



DESENVOLVIMENTO  
E MEIO AMBIENTE

BIBLIOTECA  
DIGITAL  
DE PERIÓDICOS  
BDP | UFPR

[revistas.ufpr.br](http://revistas.ufpr.br)

## **O impacto do parcelamento de solo sobre o escoamento superficial: o caso do Condomínio Alto da Boa Vista (Distrito Federal, Brasil)**

### ***The impact of land use/land cover change in suburban subdivisions on surface runoff: the case of the Gated Community Alto da Boa Vista (Federal District, Brazil)***

Rebecca Costa SANTOS<sup>1</sup>\*, José Augusto Leitão DRUMMOND<sup>1</sup>, Gustavo Macedo de Mello BAPTISTA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, Brasil.

\* E-mail de contato: [rebeccasantos@gmail.com](mailto:rebeccasantos@gmail.com)

Artigo recebido em 11 de fevereiro de 2023, versão final aceita em 28 de agosto de 2023, publicado em 3 de maio de 2024.

#### **RESUMO:**

Danos ambientais são inerentes ao processo de urbanização e por isso devem ser meticulosamente mensurados e mitigados, especialmente aqueles que afetam o regime hidrológico, pois os seus efeitos reverberam para além da área urbanizada e atingem toda a bacia hidrográfica. Embora essenciais para a mitigação dos danos ambientais de parcelamentos urbanos, os sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais são tipicamente relegados ao segundo plano no decurso da regularização fundiária urbana. O presente estudo avaliou as implicações da ausência de planejamento adequado, focalizando o processo de ocupação e regularização do Condomínio Alto da Boa Vista – Sobradinho (Distrito Federal). As fontes usadas foram a documentação de regularização fundiária, dados relativos ao regime pluvial, tipologia dos solos e imagens de sensores remotos. As imagens possibilitaram detectar mudanças na cobertura do solo ao longo de vários anos e identificar alterações decorrentes da infiltração e do escoamento superficial. A análise evidenciou que as irregularidades ambientais e urbanísticas ocorreram durante o processo de planejamento e instalação do parcelamento e contribuíram para a ocorrência de fenômenos erosivos. Constatamos que é necessário aperfeiçoar a gestão pública no sentido de extinguir a morosidade na concessão de licenças urbanísticas e ambientais, além de definir previamente exigências tecnicamente adequadas e integradas para a instalação de sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais em áreas de expansão urbana.

*Palavras-chave:* regularização fundiária; degradação ambiental; urbanização; sistema de captação de águas pluviais; planejamento urbano.

---

**ABSTRACT:** Environmental damages are inherent to urbanization processes and therefore need to be carefully measured and mitigated, especially those that affect hydrological regimes, because they reverberate beyond the urbanized area and reach the entire watershed. Although essential for mitigating environmental damages affecting suburban subdivisions, drainage systems and rainwater management are usually given secondary status during urban land planning. The present study evaluated the implications of the absence of adequate subdivision planning, focusing on the process of occupation and regularization of the Gated Community Alto da Boa Vista – in the *Sobradinho* Administrative District (in Brazil's Federal District). Our sources were land regularization documents, data on rainfall, soil typology and remote sensing imagery. The images allowed us to detect changes in soil cover over several years and to identify resulting changes in infiltration and runoff. Data analysis showed that faulty attention was given to environmental and urban aspects during the planning phase and the installation of the gated community and contributed to the occurrence of erosion processes. It was found that it is necessary to improve public management routines to expedite the granting of urban and environmental licenses, in addition to defining technically adequate and integrated requirements for the installation of drainage systems and the management of rainwater runoff in areas affected by urban expansion.

*Keywords:* land tenure regularization; environmental deterioration; subdivision impacts; catchment hydrology; urban planning.

## 1. Introdução

Tradicionalmente, o processo de expansão urbana incide sobre o território para atender às necessidades humanas de habitação, comércio, produção, integração e lazer. As necessidades e o interesse humanos de ocupar determinados espaços, em regra, precedem à adequação ambiental desses novos espaços a ocupar. Isso alimentou o desenvolvimento de tecnologias que buscam neutralizar as “inconveniências” ambientais que impedem o estabelecimento de assentamentos humanos.

No contexto da ocupação e expansão urbanas, os primeiros componentes naturais da paisagem sacrificados são os corpos d'água ou áreas úmidas – rios, lagos, suas margens, várzeas, manguezais, restingas, nascentes e aquíferos. Dessa forma, a urbanização gera enormes problemas relacionados principalmente com a deterioração do ambiente natural e urbano e com processos de desorganização social ligados à escassez e precarização de habitação, ao desemprego e a problemas de higiene e de

saneamento básico cuja solução tipicamente depende da intervenção do poder público (Silva, 2018). É o poder público que procura transformar o meio urbano e criar melhores condições de ocupação humana por meio da urbanificação, que consiste em um processo deliberado de correção da urbanização. Mas, na contramão dos esforços de correção, o poder público por vezes promove explicitamente e admitidamente a desordem urbana.

A explosão urbana e a falta ou escassez de investimentos em urbanificação têm, como consequência, a deterioração das condições de vida. São necessárias novas formas de atuação do poder público para promover programas mais eficientes de produção habitacional. Esses programas devem ser dotados da qualidade almejada pela população e seguir os padrões aceitos de habitabilidade (Fantinatti & Zuffo, 2011).

Dentre os requisitos mínimos de habitabilidade está a implantação de infraestrutura de saneamento básico. Contudo, no Brasil, de acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017 (IB-

GE, 2017), enquanto 99,6% dos municípios eram atendidos por serviço de abastecimento de água, apenas 60,3% deles eram atendidos por serviço de esgotamento sanitário por rede coletora. Sequer constam na pesquisa dados a respeito dos sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais e de coleta de resíduos sólidos.

O levantamento do IBGE e suas lacunas demonstram a carência das infraestruturas de saneamento relativas à coleta e ao tratamento de esgotos, ao manejo de águas pluviais e à gestão de resíduos sólidos. Essa deficiência incide justamente nos aspectos do saneamento mais relevantes para a mitigação de danos ambientais derivados da urbanização. Tal contexto reforça as evidências de que a dimensão ambiental da urbanização é desconsiderada na forma predominante de ocupação do solo nas cidades brasileiras. Entre outros aspectos, isso tem contribuído para o desequilíbrio do ciclo da água – tanto no que tange ao escoamento como no que diz respeito à infiltração (Bezerra *et al.*, 2020).

Os problemas de escoamento de águas pluviais não são novidade para os tomadores de decisão locais sobre o uso da terra. A principal preocupação com o escoamento sempre foi a segurança, com o foco em direcionar e drenar a água das superfícies pavimentadas da forma mais rápida e eficiente possível. Uma vez fora da estrada e fora de vista, as águas pluviais são em grande parte esquecidas – pouco importam as consequências a jusante (Arnold & Gibbons, 1996).

Os resultados disso são enchentes, alagamentos, inundações, fenômenos erosivos, assoreamento e contaminação dos corpos d'água, ou seja, problemas sociais e ambientais derivados da falta de planejamento das bacias urbanas. Embora essencial à preservação do meio ambiente, a drenagem e o

manejo de águas pluviais ainda são pouco explorados nas normas federais de natureza ambiental ou urbanística. Um dos poucos instrumentos a conceituar a drenagem de águas pluviais é a Política Federal de Saneamento Básico, instituída pela Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Brasil, 2007). No entanto, a lei trata do tema de forma genérica e sem definir princípios de implantação.

Em resposta à necessidade de minimizar os riscos ambientais e sociais inerentes à expansão urbana, a literatura científica vem reconstruindo a teoria de execução e gestão dos sistemas de manejo de águas pluviais. Na nova concepção adotada como referência para o presente artigo, o controle e a minimização dos efeitos adversos das enchentes, inundações e alagamentos em áreas urbanas não se limitam ao princípio dominante no meio técnico tradicional, cujo foco é apenas possibilitar o afastamento e o escoamento das águas pluviais dos pontos críticos (Christofidis *et al.*, 2019).

Em outras palavras, o conceito de sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais tem avançado em um novo sentido, apontado por autores como Righetto (2009) e Tucci *et al.* (2002). De acordo com esses autores, os sistemas passam a ser concebidos como um conjunto de ações e soluções de caráter estrutural e não estrutural, envolvendo a execução de grandes e pequenas obras de planejamento e gestão da ocupação do espaço urbano. As experiências resultantes da urbanização demonstram que as práticas convencionais de engenharia de recursos hídricos geralmente exacerbam as enchentes a jusante. Além disso, degradam a qualidade da água, destroem habitats e comprometem a estabilidade dos sistemas devido ao volume acumulado e à velocidade dos fluxos de descarga (Farr, 2013). Pompêo (2000) sustenta que o planejamento de atividades

urbanas relacionadas à água deve se integrar ao próprio planejamento urbano, inclusive ao desenho da malha urbana e à sua expansão, ao zoneamento de atividades, à rede viária e de transportes, aos fluxos de informações, aos aspectos paisagísticos etc.

Portanto a concepção de um sistema de drenagem não se restringe ao planejamento de uma rede de coleta que transfira o escoamento superficial de uma superfície de interesse para um ponto distinto de lançamento, descartando todos os impactos ambientais. O manejo das águas pluviais precisa adotar princípios que incluam a dinâmica das águas no ciclo hidrológico. Esses princípios devem propiciar a redução do escoamento superficial das águas pluviais e induzir a infiltração e percolação nos solos para alcançar um controle quantitativo, qualitativo e de regularização da oferta hídrica. O sistema de manejo deve adotar ainda estruturas de retenção de águas, como equipamentos alternativos para reduzir o pico de cheias e a velocidade de escoamento das águas (Souza *et al.*, 2012).

Em razão das implicações da ausência de planejamento adequado, este artigo teve por objetivo examinar:

- (i) como ocorreu o processo de ocupação do Condomínio Alto da Boa Vista – Planaltina/DF; e
- (ii) as alterações ambientais decorrentes da mudança do uso do solo no local.

A análise correlacionou as alterações no escoamento superficial no terreno em decorrência da ocupação urbana da área de estudo, considerando tanto a implementação física do parcelamento quanto os procedimentos documentais que fundamentaram o registro e a regularização fundiária do condomínio.

## 2. Caracterização da área de estudo

O Condomínio Alto da Boa Vista, localizado no Distrito Federal – Brasil, foi estabelecido em terreno próximo a uma área urbana já consolidada no Distrito Federal (Figura 1). De acordo com o Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal – PDOT/DF, o condomínio está localizado na Zona Urbana de Expansão e Qualificação (Distrito Federal, 2009).

O novo parcelamento urbano foi concebido no formato de condomínio de uso misto. Com área de 251,83 hectares, o projeto do condomínio previu construir 2.705 unidades residenciais e de uso misto e 141 unidades comerciais (Distrito Federal, 2022). Embora toda a área seja localizada, conforme o PDOT/DF, em Zona Urbana de Expansão e Qualificação, parte do terreno apresenta características que não permitem o aproveitamento para fins urbanos. Essa parte abriga duas nascentes que fluem para o Ribeirão Sobradinho, representado pelo curso principal da feição “curso d’água” presente na Figura 1, o que acarreta a delimitação de parte do condomínio como Área de Preservação Permanente. Ademais, o terreno apresenta declive acentuado se comparado a outras regiões do Distrito Federal. Esse declive fica evidente pela forma e proximidade das curvas de nível apresentadas em linhas amarelas na Figura 1.

Portanto a forte declividade dessa parte leste do terreno é um fator relevante para a análise do processo de conversão urbana causada pela implantação do condomínio.

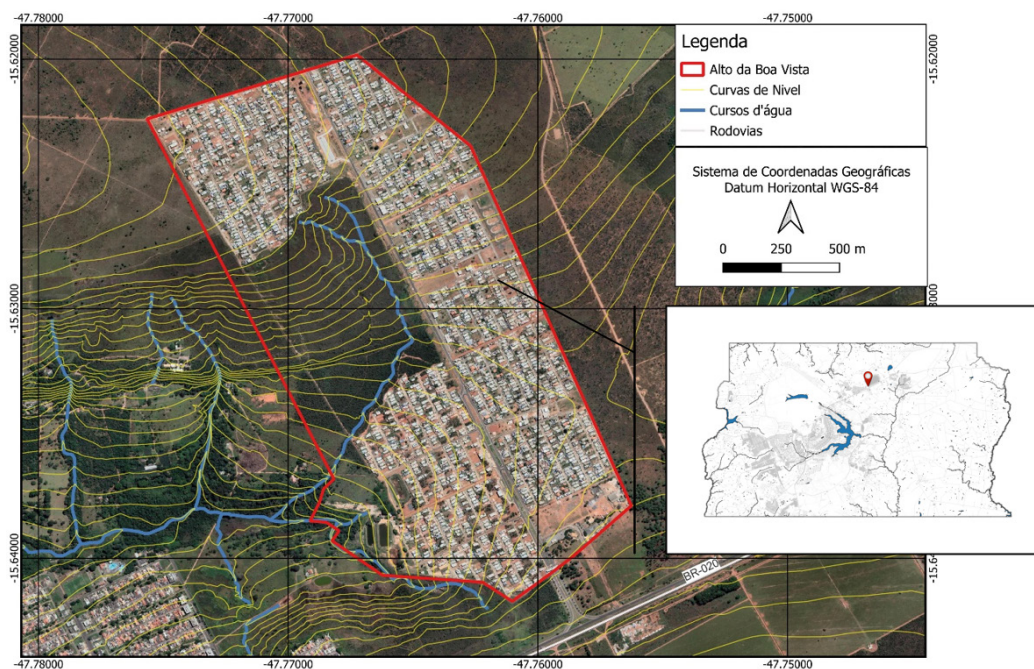


FIGURA 1 - Localização do Condomínio Alto da Boa Vista, Planaltina, Distrito Federal.

FONTE: Elaboração própria, com base em *Google Earth* (2022); IDE/DF (2022).

### 3. Materiais e métodos

Com a finalidade de permitir a análise dos efeitos da conversão da área de uso rural para urbano, a área de estudo foi dividida em três partes, tendo por bases:

(i) a declividade do terreno registrada a partir de curvas de nível na escala de 1:5.000 (IDE/DF, 2022);

(ii) as bacias de contribuição de drenagem pluvial (Distrito Federal, 2022); e

(iii) a sequência temporal de implantação de lotes e infraestruturas. Essa divisão está exposta na Figura 2.

A Área 1 está localizada na porção noroeste do empreendimento e sua conversão em área urbana ocorreu logo no início do empreendimento. A sua parte ocupada dispõe da topografia menos íngreme se comparada com o restante do terreno; ela contém a porção a ser preservada do condomínio, com o status de Área de Preservação Permanente. A Área 2 está na porção nordeste do empreendimento e sua conversão em área urbana também ocorreu desde o início do empreendimento. Por fim, a Área 3 abrange toda a face sul do empreendimento e sua infraestrutura de vias foi concluída somente em 2015.

Para subdividir as bacias de contribuição e compor as características físicas da área estudada, utilizamos como plataforma de trabalho o *software*



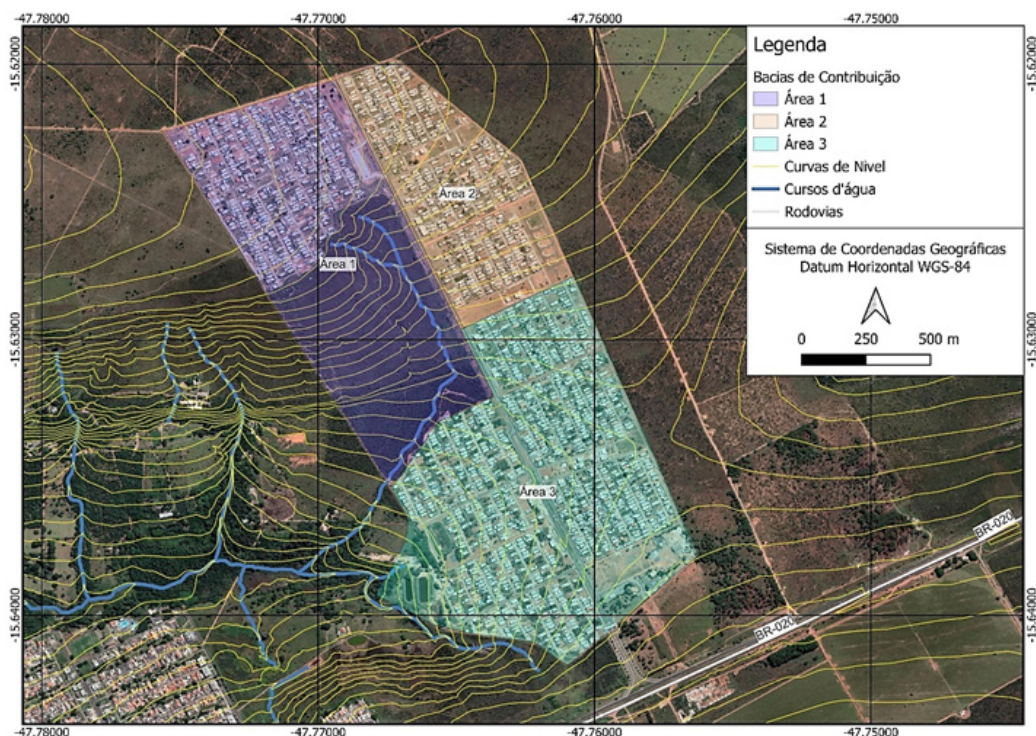


FIGURA 2 - Resultado da divisão da área total do Condomínio Alto da Boa Vista em três áreas de contribuição, para determinar escoamento e infiltração.

FONTE: Elaboração própria, com base em *Google Earth* (2022); IDE/DF (2022).

QGis. Medimos as superfícies em que ocorreram mudanças na cobertura do solo para os anos de 2002, 2007, 2009, 2012, 2015, 2017 e 2022. Elas refletem os principais eventos de conversão do solo ocorridos na gleba, como abertura de vias e edificação de lotes.

O próximo passo foi determinar o comportamento de infiltração e escoamento em cada área. Para tanto, usamos o *software* ABC 6, desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões (LabSid) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP). O ABC 6 é frequentemente utilizado para simular eventos de chuva em bacias

hidrográficas urbanas e pequenas bacias rurais. O *software* consiste em um modelo sintético, cujos parâmetros são ajustados de acordo com as características físicas de cada bacia. Fizemos estimativas de infiltração e escoamento superficial direto da área do empreendimento, adotando intervalo de discretização dos cálculos de 10 min. O ABC 6 disponibiliza diferentes equações para calcular o tempo de concentração da água em cada trecho estudado, ou seja, o tempo que a água leva do ponto mais distante da bacia até a seção de estudo. Para conhecer o tempo de concentração da bacia, foi utilizada a fórmula do *Soil Conservation Service* – SCS aplicável em

bacias de até 8 km<sup>2</sup>, cujo tempo de concentração é muito sensível ao valor da *curve number*<sup>1</sup>.

Para definir o *curve number*, consideramos o uso e a ocupação do solo para cada bacia de contribuição, sendo aplicados valores de *curve number* referentes a estradas, lotes urbanos e vegetação. Os valores dos *curve number* foram alimentados no *software*, tendo em vista as características da ocupação, tais como fisionomia da vegetação (densa ou esparsa) ou cobertura das vias (pavimentadas ou de terra).

A partir do ABC 6, foram gerados gráficos que representam a precipitação total, e a precipitação excedente na forma de hietogramas de escoamento superficial direto que refletem o comportamento das alterações ocorridas no ambiente. Para análise do escoamento, trabalhamos com os dados de cobertura do solo relativos aos anos de 2002, 2009, 2015, 2017 e 2022.

Na segunda etapa, reunimos informações a respeito do processo de regularização urbanística e ambiental da área de estudo – licenças, memoriais descritivos, levantamentos, estudos e projetos utilizados no longo processo de regularização fundiária do empreendimento.

Por fim, agregamos ao estudo dados obtidos por meio de levantamento realizado com veículo aéreo não tripulado – VANT, modelo Phantom 4 PRO V2.0 COM SENSOR CMOS de 1” e 20 MP, com o qual obtivemos imagens detalhadas de processos erosivos que ocorrem na área de estudo.

## 4. Resultados

### 4.1. O avanço da impermeabilização do solo no Condomínio Alto da Boa Vista

Superfícies impermeáveis podem ser definidas como superfícies cobertas por qualquer material que impeça a infiltração de água no solo. Em geral, a impermeabilização gera significativa preocupação ambiental, uma vez que problemas de escoamento urbano estão intimamente associados à degradação das águas urbanas. (Arnold & Gibbons, 1996; Ebrahimian et al., 2016).

A impermeabilização do solo é uma transformação inerente ao processo de urbanização que prejudica a capacidade natural de infiltração da água no solo e aumenta o volume do escoamento superficial. As consequências disso se desdobram em diversos problemas ambientais, como o aumento das vazões máximas dos corpos d’água, inundações e deslizamentos, deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea e assoreamento de corpos d’água (Tucci, 2012).

No intervalo de 20 anos, 73% da área do condomínio estudado foram impermeabilizados. Inicialmente, a conversão do solo foi causada pela construção de vias de delimitação de lotes predominantemente residenciais e que foram progressivamente sendo convertidos de uso rural para uso urbano. Em 2017, a ocupação dos lotes foi intensificada com a construção de novas vias e edificações, culminando na plena urbanização da área do empreendimento – Figura 3(a).

<sup>1</sup> O método *Curve Number* (CN) desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* – USA é um método simples formulado a partir da textura do solo, do uso e ocupação do solo e das práticas de conservação do solo adotadas na bacia. O método visa determinar o volume aproximado de escoamento superficial de um evento de chuva em uma determinada região.

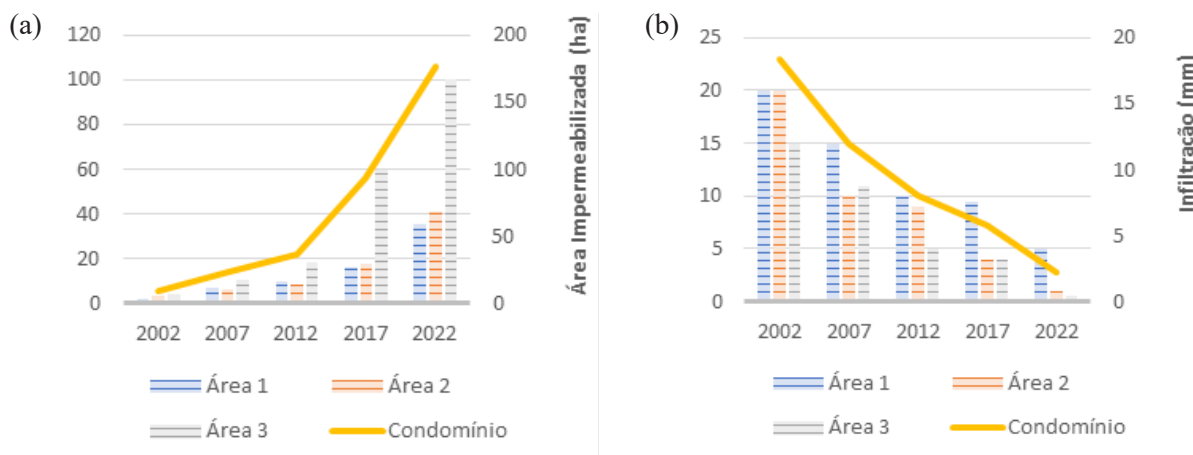


FIGURA 3 - (a) Evolução da área total impermeabilizada em hectares do Condomínio Alto da Boa Vista de 2002 a 2022. (b) Comportamento da infiltração em milímetros considerando valores de precipitação máxima para o Condomínio Alto da Boa Vista de 2002 a 2022.

FONTE: Elaboração própria.

A área impermeabilizada teve maior incremento entre 2017 e 2022, período em que 34% da área total de contribuição foi impermeabilizada. No entanto, a redução da infiltração foi mais acentuada na etapa inicial do empreendimento (2002 - 2012), com a instalação de vias, a retirada de vegetação nativa e os plantios comerciais de espécies arbóreas – Figura 3 (b).

A Figura 4 apresenta a situação da área do empreendimento em 2002. Nesse momento, a área era ocupada por talhões de plantios comerciais de árvores, vias de acesso sem pavimentação e vegetação nativa. A cobertura do solo em 2002 resultou em hietogramas com menor precipitação excedente – Figura 4 (a), (b) e (c) – representada na porção vermelha nas colunas dos hietogramas.

A partir de 2009, identificamos os primeiros impactos da mudança na cobertura do solo sobre a redução dos índices de infiltração. Após a abertura de vias e a retirada de plantios comerciais de árvo-

res, foram impermeabilizados os solos de aproximadamente 14% da área estudada, em virtude da construção de vias de acesso e ocupação dos lotes. Isso gerou o crescimento da chuva excedente conforme registrado nos hietogramas das Áreas 1, 2 e 3 – Figura 5 (a), (b) e (c).

A comparação entre a Figura 4 e a Figura 5 mostra que os valores do pico de chuva excedente nas Áreas 1 e 2 cresceram respectivamente – 112 e 125% entre 2002 e 2009. A mesma queda de infiltração no período é notada em menor proporção na Área 3 na qual o pico de chuva excedente cresceu 30%. A diferença entre os valores de pico excedente entre as diferentes áreas pode ser explicada pela cobertura do solo em 2002: as Áreas 1 e 2, naquele período, eram totalmente ocupadas por vegetação nativa e plantios comerciais de árvores, que permitiam maior permeabilidade do solo, enquanto a Área 3, naquele período, estava sem cobertura florestal em regime de pousio.



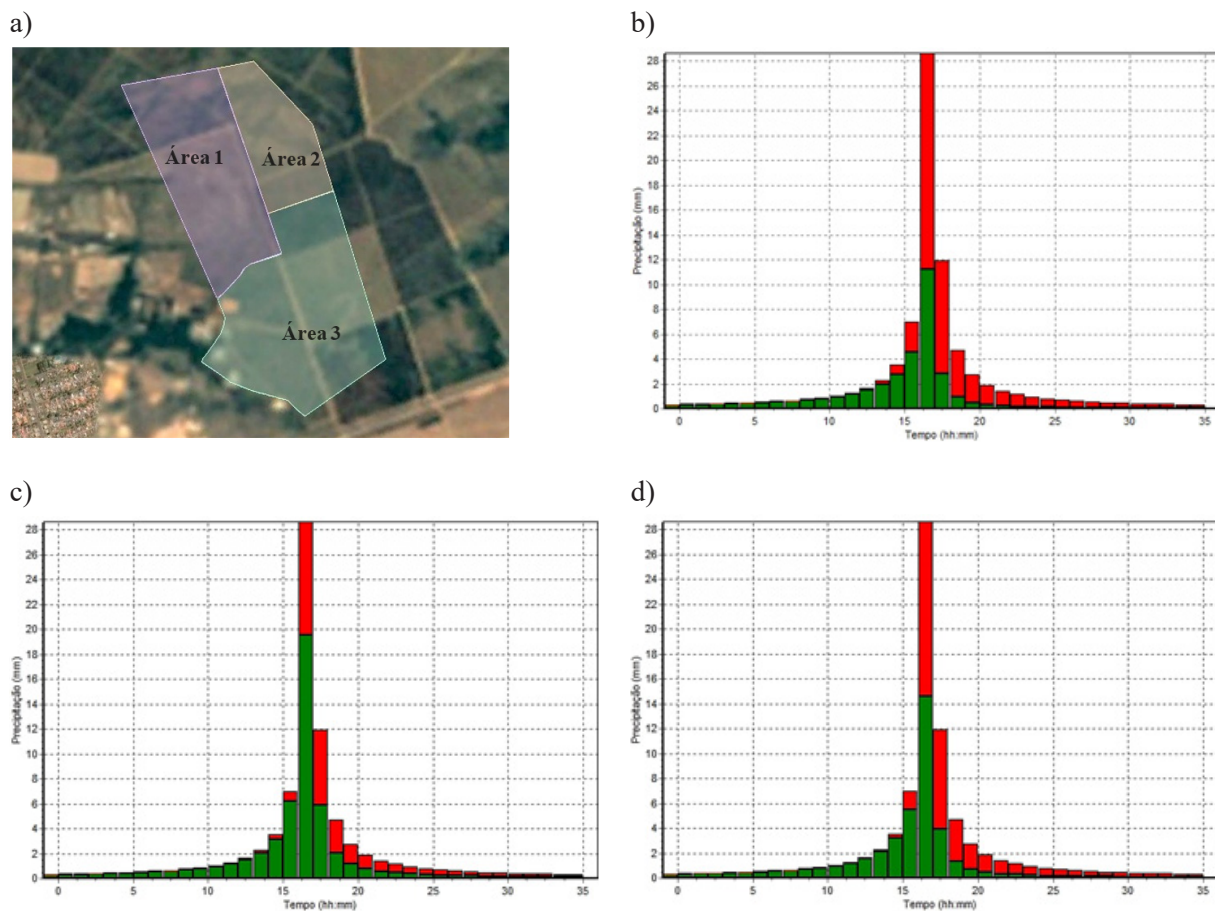


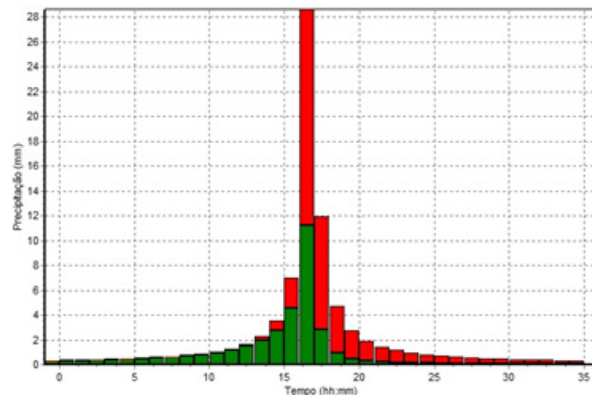
FIGURA 4 - (a) Efeitos do parcelamento e da precipitação nas três áreas do Condomínio Alto da Boa Vista (2002). Hietograma de chuva excedente para o ano de 2002 para a Área 1 (b), Área 2 (c) e Área 3 (d) com valores de infiltração em verde e escoamento em vermelho.

FONTE: Elaboração própria com base em Google Earth (2023).

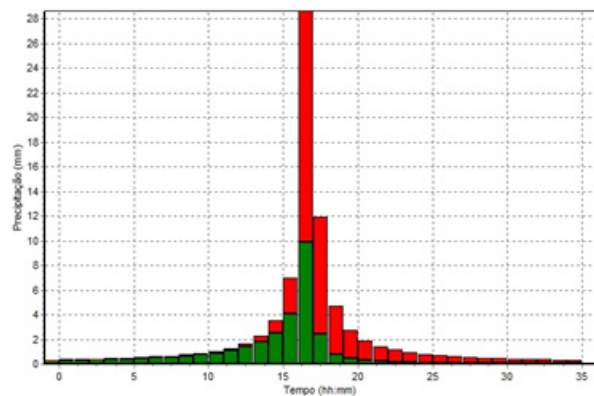
a)



b)



c)



d)

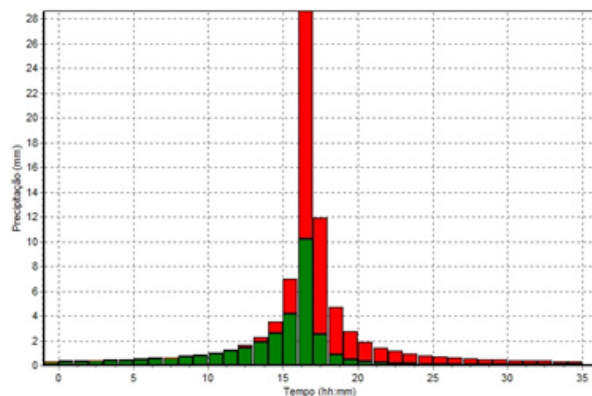


FIGURA 5 - (a) Efeitos do parcelamento e da precipitação nas três áreas do Condomínio Alto da Boa Vista (2009). Hietograma de chuva excedente para o ano de 2009 para a Área 1 (b), Área 2 (c) e Área 3 (d) com valores de infiltração em verde e escoamento em vermelho.

FONTE: Elaboração própria com base em Google Earth (2023).

A mudança acentuada nos valores do excedente hídrico demonstra que a instalação de vias, a retirada de cobertura de cultivos comerciais de árvores e o corte de vegetação nativa foram determinantes para a redução da infiltração do solo.

Em 2015, as vias do empreendimento foram concluídas, com a ocupação do total da Área 3 e a expansão da Área 1 até os limites da Área de Preservação Permanente do condomínio. Além disso, entre 2009 e 2015, terrenos ainda ocupados por pousio ou vegetação nativa foram convertidos em edificações, resultando na impermeabilização de 53% do empreendimento por vias e prédios nos lotes, conforme exposto na Figura 6(a).

Além da construção posterior de vias, a Área 3 teve parte da sua cobertura vegetal retirada entre 2012 e 2015 para permitir a implantação de edificações e equipamentos de uso coletivo, levando a uma redução mais acentuada na infiltração. O crescimento dos valores de precipitação excedente é perceptível ao comparar as Figuras Figura 4 (d), Figura 5 (d), Figura 6 (d) e Figura 7 (d).

A Área 3 guarda algumas particularidades na implantação de infraestrutura, pois parte de sua extensão é localizada em cotas abaixo das Área de Preservação Permanente, na qual ocorre a maior declividade do terreno. A implantação das vias nesse local ocorreu entre 2009 e 2015. Diferente das Áreas 1 e 2, onde a maior parte das vias foi implementada em 2004, por meio de ruas sem pavimentação, as vias da Área 3 foram construídas e pouco depois pavimentadas. Isso causou uma alteração abrupta da velocidade de escoamento das águas pluviais, a redução da infiltração e o aumento do escoamento superficial, conforme registrado na Figura 7 (d).

Entre 2017 e 2022, com a conclusão do empreendimento, a porção infiltrada da precipitação nas

Áreas 2 e 3 é quase anulada, apenas a Área 1 permanece com valores significativos de precipitação infiltrada em razão da presença da porção conservada a título de Área de Preservação Permanente (Figura 7 e Figura 8).

#### *4.2. Redução da infiltração e crescimento do escoamento superficial – relações com os processos erosivos no Condomínio Alto da Boa Vista*

A Figura 9 apresenta uma linha do tempo que contém a sequência de eventos até a consolidação da conversão urbana da gleba.

Os dados indicam que, nos primeiros anos da conversão do solo nas Áreas 1, 2 e 3, houve uma redução significativa da infiltração e, por consequência, o aumento do escoamento superficial. O escoamento superficial em si é um processo natural que, embora em regra associado apenas a impactos negativos, apenas reflete a apropriação e a falta de cuidado com a cobertura superficial das bacias hidrográficas rurais ou urbanas (Santos, 2022).

Durante a instalação do empreendimento, a cobertura vegetal foi retirada dando lugar ao solo exposto. A exposição da terra nua à precipitação na área do empreendimento causou escoamento superficial com o potencial de gerar impactos negativos tais como fenômenos erosivos e assoreamento de corpos d'água.

Neste sentido, concomitante à conclusão da conversão do solo nas Áreas 1 e 3 entre 2015 e 2017, verificamos a formação de uma voçoroca fora dos limites do empreendimento, próximo ao seu limite sudoeste. O início do fenômeno pode ser notado na comparação de imagens dos anos de

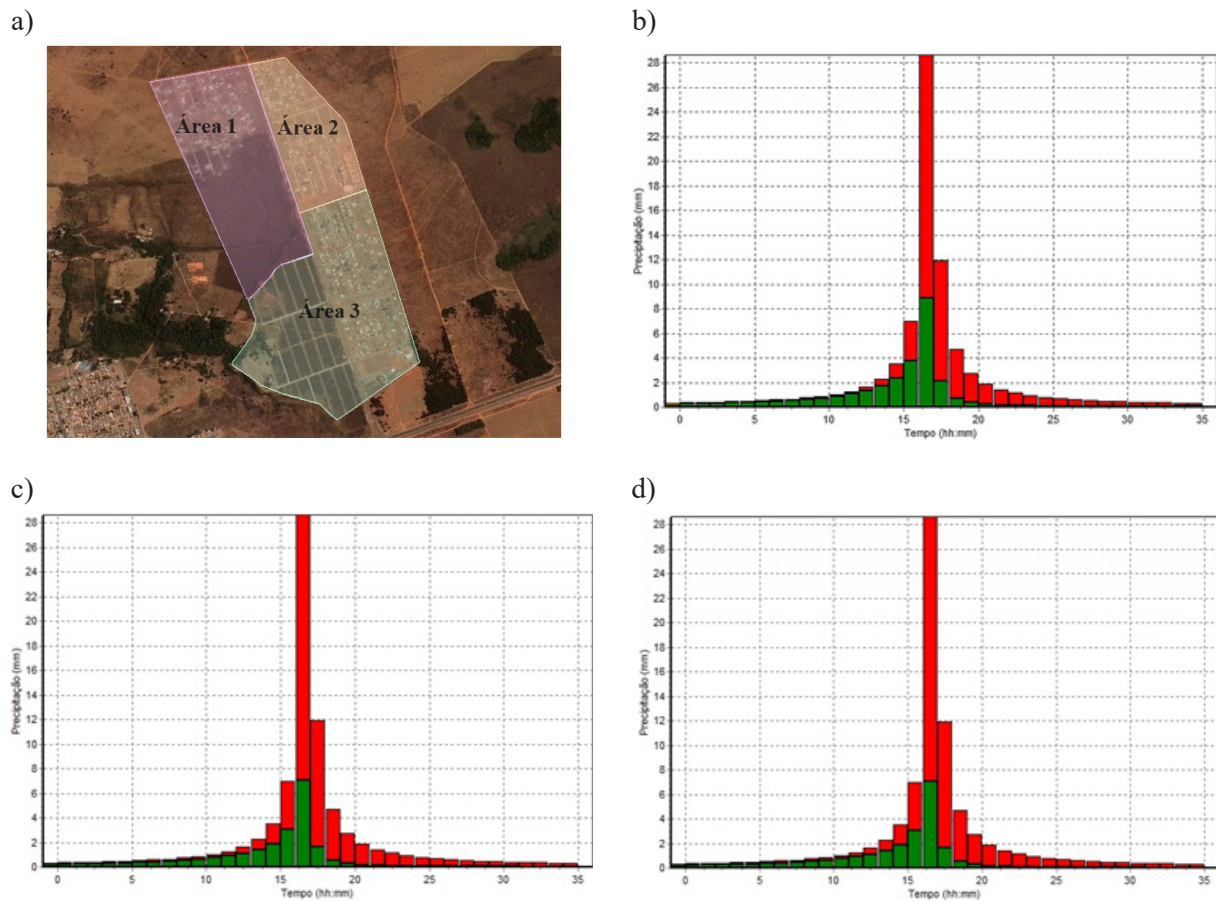


FIGURA 6 - (a) Efeitos do parcelamento e da precipitação nas três áreas do Condomínio Alto da Boa Vista (2015). Hietograma de chuva excedente para o ano de 2015 para a Área 1 (b), Área 2 (c) e Área 3 (d) com valores de infiltração em verde e escoamento em vermelho.

FONTE: Elaboração própria com base em Google Earth (2023).



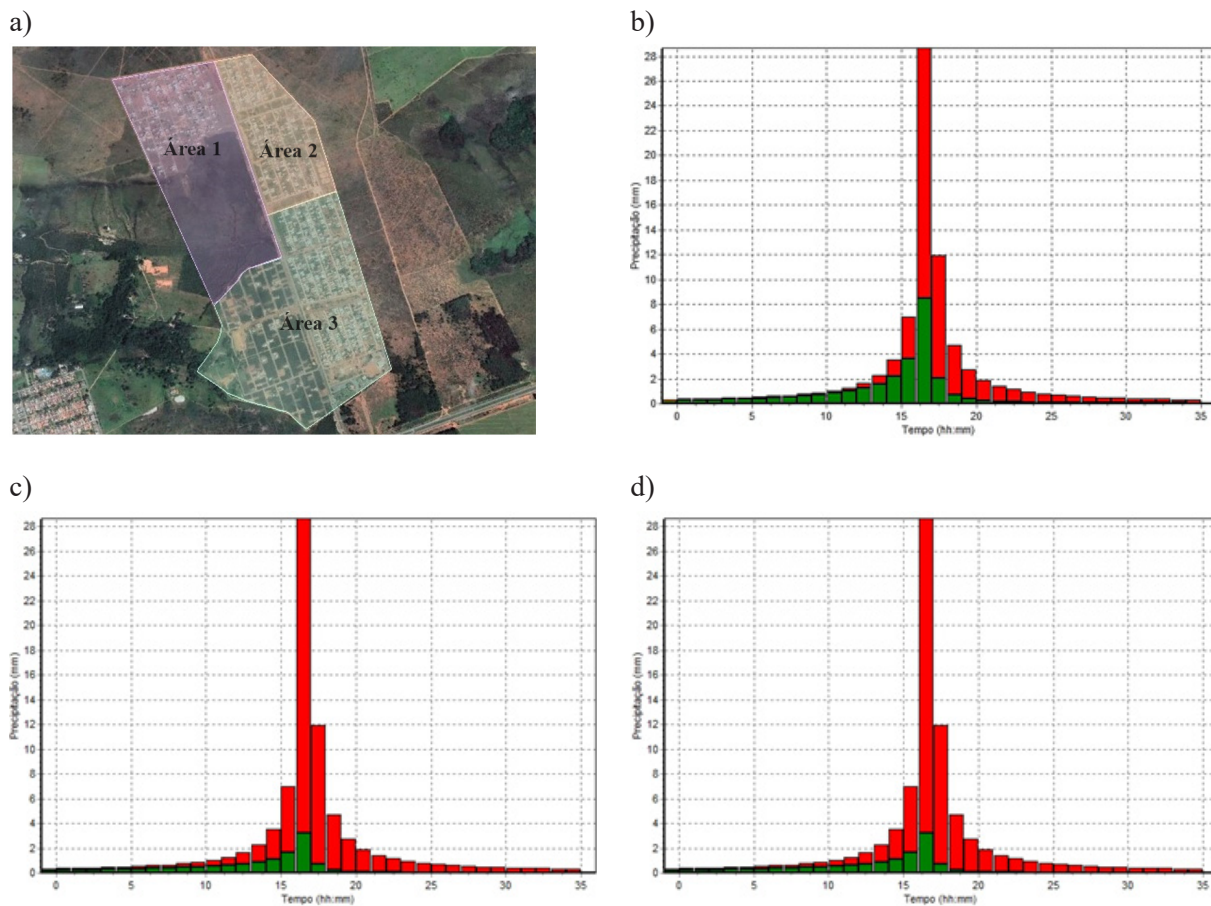


FIGURA 7 - (a) Efeitos do parcelamento e da precipitação nas três áreas do Condomínio Alto da Boa Vista (2017). Hietograma de chuva excedente para o ano de 2017 para a Área 1 (b), Área 2 (c) e Área 3 (d) com valores de infiltração em verde e escoamento em vermelho.

FONTE: Elaboração própria com base em Google Earth (2023).

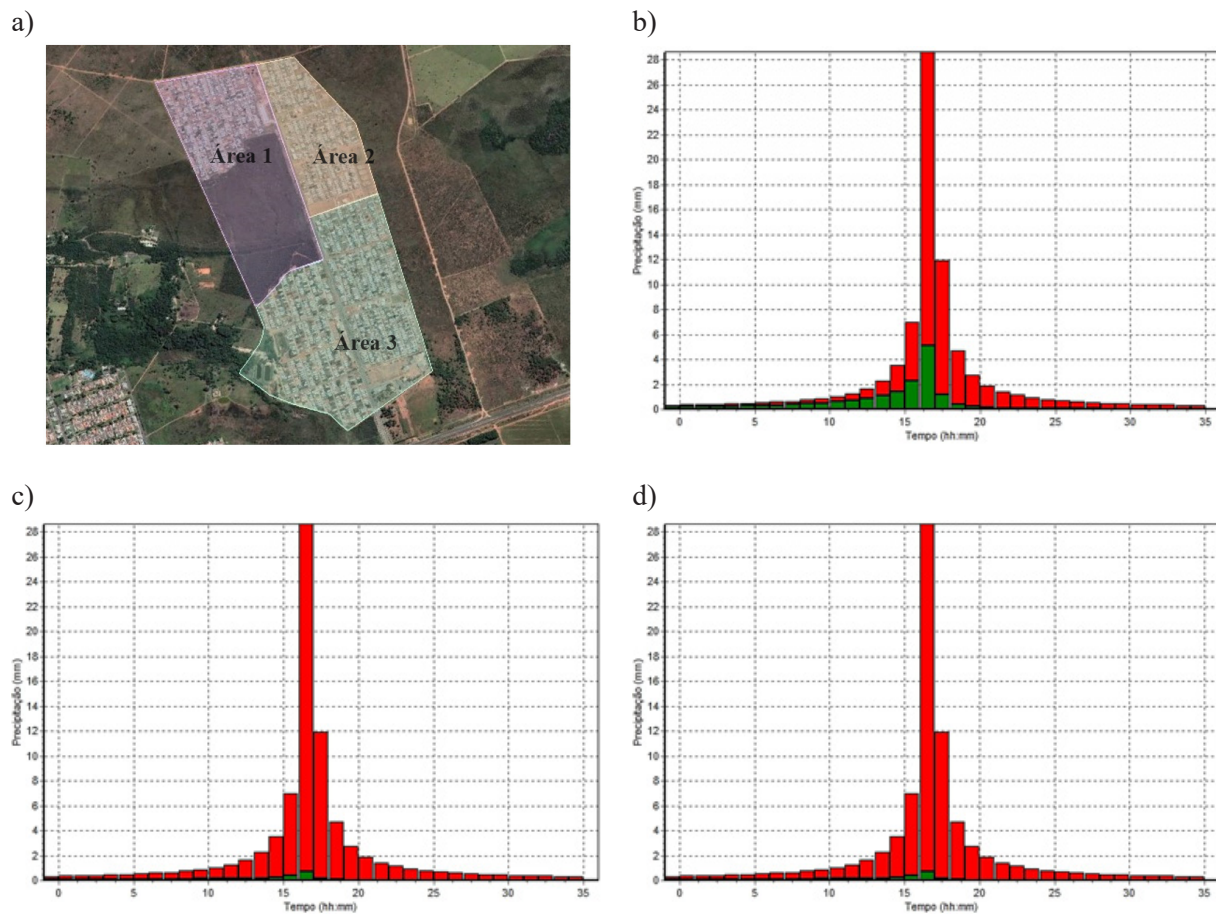


FIGURA 8 - (a) Efeitos do parcelamento e da precipitação nas três áreas do Condomínio Alto da Boa Vista (2022). Hietograma de chuva excedente para o ano de 2022 para a Área 1 (b), Área 2 (c) e Área 3 (d) com valores de infiltração em verde e escoamento em vermelho.

FONTE: Elaboração própria com base em Google Earth (2023).

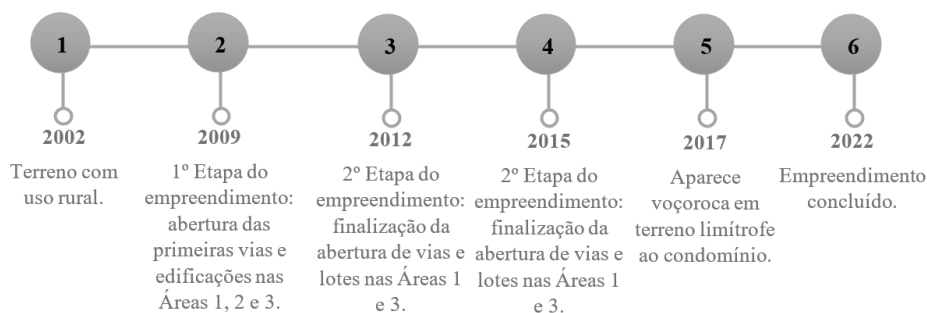


FIGURA 9 - Linha do tempo do processo de conversão do uso do solo e aparecimento do fenômeno erosivo no Condomínio Alto da Boa Vista (2002-2022).

FONTE: Elaborado pelos autores.

2014 e 2015 (Figura 10 e Figura 11). Na Figura 10, a vegetação ainda é densa e não há indícios de solo exposto na área úmida; contudo, na Figura 11, vemos porções de solo exposto e a redução na densidade da vegetação.

Coincidindo com a drástica redução da infiltração na Área 3 (Figura 3), presente também em menor proporção nas Áreas 1 e 2, o fenômeno erosivo localizado nos limites do condomínio se agrava e a área assume a feição de voçoroca em 2017 (Figura 12). Até o estabelecimento da voçoroca, o terreno em processo erosivo recebia a contribuição não somente da Área 3, mas de todo o empreendimento, uma vez que o sistema de drenagem e manejo de águas pluviais ainda não havia sido completado. O escoamento superficial era direcionado pelas ruas que confluem na via central do condomínio, que funcionava como um grande canal de escoamento de águas de chuva.

Analisar a área de forma mais aproximada permite identificar o comportamento do fluxo do escoamento da água no terreno que converge em direção ao fenômeno erosivo (Figura 13).

As imagens demonstram que a conversão da área rural em urbana alterou a cobertura do solo e mudou a dinâmica de escoamento no local, agravando o curso do processo erosivo natural.

## 5. Discussão

### 5.1. O processo de regularização urbanística e ambiental do Condomínio Alto da Boa Vista

Embora a conversão da área rural em condomínio tenha começado em 2005, o empreendedor iniciou o processo de regularização urbanística em 1992. O licenciamento ambiental do condomínio, por sua vez, teve início em 1998, na Secretaria de Meio Ambiente do Distrito Federal, com o requerimento de licença prévia. Isso esteve de acordo com a regulamentação instituída pela Resolução do Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997 (Distrito Federal, 2022). Em 2000, a Secretaria concedeu a licença prévia para o empreendimento – Licença Prévia nº 022/00 – SEMARH (Distrito Federal, 2022). Nesse momento, foi exigida a elaboração



FIGURA 10 - No retângulo vermelho, na área registrada em 2014, ainda não está configurada a voçoroca, que aparece em 2015.

FONTE: Elaboração própria, com base em imagem do Google Earth (2022).

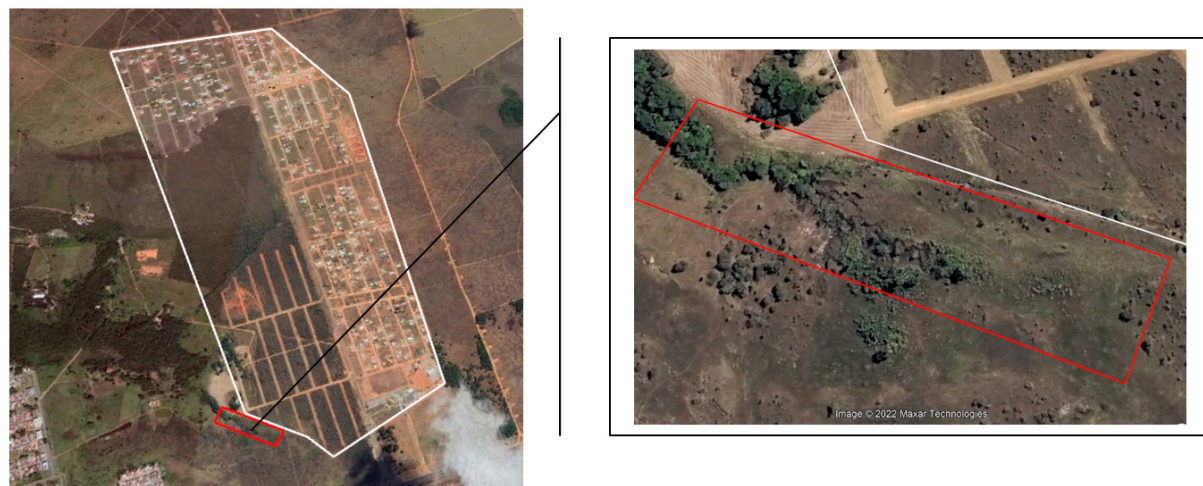


FIGURA 11 - No retângulo vermelho, na área registrada em 2015, vemos o início do fenômeno erosivo.

FONTE: Elaboração própria, com base em imagem Google Earth (2022).



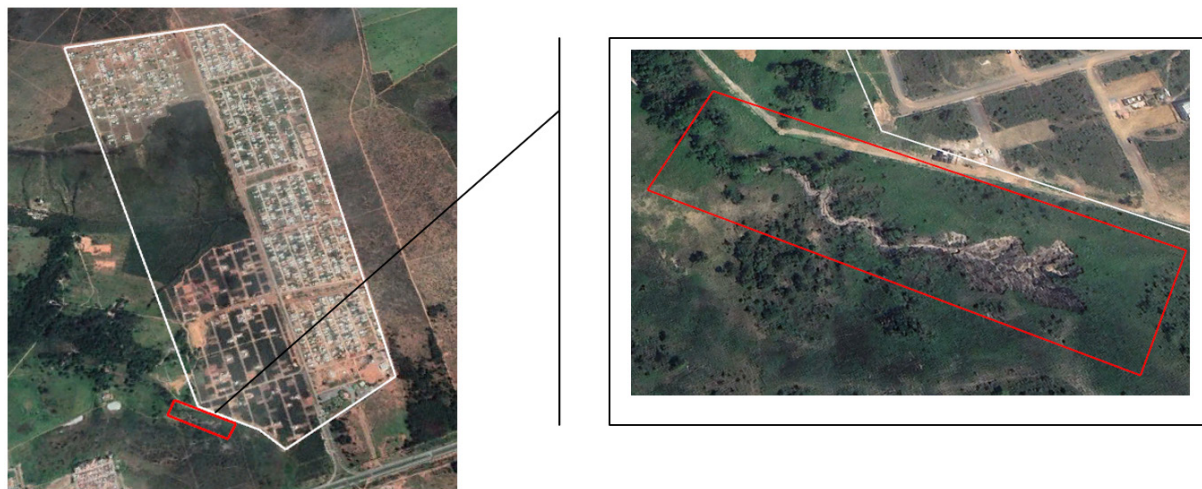


FIGURA 12 - No retângulo vermelho, área atingida por voçoroca em 2017.

FONTE: Elaboração própria, com base em imagem Google Earth (2022) e aerolevantamento realizado por meio de VANT.



FIGURA 13 - Área atingida por voçoroca em 2020.

FONTE: Elaboração própria, com base em aerolevantamento realizado por meio de VANT.

de estudo de impacto ambiental, com o respectivo relatório de impacto ambiental (EIA-RIMA).

A instalação do empreendimento, contudo, foi autorizada somente após 17 anos, por meio da Licença de Instalação (LI) nº 003/2017 – Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) (Distrito Federal, 2017). A regularização urbanística da área, por sua vez, ocorreu somente em 2011, a partir do registro em cartório do “Memorial Descritivo de Regularização de Parcelamento: MDE-RP – 051/99” (Distrito Federal, 2011). O MDE-RP foi emitido em novembro de 2011, quase duas décadas após o primeiro requerimento de regularização urbanística. Ou seja, do requerimento inicial do empreendedor até a regularização completa do empreendimento – que compreende a licença ambiental de instalação e o MDE-RP registrado em cartório –, decorreram 25 anos (Distrito Federal, 2011).

O empreendedor seguiu o procedimento exigido para ofertar lotes regularizados. Solicitou *a priori* o licenciamento urbanístico e ambiental e forneceu os projetos e estudos necessários. Contudo, ao invés de esperar por um tempo razoável pelo desfecho do seu processo (solicitação até o registro do memorial descritivo em cartório), o empreendedor começou a instalar a infraestrutura de vias a partir de 2004. Dessa forma, rigorosamente o parcelamento de solo começou como um loteamento clandestino, sem aprovação do poder público. Ao longo do tempo, tornou-se um loteamento irregular, ou seja, um parcelamento do solo urbano que obteve aprovação do poder público, mas que não foi executado conforme o ato administrativo de aprovação (Saule Júnior, 2008).

## 5.2. Relação da irregularidade ambiental e urbanística com danos ambientais decorrentes do parcelamento do solo

De acordo com Melo (2011), a irregularidade de um loteamento pode ocorrer de duas formas: primeiro, quando o empreendedor ou loteador obtém a aprovação urbanística municipal, mas não submete a documentação à qualificação e ao registro no escritório de imóveis competente. Ou seja, ocorre que o procedimento de aprovação do parcelamento, que é complexo, envolvendo aspectos urbanísticos, ambientais e registrais, sofre alguma interrupção ou suspensão que inviabiliza um prazo razoável para a sua conclusão regular, que é a qualificação positiva no registro de imóveis. A segunda forma de irregularidade acontece quando o loteamento, depois de completar todas as fases iniciais e necessárias para o início da alienação dos lotes, não é executado de acordo com o plano originário, no tocante ao traçado das vias públicas, ou às áreas institucionais ou verdes, ou à dimensão dos lotes etc. Alternativamente, a irregularidade pode residir no fato de o loteador não cumprir o cronograma previsto de obras da infraestrutura do loteamento.

No caso em tela, o empreendedor cometeu a ilegalidade de dar início ao parcelamento antes de seu registro em cartório. Contudo o procedimento do setor público também falhou ao conceder o registro cartorial para o empreendimento antes mesmo da emissão da licença ambiental de instalação - a licença garantiria, a princípio, o cumprimento de medidas mitigadoras de danos ambientais.

Nesse contexto, a morosidade da administração pública é um fator que impacta o meio ambiente, a oferta de imóveis regulares e o preço desses

imóveis. Tudo isso direciona o consumidor para o mercado informal de imóveis. Tal como descrevem Da Mata *et al.* (2009), a morosidade nos processos de licenciamento ambiental, na aprovação e registro de novos parcelamentos urbanos e na regularização de parcelamentos existentes, impacta negativamente a expectativa de retorno financeiro dos agentes e empresas do mercado imobiliário, em função da insegurança jurídica que causa incertezas e custos ao capital imobilizado.

Por outro lado, a administração pública ainda não identifica a impermeabilização como fator de degradação ambiental e não aplica as informações disponíveis para lidar com os impactos da urbanização nos recursos hídricos. Nesse contexto, é crucial gerir os recursos naturais e o espaço rural de forma a direcionar o planejamento e/ou abordagens regulatórias para reduzir a cobertura impermeável (Arnold & Gibbons, 1996).

Certamente, a maior vítima da clandestinidade e irregularidade de parcelamentos urbanos é o meio ambiente natural. Como demonstrado no caso do Condomínio Alto da Boa Vista, a instalação de infraestrutura sem a devida interveniência do poder público ocasionou processos erosivos que poderiam ter sido evitados com base no cumprimento de exigências tecnicamente sugeridas no projeto de urbanização, especialmente aquelas relativas à drenagem e ao manejo de águas pluviais.

A despeito das irregularidades do caso estudado, o parcelamento de solo ocorreu mediante um pedido prévio de regularização urbanística. Portanto o poder público cumpriu o seu papel de fazer exigências no âmbito do licenciamento urbanístico e ambiental. Contudo o período de emissão das licenças e a natureza das exigências não foram coerentes com o objetivo de prevenir os danos ambientais.

Uma lacuna importante é a ausência de normas para a elaboração de um projeto de drenagem urbana para diferentes ambientes e ciclos hidrológicos. Essas normas poderiam embasar de forma sistemática exigências técnicas. Reis *et al.* (2020) constataram que, no acervo de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as normativas mais próximas ao tema se referem à drenagem em áreas agrícolas (NBR 14.143/1998, 14.144/1998 e 14.145/1998), a instalações prediais de águas pluviais (NBR 10.844/1989) e a procedimentos de execução de valas para assento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana (NBR 12.266/1992). Faltam normas de elaboração e implementação de projetos de drenagem urbana.

Nesse contexto, o projeto urbanístico aprovado para o Condomínio Alto da Boa Vista tratou apenas de aspectos isolados do manejo de águas pluviais. Sendo assim, o projeto exigiu uma taxa mínima de 40% de permeabilidade das unidades imobiliárias para lotes residenciais e de 30% na área não edificada para lotes de uso misto. No entanto, o mesmo projeto urbanístico determina também que será tolerada a instalação de piso tipo intervalado em um percentual de 15% da área do lote unifamiliar e de 10% para os lotes de uso misto, o que reduz a área permeável nos lotes. Outra medida paliativa prevê que o MDE-RP determine a instalação de caixa de recarga de aquífero em parte do empreendimento na qual o lençol freático esteja a menos de 7 metros de profundidade (Distrito Federal, 2011). Todavia, uma vez que as exigências não foram embasadas em critérios técnicos de permeabilidade do solo, as medidas não foram concebidas em um contexto de manejo integrado de águas pluviais.

A única medida indicada no MDE-RP - 51/99 voltada a um sistema mais amplo de manejo de

águas pluviais é a que determina que o empreendedor apresente a planta geral de concepção de drenagem pluvial, com indicação dos pontos de lançamentos e das alternativas mais viáveis para o sistema de drenagem. No entanto, em momento nenhum o MDE-PR registrado em cartório determina a adoção de medidas técnicas de drenagem adequadas às características físicas da área. Da mesma forma, ele não exige que o desenho urbano do condomínio seja compatível com o meio físico em que se insere. O resultado disso é que a avenida principal foi alocada perpendicularmente às curvas de nível e acabou funcionando como um grande canal de escoamento das águas pluviais.

Dessa forma, o projeto do condomínio estudado caminhou para a forma predominante de sistemas tradicionais de drenagem urbana que, conforme descreve Christofidis (2010), são baseados em preceitos ultrapassados. Nesses preceitos são projetados sistemas que permitam o rápido escoamento da precipitação pluviométrica, com o lançamento pontual dos efluentes coletados nos corpos d'água. Esses preceitos causam fortes impactos no meio ambiente que, com a expansão do tamanho das cidades, tornam os sistemas insustentáveis no longo prazo.

Tal como o MDE-RP - 51/99, a LI nº 003/2017 - IBRAM não indicou medidas estruturais para prevenir danos ambientais causados pela conversão do solo. A única medida solicitada é de caráter isolado: a condicionante 15 determina que todas as vias locais e secundárias deverão ser revestidas por pavimentação permeável, observadas as normas técnicas aplicáveis da ABNT (Distrito Federal, 2017).

Novamente, as exigências do poder público se limitaram à aplicação de uma medida isolada, ignorando os vários componentes dos sistemas de águas pluviais. Isso levou o empreendedor a for-

mular, em 2013, um sistema tradicional de águas pluviais que incluiu apenas medidas tradicionais de drenagem. Diante dos danos ambientais que ocorreram na bacia, o empreendedor reformulou o projeto em 2019, focalizando a redução da vazão de pico a partir de bacias de retenção de água de chuva. Muito embora as bacias de retenção sejam eficazes na redução da velocidade de escoamento nos pontos de lançamento, elas são mecanismos de macrodrenagem adotados em larga escala em sistemas de drenagem tradicionais. Esses sistemas não se preocupam em permitir a infiltração da água no solo, o que é necessário para a recarga dos aquíferos e a minimização dos processos erosivos decorrentes do escoamento superficial.

É importante acrescentar que a recarga das bacias hidrográficas é um requisito fundamental para a segurança hídrica nas cidades, já que elas se tornam cada vez mais impermeabilizadas e sujeitas a alagamentos, enchentes e inundações. Portanto o poder público precisa incluir em seus procedimentos de regularização urbanística exigências que conduzam os empreendedores do setor imobiliário a planejar e adotar “Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana” (*Sustainable Urban Drainage Systems – SUDS*) (Woods-Ballard *et al.*, 2007).

A análise do caso do Condomínio Alto da Boa Vista evidenciou três elementos principais que contribuíram para que um projeto de parcelamento de solo urbano passasse de potencialmente para efetivamente degradador do meio ambiente:

(i) a morosidade da administração pública na concessão de licenças urbanísticas e ambientais, em descompasso com a dinâmica do mercado imobiliário e com os prazos de investimento do setor;



(ii) a concessão de registro de imóveis que permitiu a sua comercialização sem o estabelecimento prévio de condições de infraestrutura que mitigassem os danos ambientais derivados; e

(iii) a exigência por parte do poder público de medidas aleatórias, sem critérios técnicos que assegurassem a sua eficácia na prevenção de danos ambientais, tais como os causados por eventos chuvosos.

Destarte, para evitar fenômenos erosivos como os gerados pelo Condomínio Alto da Boa Vista, é necessária a atuação eficiente do poder público voltada à implementação de sistemas sustentáveis de manejo de águas pluviais. Esses sistemas devem reunir os seguintes elementos:

(i) desenho urbanístico compatível com as características físicas do terreno;

(ii) mecanismos de controle de águas pluviais na fonte por meio da instalação de equipamentos como pavimentos permeáveis, valas e valetas e infiltrações, faixas gramadas, trincheiras de infiltração e telhados verdes; e

(iii) sistemas de drenagem de manejo de águas pluviais para captar o excedente não infiltrado.

## **6. Considerações finais**

A regularização de parcelamentos urbanos une instrumentos normativos de acepção (compreensão) dominial, urbanística e ambiental. Esses instrumentos são complexos e exigem análises de profissionais com diferentes formações para alcançar o registro e a regularização dos imóveis. Apesar disso, não é admissível que os processos de

regularização urbanística exijam décadas de análise. Atrasos dessa magnitude estimulam o estabelecimento de parcelamentos clandestinos e irregulares.

Os efeitos das delongas burocráticas na regularização fundiária constituem grandes perdas sociais e ambientais, agravadas quando aliadas à falta de exigências tecnicamente adequadas e integradas para a instalação de sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais. A gestão da cidade não pode ser dissociada da gestão da água. Consequentemente, a água em todas as suas dimensões precisa ser considerada como elemento central do planejamento urbanístico. A cidade, ao ser erguida, altera o ciclo hidrológico, mas continua a fazer parte dele. Logo não é possível ignorar os efeitos do ciclo sobre o ambiente urbano e os efeitos do ambiente urbano sobre o ciclo hidrológico. A drenagem de águas pluviais não pode ser um componente marginal dos projetos de infraestrutura de novas áreas urbanas ou de áreas urbanas em regularização.

A regularização fundiária do Condomínio Alto da Boa Vista é um exemplo claro de como a expansão urbana, ainda que aprovada e licenciada, pode ser executada à revelia das melhores técnicas e gerar danos ambientais contundentes. O histórico do parcelamento demonstra:

(i) que o setor público precisa exigir do empreendedor projetos de urbanização que minimizem tanto quanto possível os danos ambientais; e

(ii) que o empreendedor deve ter direito à tramitação em prazos razoáveis dos processos administrativos de aprovação de parcelamentos urbanos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Brasília Ambiental, autarquia vinculada ao Governo do Distrito Federal, pelo acesso concedido aos documentos relativos à regularização ambiental do Condomínio Alto da Boa Vista.

## Referências

- Arnold, C. L.; Gibbons, C. J. Impervious surface coverage: The emergence of a key environmental indicator. *Journal of the American Planning Association*, 62(2), 243-258, 1996. doi: 10.1080/01944369608975688
- Bezerra, M. C. L. B.; Oliveira, A. N.; Costa, M. E. L.; Koide, S. Simulação de técnicas de infraestrutura verde de drenagem urbana para captação do escoamento superficial. *Revista Tecnologia e Sociedade*, 16(40), 1-16, 2020. doi: 10.3895/rts.v16n40.9430
- Brasil. *Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007*. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis n.º 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei n.º 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília: DOU de 8/1/2007.
- Christofidis, H. V. *Drenagem urbana sustentável: Análise do uso do Retrofit*. Brasília, Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - UNB, 2010.
- Christofidis, D.; Assumpção, R. dos S. F. V.; Kligerman, D. C. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. *Saúde em debate*, 43(3), 2019. doi: 10.1590/0103-11042019S307
- Da Mata, D.; Jatobá, S. U. S.; Rocha, J. D.; Motta, D. M.; Bursztyn, M. A. A oferta habitacional e o licenciamento ambiental para fins urbanos. *Boletim regional, urbano e ambiental*. IPEA, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/5468>>. Acesso em fev. 2023.
- Distrito Federal. *Lei Complementar n.º 803, de 25 de abril de 2009*. Aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - PDOT e dá outras providências. DODF de 27/4/2009.
- Distrito Federal. *Memorial Descritivo de Regularização de Parcelamento* - MDE-RP 51/99. 2011. Disponível em: <[https://www.cabv.com.br/uploads/\\_gc\\_Repositorio/2019\\_04\\_18/MDE-PR-05199-completo-e-registrado.pdf](https://www.cabv.com.br/uploads/_gc_Repositorio/2019_04_18/MDE-PR-05199-completo-e-registrado.pdf)>. Acesso em: fev. 2023.
- Distrito Federal. *Licença de Instalação n.º 3/2017* - Instituto Brasília Ambiental, 2017. Disponível em: <<http://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/L.I.-N%C2%BA-003-2017-MARTINEZ-EMPREENDIMENTOS-IMOBILI%C3%81RIOS-LTDA-ALTO-DA-BOA-VISTA-191.000.389-1998.pdf>>. Acesso em: fev. 2023.
- Distrito Federal. Processo nº 0391-00000628/2018-50, referente ao parcelamento de solo do Condomínio Alto da Boa Vista. Brasília, 2022.
- Ebrahimian, A.; Gulliver, J. S.; Wilson, B. N. Effective impervious area for runoff in urban watersheds. *Hydrological Processes*, 30(20), 3717-3729, 2016. doi: 10.1002/hyp.10839
- Fantinatti, P. A. P.; Zuffo, A. C. A importância da percepção do patrimônio natural dos recursos hídricos em processos de parcelamento do solo. *Labor e Engenho*, 5(2), 99-109, 2011. doi: 10.20396/lobore.v5i2.98
- Farr, D. *Urbanismo sustentável: desenho urbano com a natureza*. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- Google Earth. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/@-0.00000576,-60.24299876,-155.24310577a,22251907.26534605d,35y,0h,0t,0r>>. Acesso em: set. 2022.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa nacional de saneamento básico 2017*: abastecimento de água e esgotamento sanitário. 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101734.pdf>>. Acesso em: set. 2022.
- IDE/DF – Infraestrutura de Dados Espaciais do Distrito Federal. *GeoPortal* – DF, 2022. Disponível em: <<https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>>. Acesso em:

---

set. 2022.

Melo, M. A. S. O direito à moradia e o papel do registro de imóveis na regularização fundiária. *Doutrinas Essenciais de Direito Registral*, 2, 701, 2011. Disponível em: <<https://www.cjf.jus.br/caju/FUNDIARIA-1.pdf>>. Acesso em: fev. 2023.

Pompêo, C. A. Drenagem urbana sustentável. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 5(1), 15-23, 2000. doi: 10.21168/rbrh.v5n1.p15-23

Reis, V. C. L.; Souza, J.F.; Zorzal, F.M.B.; Rocha, S.F.; Rocha, V.J.R. Gestão da drenagem urbana na capital do estado do Espírito Santo. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, 8(2), 48-66, 2020. doi: 10.9771/gesta.v8i2.42179

Righetto, A. M. *Manejo de águas pluviais urbanas*. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

Santos, R. L. *Expansão urbana e modelagem de cenários hidrológicos em bacias hidrográficas de Goiânia-GO (2002-2030)*. Goiânia, Tese (Doutorado em Geografia) – UFG, 2022.

Saule Junior, N. O direito à cidade e a revisão da lei de parcelamento de solo urbano In: Saule Junior, N. (Org.) *A perspectiva do direito à cidade e da reforma urbana na revisão da lei do parcelamento do solo*. São Paulo: Instituto Pólis, 2008. p. 5-29.

Silva, J. A. *Direito urbanístico brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 8. ed., 2018.

Souza, C. F.; Cruz, M. A.; Tucci, E. M. Desenvolvimento urbano de baixo impacto: planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 17, 9-18, 2012. doi: 10.21168/rbrh.v17n2.p9-18

Tucci, C. E. M.; Hespanhol, I.; Netto, O. M. C. *Gestão da água no Brasil*. Brasília: UNESCO, 2002. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000129870>> Acesso em: fev. 2023.

Tucci, C. E. M. *Gestão da drenagem urbana*. Brasília: CEPAL, 2012. Disponível em: <[https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/38004/LCBRSR274\\_pt.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/38004/LCBRSR274_pt.pdf)> Acesso em: fev. 2023.

Woods-Ballard, B.; Kellagher, R.; Martin, P.; Jefferies, C.; Bray, R.; Shaffer, P. *The SUDS manual*. London: Ciria, 2007.