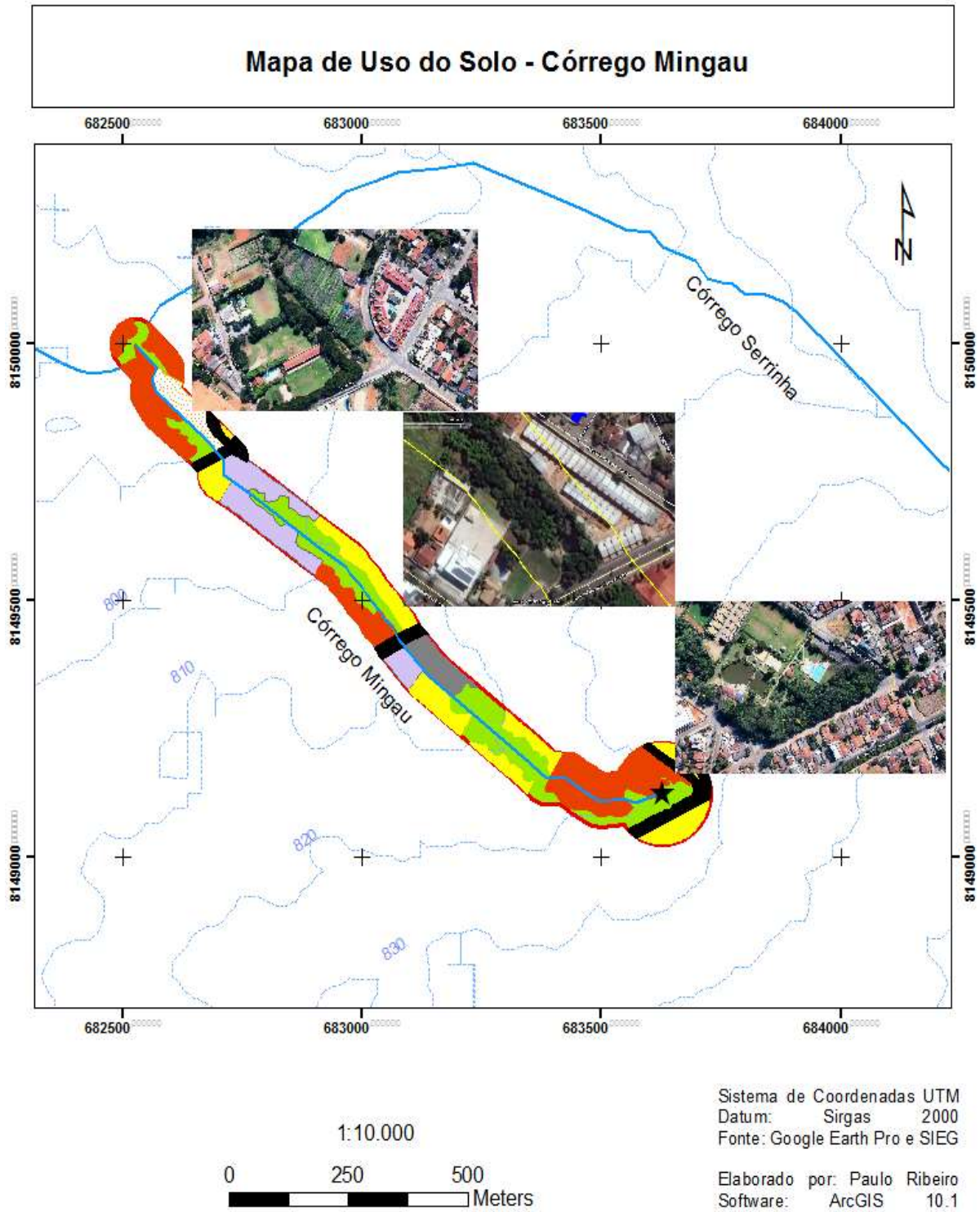
$A_{t IT}$ = Área impermeabilizada dos telhados

$P_{média/mês}$ = Precipitação média mensal

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os diversos impactos sociais e ambientais identificados nos cenários urbanos, destacam-se aqueles relacionados à ocupação e crescimento da malha urbana em direção às áreas inadequadas (BILAC & ALVES, 2014). Na microbacia Mingau, destacada na figura 3,

é possível notar o avanço da cidade sobre a Área de Preservação Permanente (APP) e os desvios de finalidade das formas de uso e ocupação do solo nessas áreas.



Legenda

- | | | | |
|--------------------|-----------------------|---------------|-----------------|
| ★ Nascente | ----- Contour_srtm_go | ▨ Agricultura | ▭ Limite de APP |
| — Córrego Mingau | ■ Comercial | ■ Lazer | ■ Vegetacao |
| — Rede de drenagem | ■ Via Publica | ■ Residencial | ■ SEM USO |

Figura 3 - Detalhes do desvio de finalidade no uso do solo na faixa de APP.

Fonte: SIEG, 2016.

A área de preservação permanente (APP) é uma 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 da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (LEI Nº 12.651/12).

Observa-se, que embora instituída em lei, a preservação e manutenção dessas áreas enfrentam diversos obstáculos para sua viabilização de fato, devido principalmente à falta de ordenamento territorial e ambiental (BILAC e ALVES, 2014). O processo de urbanização no setor Parque Amazônia tem causado sérios prejuízos ao meio ambiente, sobretudo, na microbacia do córrego Mingau, que por meio do uso e ocupação inadequada do solo em Área de Preservação Permanente (APP), e da falta de gestão e aplicação da legislação a nível municipal, torna o curso hídrico muito suscetível ao processo de degradação ambiental.

Entretanto, esse não foi o único aspecto observado, pois com o desenvolvimento urbano, ocorre à impermeabilização do solo através de telhados, ruas, calçadas e pátios, entre outros. Dessa forma, a parcela de água que infiltrava passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, com a urbanização, passa a escoar no canal, exigindo maior capacidade de escoamento das seções, portanto “os efeitos principais da urbanização são o aumento da vazão máxima, a antecipação do pico e o aumento do volume do escoamento superficial” (TUCCI,1995).

Segundo Carvalho et al (2006), grande parte dos processos erosivos ocorre de modo direto e previsível, decorrente da ação humana no meio. Em meio urbano em geral estão associadas às práticas de impermeabilização do solo, concentração de fluxo e lançamento inadequado de drenagens pluviais e esgotamento.

Dentre os aspectos mencionados, o sistema de drenagem convencional exerce posição de destaque na geração intensificação dos danos ambientais da microbacia Mingau, já que:

Os sistemas clássicos baseiam-se em conceitos extremamente higienistas e há preocupação apenas com a evacuação rápida das águas de chuva do meio urbano e seu afastamento. Os sistemas alternativos tentam destinar as águas

pluviais de forma a lançar o menor volume possível nos cursos d'água neutralizando efeitos negativos da urbanização e tentando ao máximo manter as condições naturais do *runoff* (NOCETTI, 2012).

Como exemplo de drenagem clássica ou convencional, as figuras 4 e 5, demonstram como ocorre a drenagem de águas pluviais na microbacia Mingau:

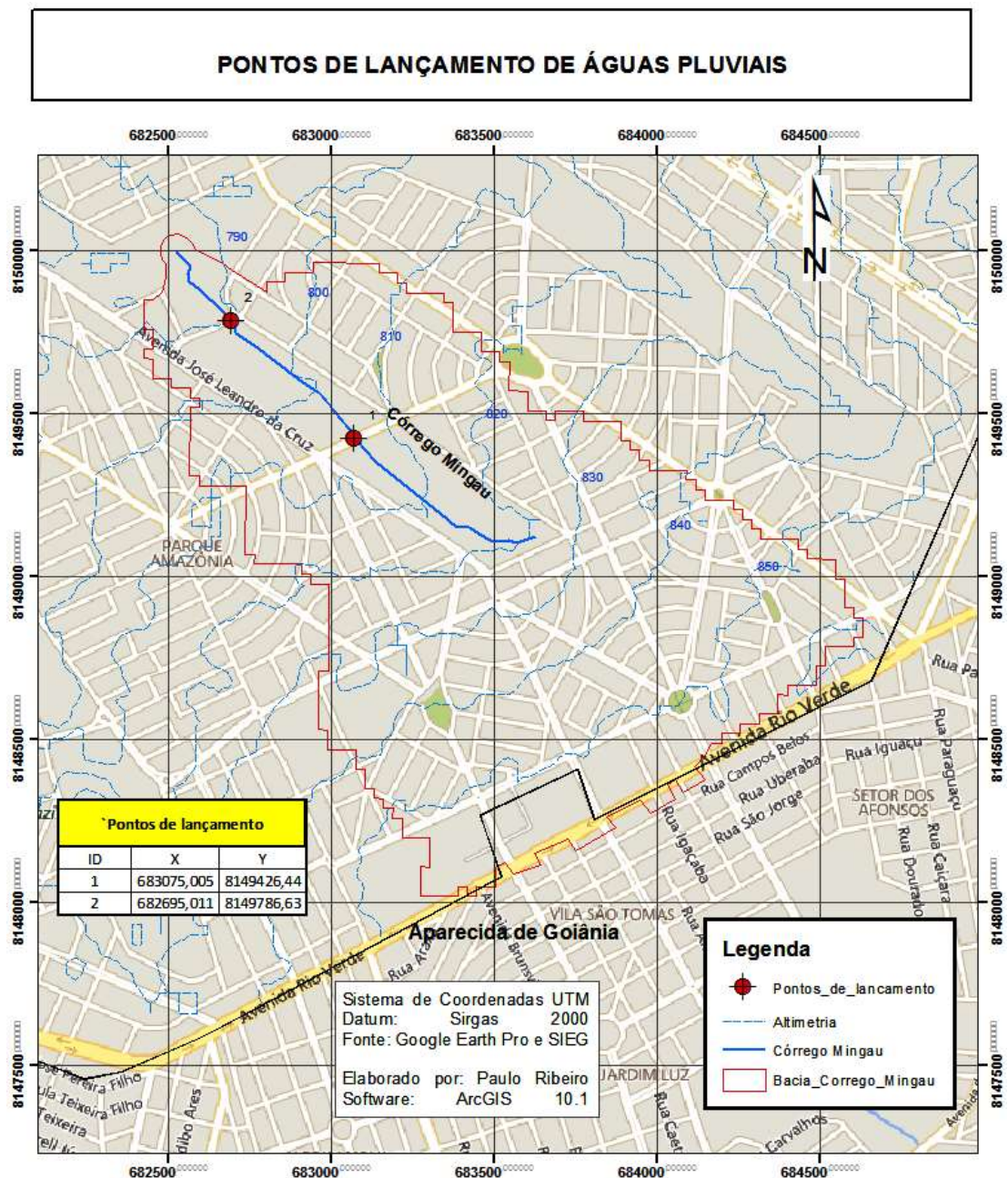


Figura 4 - Lançamento pontual de concentrado de águas pluviais

Fonte: SIEG, 2016.

Para Tavanti (2009), a ineficiência dos sistemas convencionais em controlar as inundações e a necessidade de soluções adequadas a um contexto crescente de preservação ambiental evidenciam as limitações do uso das soluções clássicas, levando ao questionamento sobre a continuidade da sua utilização.

Em nível de detalhe, a figura abaixo demonstra com clareza o manejo convencional das águas pluviais urbanas, conforme modelo adotado na microbacia Mingau, e o lançamento pontual das águas provenientes de grandes áreas da impermeabilização urbana, demonstra também que essas águas recebem tratamento único, sejam elas originadas da impermeabilização por residências, pavimentação asfáltica, comercial ou mesmo industrial. Nesse último caso, com grande potencial poluidor, já que propicia o carreamento de diversas substâncias contaminantes. Conforme abaixo:

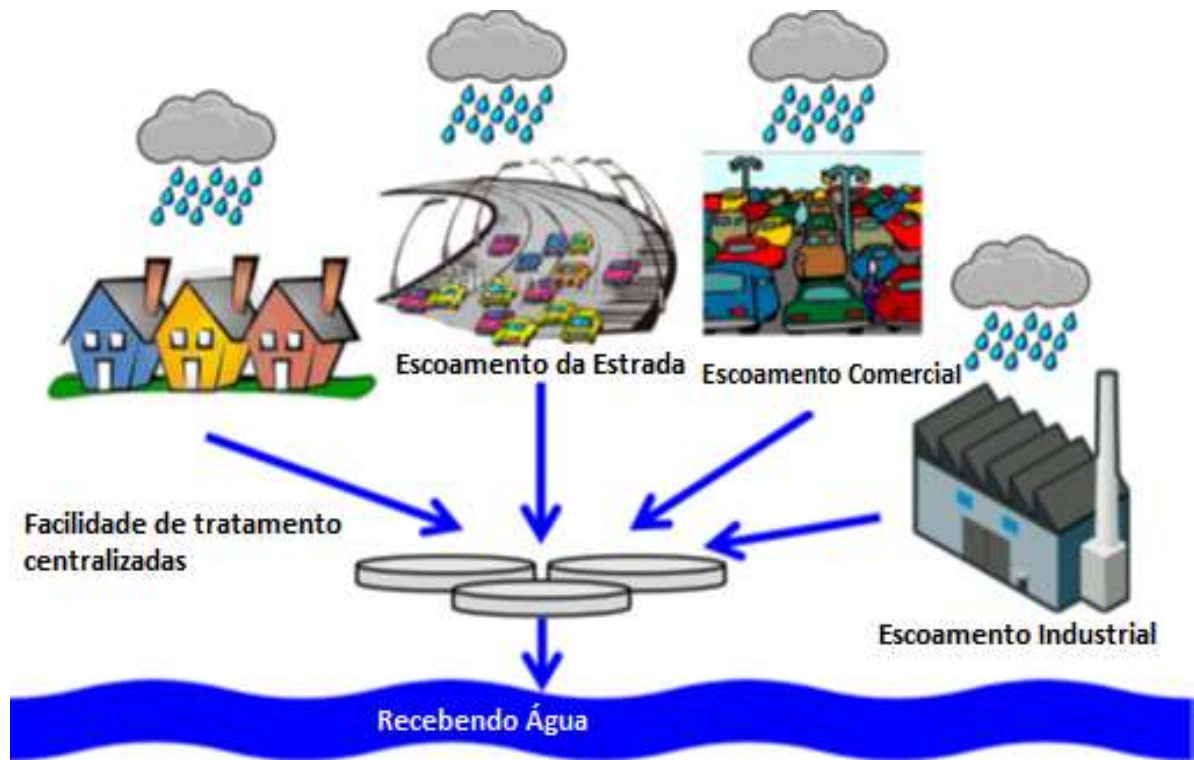


Figura 5 - Esquema de instalação de tratamento de água centralizada típica

Fonte: (ERKES et al., 2015).

Observa-se, na figura 6, que a metodologia adotada para o manejo de águas pluviais e o lançamento concentrado estabelecem uma estreita relação de causa e efeito na degradação do córrego Mingau, visto que, à montante das estruturas finais drenagem, na visita a campo, foi possível constatar o leito aparente e meandros semi preservados e logo imediatamente à

jusante, após as estruturas finais de lançamento (bueiros), verifica-se a desconfiguração total das características físicas do curso hídrico, onde o aprofundamento do perfil de base é ocasionado pela intensidade dos processos erosivos.



Figura 6 - Lançamentos concentrados

Fonte: Autor

Nesse caso, percebe-se que após os lançamentos concentrados, em apenas dois pontos da microbacia Mingau, acelera o processo de degradação, que se intensifica pela ausência de dispositivos de dissipação da energia das águas e disciplinamento da vazão na estruturas finais de drenagem pública.

Desta forma, buscou-se realizar a estimativa sobre a quantidade de água possível de se evitar o lançamento na rede de drenagem pluvial, a partir da captação das águas provenientes da área impermeabilizada dos telhados e a utilização de mecanismos de infiltração a nível de lote, contribuindo assim, na diminuição do fluxo concentrado nas estruturas finais de drenagem e reduzindo os picos de vazão à jusante, além de proporcionar a infiltração de água no solo, conseqüentemente minimizando os danos causados por processos erosivos na área da microbacia.

Segundo Souza (2005), a proposta por alternativas sustentáveis, para amenizar estes impactos, beneficia diretamente o usuário que implementa essas ações e, também, toda a população no entorno. Há um benefício tanto econômico (aproveitamento do volume de chuva e redução da temperatura local) quanto social (redução de enchentes) e ambiental com a redução dos processos erosivos e, conseqüentemente, dos processos de assoreamento e de degradação

dos corpos d'água, controlando não somente o pico, mas também o volume, a frequência e a duração da cheia, além da qualidade do escoamento.

Assim, de posse do Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia - Da Companhia de Processamento de dados do Município de Goiânia (COMDATA), possibilitou-se o levantamento da área do Setor Parque Amazônia, que possui 4,365 Km². Segundo Ferreira, 2013, no ano 2000 o Parque Amazônia possuía 18.163 habitantes, distribuídos num total de 5.204 domicílios particulares e 41 coletivos, sendo 4.482 casas, 385 apartamentos e 327 cômodos.

A área média impermeabilizada por telhado foi obtida através da coleta de 62 amostras, distribuídas de forma homogênea e representativa da área de estudo. Para se determinar o número de domicílio contidos no interior da microbacia, considerou-se que a área está totalmente inserida dentro do Setor Parque Amazônia. A partir dessas informações tornou-se possível estimar a quantidade de domicílios contidos na área da microbacia do córrego Mingau.

Conforme mapas, ilustrações e memórias de cálculos que se apresentados abaixo:

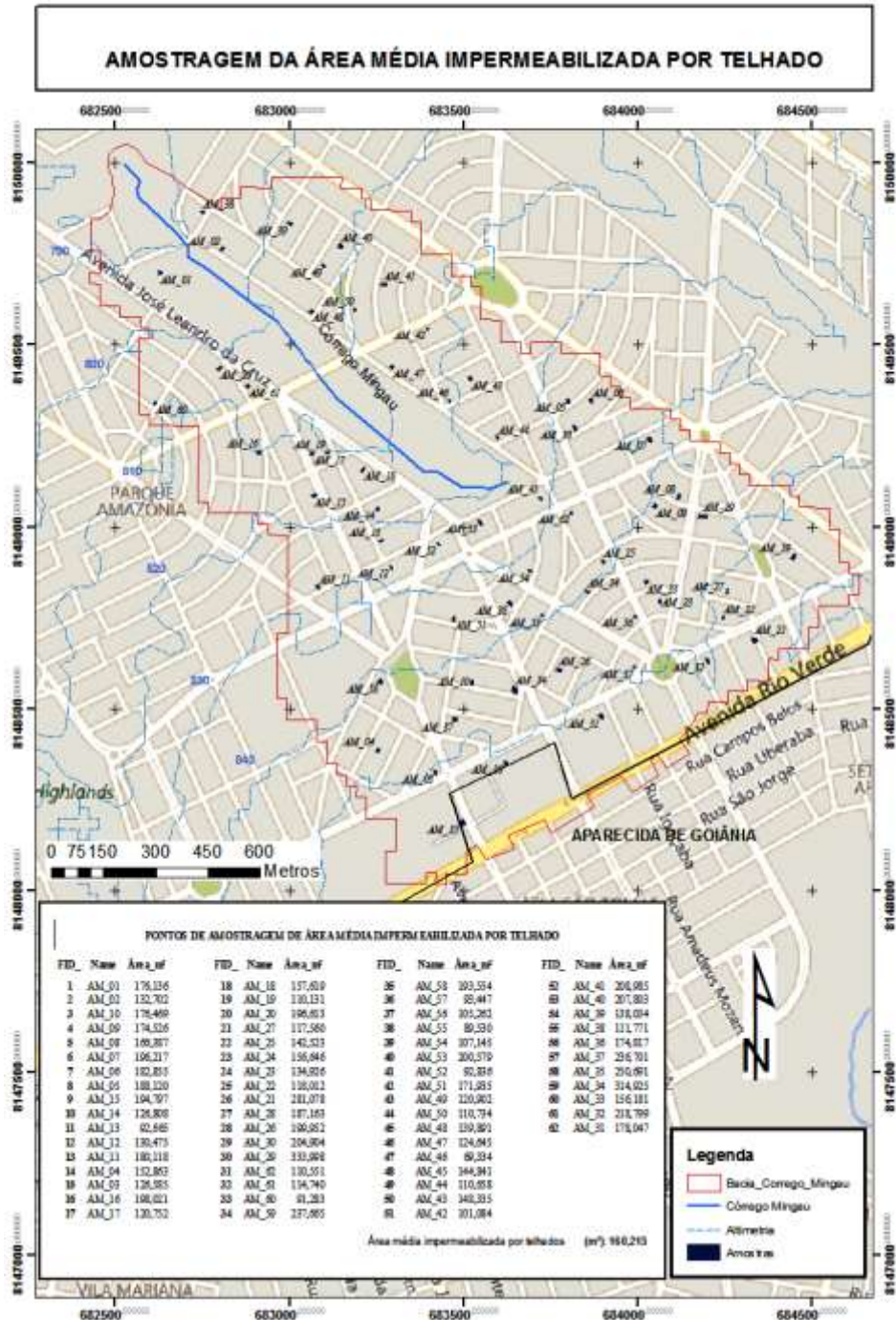


Figura 7 - Amostragem de área impermeabilizada por telhados
 Fonte: SIEG, 2016.

A partir da amostragem possibilitou-se encontrar o valor médio de 160,215 metros quadrados de área impermeabilizada por telhados residenciais, o número de domicílios contidos da na microbacia Mingau, e após realizar cruzamento com média pluviométrica anual do

município de Goiânia, de 1481 mm (Goiânia, 2016), procedeu-se com a realização da estimativa:

$$N^{\circ}_{\text{Dom MB}} = \left(\frac{4.482,00}{4,37} \right) \times 2,26$$

$$N^{\circ}_{\text{Dom MB}} = 2.320,58 \text{ unidades domiciliares}$$

Área impermeabilizada por telhado na microbacia

$$A_{IT} = 2.320,58 \times 160,215$$

$$A_{IT} = 371.791,30 \text{ m}^2$$

Vazão anual possível de se evitar o lançamento direto no curso hídrico

$$Q_{(m^3/ano)} = 371.791,30 \times 1.481$$

$$Q_{(m^3/ano)} = 550.622,91 \text{ m}^3/\text{ano}$$

O gráfico 1 aponta o mês de novembro de 2015, como um ano atípico, com o maior volume de chuva para um mês de novembro desde o ano de 1969, quando choveu 405,0 mm. Conforme abaixo:

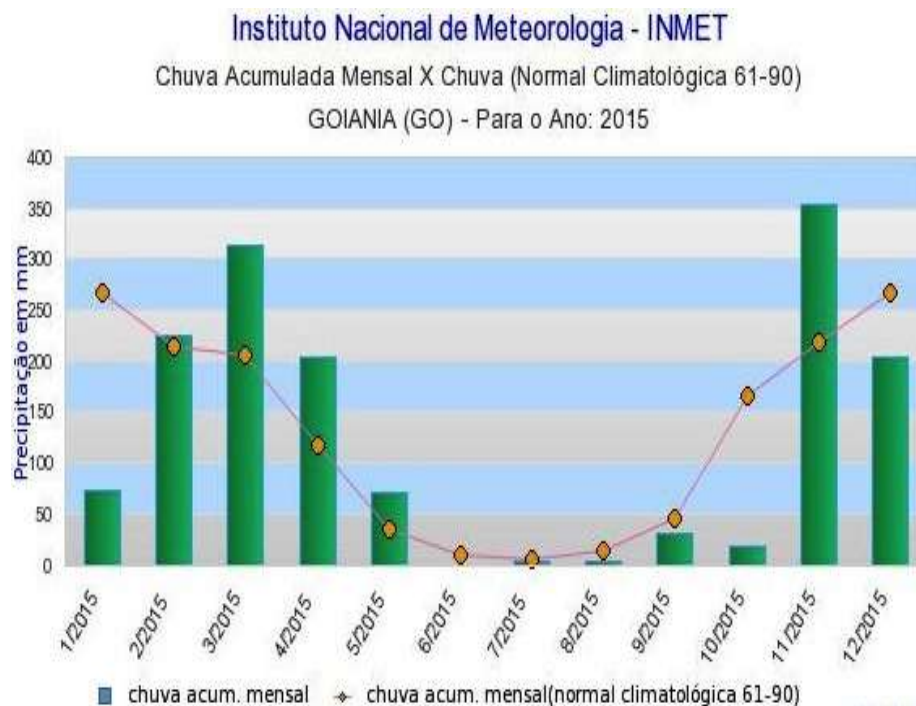


Gráfico 1 - Gráfico Precipitação acumulada x chuva

Fonte: Instituto de Nacional de Meteorologia – INMET, 2015.

As médias normais de dados climatológicos são calculadas para períodos consecutivos de 30 anos (61-90). Dessa forma, considerando – se que para o período de novembro de 2015 o esperado era de apenas 219 mm.

Estabeleceu-se a relação matemática abaixo:

$$Q_{(m^3/mês)} = 550.622,91 \times 0,219$$

$$Q_{(m^3/mês)} = 120.586,42 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Levando em consideração a vazão anual que é possível retirar das galerias pluviais, 550.622,91 m³/ano, este grande volume poderia ser infiltrado e abastecer o lençol freático influenciando positivamente o ciclo hidrológico evitando assim o escoamento superficial que provoca assoreamento do córrego Mingau e contribui para as enchentes.

Finalizada a análise dos resultados, constatou-se que é extremamente relevante o gerenciamento das águas pluviais na fonte geradora , através da utilização de dispositivos de infiltração, como forma de gestão integrada das águas pluviais, onde a administração pública e a população exerçam, de fato, suas responsabilidades. A administração pública atuando na readequação, manutenção e limpeza da rede de drenagem, em contrapartida o cidadão gerindo a captação, retenção e infiltração das águas a nível de lote. Assim, possibilita-se evitar o agravamento dos danos ambientais no curso hídrico, torna-se possível reestabelecer significativamente o equilíbrio do ciclo hidrológico, já que restitui uma etapa muito importante, a infiltração de água solo, contribuindo para o restabelecimento dos níveis do lençol freático, reduzindo substancialmente o escoamento superficial, dessobrecarregando a rede de drenagem pública, conseqüentemente minimizando os picos de vazão no curso hídrico e evitando o surgimento e/ou intensificação de processos erosivos, enchentes e inundações à jusante.

Para Reis et al. (2008), os poços de infiltração são dispositivos pontuais que permitem a infiltração do escoamento superficial para dentro do solo. Podendo estar estruturados por um preenchimento com brita (meio poroso), além de ser revestido por tubos de concreto perfurados ou tijolos assentados em crivo, envoltos por uma manta geotêxtil fazendo a interface solo/tubo. Tendo como vantagens um baixo custo de execução, busca um reequilíbrio do ciclo hidrológico urbano, por intermédio de uma recarga do lençol freático, conforme ilustram as figuras 8 e 9.

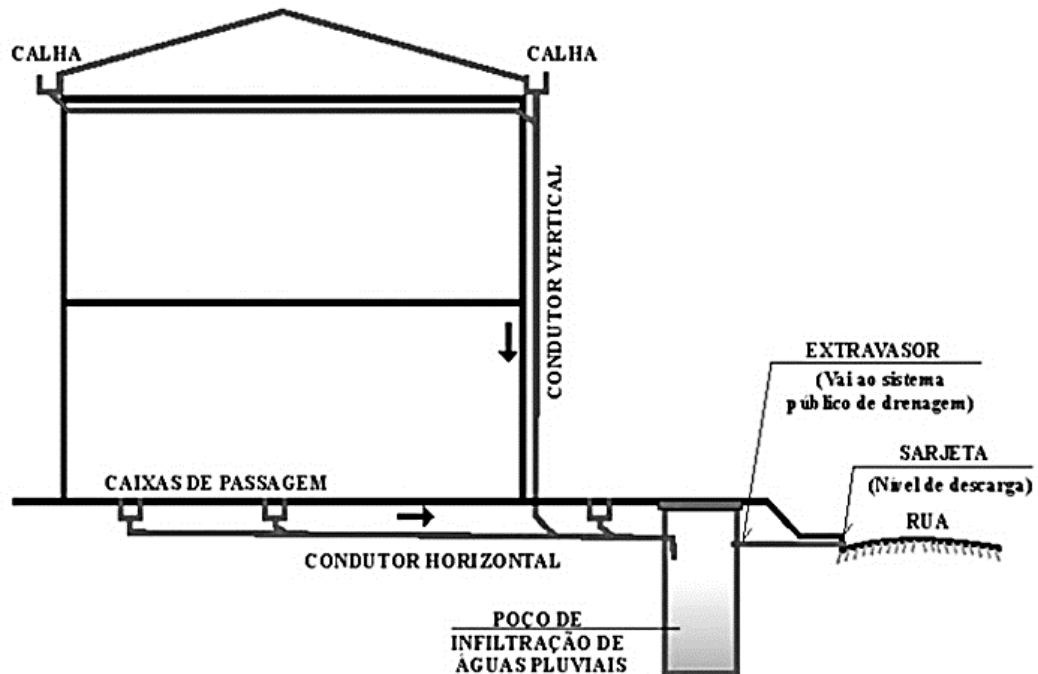


Figura 8 - Esquema dos poços de infiltração

Fonte: (REIS et al., 2008)

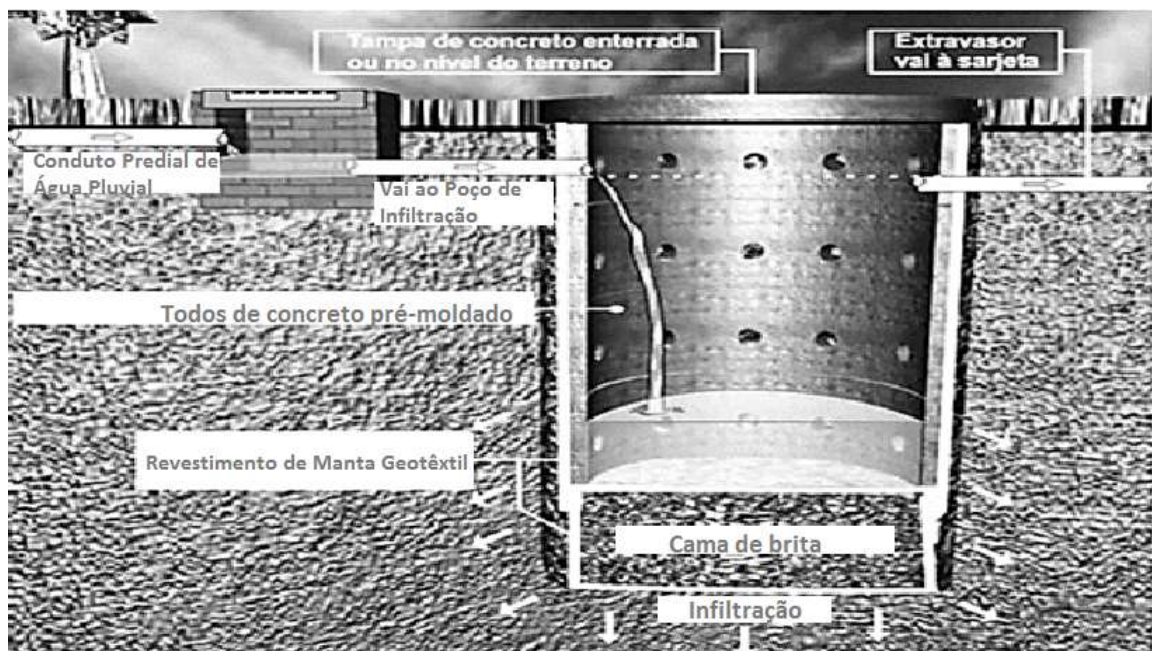


Figura 9 - Esquema e detalhes dos poços de infiltração

Fonte: (REIS et al., 2008).

Para o caso em questão, como solução mais eficaz, a proposta é conciliar a utilização dos Poços de Infiltração para receber as águas captadas dos telhados das residências e a complementação com uso de Pavimentos Permeáveis para demais áreas impermeabilizadas no terreno. Os pavimentos permeáveis, além de serem ótimos mecanismos de infiltração já que praticamente não geram escoamento, podem também aumentar as taxas de evaporação contribuindo também para restaurar o ciclo hidrológico natural e produzir benefícios ambientais significativos.

Para Silveira (2002), são pavimentos que agem, normalmente, no controle do pico e volume do escoamento superficial, no controle da poluição difusa, e, quando infiltram a água no solo, promovem a recarga de águas subterrâneas. Os pavimentos porosos são adequados para uso em vias de tráfego leve, estacionamentos, calçadas, praças e quadras de esporte.

Ao contrário dos pavimentos tradicionais, os pavimentos permeáveis são concebidos para permitir que as águas pluviais se infiltrem através da superfície do pavimento para os diversas camadas solo. Isto pode aumentar significativamente as taxas de infiltração reduzindo, os volumes de escoamento e contribuindo para minimizar os riscos de inundação a jusante.

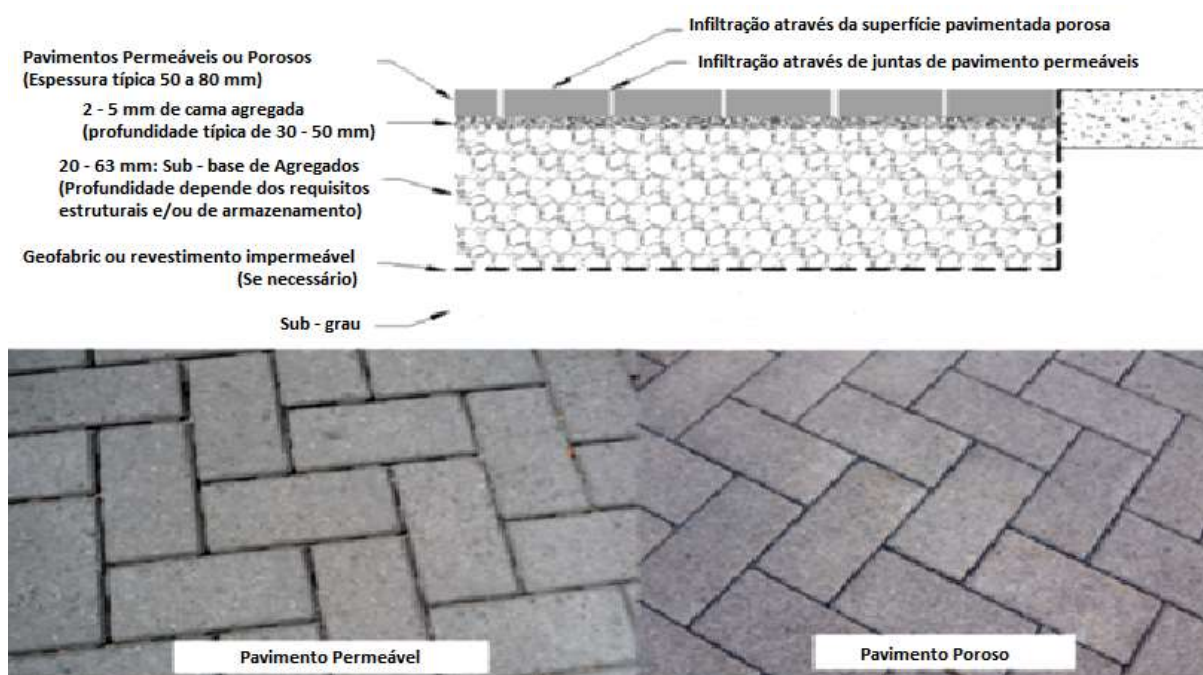


Figura 10 - Pavimentos Permeáveis e Porosos

Fonte: (ERKES et al, 2015).

Outro aspecto extremamente relevante na utilização desses mecanismos, é que eles podem ser dotados de câmaras de lodo e filtros, que se utilizados em áreas industriais promovem a remoção e armazenamento dos poluentes, isso garante que os poluentes potencialmente perigosos de áreas industriais não sejam lançados na rede drenagem, tampouco dispersos no leito córrego, contribuindo para melhora gradativa na qualidade das águas.

CONCLUSÃO

Os resultados permitem concluir, sobre a microbacia analisada, que a área possui diversos problemas ambientais decorrentes do processo de intensa urbanização ocorrido em Goiânia nas últimas décadas. Visto que, frente a fragilidade das leis ambientais e de ordenamento urbano, a microbacia foi alvo da expansão desordenada e ausência de planejamento, permitindo o uso e ocupação indevida dos fundos de vale, a fragmentação da cobertura vegetal, impermeabilização excessiva dos solos, entre outros impactos negativos.

Em relação as áreas de fundo de vale, especialmente as Áreas de Preservação Permanentes – APP's, constatou-se que, entre outras formas de ocupação, em grande parte são chácaras utilizadas para fim de lazer. Nesse caso, os estudo possibilita propor planos de recuperação de áreas degradadas que considerem essencialmente os aspectos ambientais, sem prejuízo aos aspectos sociais e econômicos, mas que devolva, ao mínimo a essa área, a função que lhe é devida, permitindo assim a melhoria do equilíbrio ecológico local através da recomposição da cobertura vegetal de acordo com que a legislação determina.

Quanto a drenagem de águas pluviais, o estudo propõe medidas que visem a inserção de ações limitadoras da impermeabilização e manutenção das áreas permeáveis em lotes particulares, com a utilização conjunta de mecanismos que proporcionem infiltração da água no solo, como os poços de infiltração e o uso de pavimentos permeáveis, visto que, essas alternativas exercem importante papel na atenuação do escoamento superficial, no restabelecimento gradual dos níveis do lençol freático e no reequilíbrio do ciclo hidrológico, além de dessobrecarregar a rede drenagem reduzindo significativamente os picos de vazão e, conseqüentemente, o agravamento dos processos erosivos causados pelo volume e força das águas nos locais de lançamento e a jusante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAHIENSE, J. M. **Avaliação de Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana baseadas no conceito de desenvolvimento de baixo impacto, com o apoio de modelagem matemática.** 2013. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- BILAC, R. P. R.; ALVES, A. de M. Crescimento urbano nas áreas de preservação permanente (APPs): um estudo de caso do leito do rio Apodi/Mossoró na zona urbana de Pau dos Ferros-RN. **Revista Geotemas**, v. 4, n. 2, p. 79-95, 2015. Disponível em: <<http://www2.uern.br/index.php/geotemas/article/view/1261>> Acesso em: 09 nov. 2016.
- BRASIL, Novo Código Florestal. Lei n 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**, p. 2.166-67, 1981.
- CAMAPUM de C., J., SALES, M. M., SOUZA, N. D., & MELO, M. D. S. **Processos erosivos no Centro-Oeste brasileiro.** Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos FINATEC. 2006.
- ERKES, C.; LUCKE, T.; HELMREICH, B. **General technical approvals for decentralized sustainable urban drainage systems (SUDS)—The current situation in Germany.** Sustainability, v. 7, n. 3, p. 3031-3051, 2015. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2071-1050/7/3/3031/htm>> Acesso em: 09 nov. 2016.
- FERREIRA, L. C. G. **UMA REFLEXÃO SOBRE A EXPANSÃO E A MOBILIDADE URBANA: Uma análise do plano diretor de Goiânia – GO.** OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia, v.5, n. 15, p. 62 – 86, dez.Uberlândia – MG. 2013. Disponível em: <<http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/5edicao/n15/04.pdf>> Acesso em: 09 nov. 2016.
- GOIÂNIA, Prefeitura. **Dados Gerais de Goiânia.** Disponível em: <<https://www.goiania.go.gov.br/html/principal/goiania/dadosgerais/dadosgerais.shtml>> Acesso em 14 nov 2016
- GOIÂNIA. Lei Municipal Ordinária nº 5735, de 19 de dezembro de 1980. Goiânia. 1980. **Dispõe sobre a divisão das áreas urbanas e de expansão urbana do município de Goiânia em zonas de uso e dá outras providências.** <https://leismunicipais.com.br/a/go/g/goiania/lei-ordinaria/1980//5735/>. Disponível em:. Acesso em: 09 nov. 2016.
- INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia.** 2015. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos.php> Acesso em 02/11/2016 às 22h55min.

- MONTES, R. M.; LEITE, J. F. **A Drenagem Urbana de Águas Pluviais e seus Impactos Cenário Atual da Bacia do Córrego Vaca Brava-Goiânia–GO**. Goiânia/GO: Universidade Católica de Goiás, 2008. Disponível em: <<http://pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/A%20DRENAGEM%20URBANA%20DE%20%20C3%81GUAS%20PLUVIAIS%20E%20SEUS%20IMPACTOS%20CE%20N%20C3%81RIO%20ATUAL%20VACA%20BRAVA.pdf>> Acesso em: 02 nov. 2016.
- NASCIMENTO, D. T. F.; OLIVEIRA, I, J. de. **Mapeamento do Crescimento Urbano de Goiânia-GO:1986 a 2010**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DAS METRÓPOLIS,2010, Goiânia. Anais. Goiânia, 2010.
- NOCETTI, T. F; CORDEIRO, J. S. **A VISÃO DOS ATORES NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA: UMA ANÁLISE CRÍTICA DA GESTÃO DOS RECURSOS HUMANOS**. Revista de Ensino de Engenharia, v. 29, n. 2, p. 14-26, 2012. Disponível em:< <http://www.abenge.org.br/revista/index.php/abenge/article/view/87>> Acesso em: 09 nov. 2016.
- NUNES, A. P. ; SILVA, L.; RIBEIRO, M.G.N.; NARDINI, M. J. M. A.; FARIA, K. M. S. de. **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA SUB-BACIA DO CÓRREGO MACAMBIRA, GOIÂNIA/GO**. Agência Municipal de Meio Ambiente de Goiânia (GO), 2008. Disponível em:<http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/resumos_expandidos/eixo3/005.pdf> Acesso em: 02 nov. 2016.
- REIS, R. P. A.; DE OLIVEIRA, L. H; SALES, M. M. **Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais**. Ambiente Construído, v. 8, n. 2, p. 99-117, 2008. Disponível em:< <http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5361>> Acesso em: 14 nov 2016.
- SALES, M.M.; NASCIMENTO, M.A.L.S. **Erosões urbanas em Goiânia – cadastramento e diagnóstico**. In: Simpósio Sobre Solos Tropicais e Processos Erosivos no Centro-Oeste, 1, 2003, Brasília. Anais... Brasília: UNB, 2003, p. 53-60.
- SEPLAM - Secretaria Municipal de Planejamento -. **Lei 171/2007. Plano Diretor de Goiânia**. GOIÂNIA, 2007. Disponível em: <<http://www.goiania.go.gov.br/shtml/seplam/legislacao/legislacao.shtml>> Acesso em: 14 nov 2016.
- SIEG - **Sistema Estadual de Geoinformação**. Disponível em:< <http://www.sieg.go.gov.br/> . Acesso em: 14 nov. 2016.

SILVEIRA, A.L.L. Apostila: **Drenagem Urbana: aspectos de gestão**. 1ª (ed.) Curso preparado por: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq), 2002.

SOUZA, C. F. **Mecanismos técnico institucionais para a sustentabilidade da drenagem urbana**. 2005. 174p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre. 2005

TAVANTI, D. R. **Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto aplicado ao processo de planejamento urbano**. 2009. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana)– Departamento/ de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2009.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. In: Tucci,C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.15-36.

Recebido em 09 de fevereiro de 2017.

Aprovado em 03 de março de 2017.