



Paisagismo do cerrado aplicado ao funcionamento da infraestrutura ecológica: estratégias de adaptação do tecido urbano para o caso de São Sebastião/DF

Patrícia Silva Gomes^a , Camila Cerqueira de Paula^b e Beatriz Helena Monteiro Teles de Souza^c

^a Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, DF, Brasil.
E-mail: patriciasgomes@unb.br

^b Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, DF, Brasil.
E-mail: camila.cerqueiradepaula@gmail.com

^c Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, DF, Brasil.
E-mail: beat113@hotmail.com

Submetido em 23 de janeiro de 2022. Aceito em 29 de julho de 2022.
<https://doi.org/10.47235/rmu.v10i2.230>

Resumo. O trabalho analisa os principais impactos do tecido urbano à recarga hídrica de São Sebastião, Distrito Federal, para apontar possibilidades de sua adaptação ao melhor funcionamento da infraestrutura ecológica e paisagística. Utilizou-se a Análise Hierárquica de Pesos, processada no programa de geoprocessamento QGIS®, como suporte para o cruzamento ponderado e combinado das variáveis que mais interferem na recarga – geomorfologia, pedologia e uso do solo. O resultado mapeia as áreas mais críticas para a recarga, para as quais se espacializa soluções de desenho urbano sensível à água; cruzadamente, um quadro ilustrado categoriza essas soluções quanto ao formato em manchas (pequenas e grandes) e linhas (de vias e cursos d'água) e destrincha o funcionamento associado ao uso ec hidrológico e paisagístico da vegetação do cerrado.

Palavras-chave. recarga hídrica, cerrado, estratégias de desenho urbano, paisagismo do cerrado, adaptação do tecido urbano

Introdução

Brasília, Distrito Federal (DF), nascida do projeto urbanístico de Lúcio Costa para o Plano Piloto, traz, em sua concepção, uma série de princípios paisagísticos visando a sua constituição como uma “cidade-parque”, nas palavras do seu criador. Dentre esses, têm-se a adaptação do desenho à topografia; a liberação visual da orla do Lago Paranoá; a disposição das quadras residenciais em sequência contínua pelo Eixo Rodoviário, emolduradas por uma cinta dupla arborizada com chão gramado; a presença de dois parques simétricos funcionando como pulmões-verdes; além de outros espaços livres

envolventes do Plano Piloto, conformando o “verde bucólico”.

No entanto, já nas primeiras décadas, a cidade passa a atrair um intenso fluxo migratório, resultando no rápido, espreado e desigual crescimento da mancha urbana. O que foi sustentado pela criação de cidades-satélites (denominadas de Regiões Administrativas – RAs) conectadas entre si por meio de estradas-parques. Em boa medida, essa ocupação dispersa foi decorrente da excessiva proteção do conjunto paisagístico e monumental do Plano Piloto e das políticas de erradicações de assentamentos precários na área central, com a transferência da população para as cidades-

satélites periféricas.

Desse modo, o paradigma da “cidade-parque” vai sendo contrastado pela rápida ocupação de bacias sensíveis; nascentes e margens de cursos d’água; supressão e fragmentação da vegetação do cerrado; deficiência na arborização urbana; impermeabilização do solo; ocupação de áreas importantes para a recarga de aquíferos; mau funcionamento do sistema de drenagem.

O DF perdeu 58% de sua cobertura nativa entre 1954 e 2001 (UNESCO, 2002) e não à toa a região tem passado por uma crise hídrica desde 2016, com a redução dos reservatórios do Descoberto e de Santa Maria aos níveis mínimos históricos de 5,3% e 21,6%, respectivamente, em novembro de 2017 (ADASA, 2021), o que levou à adoção de medidas de racionamento pelo Decreto Distrital nº 37.976 de 2016.

Dentre estas teve-se a redução da pressão na rede; o rodízio do abastecimento a cada seis dias; a aplicação da tarifa de contingência, com aumento real de 20% nas contas de água (Resolução nº 17 de 2016); o investimento emergencial em novos sistemas produtores.

Contrariamente, o DF tem passado por vários episódios críticos de inundação, alagamentos e enxurradas após eventos chuvosos mais significativos. Assim, o objetivo deste trabalho é identificar os principais impactos do tecido urbano à recarga hídrica de São Sebastião, uma das RAs do DF que passou por rápido crescimento, ocupando a bacia sensível do Rio São Bartolomeu, para apontar possibilidades de adaptação deste ao melhor funcionamento da infraestrutura ecológica e paisagística da cidade.

Compreende-se que as soluções de desenho devem ser adaptadas ao bioma em que a cidade se insere. Assim, as contribuições teóricas deste trabalho residem em uma ponte entre as pesquisas no campo da hidrologia e do desenho urbano sensível à água, nas quais esses padrões urbanísticos compatíveis à conservação hídrica já estão mais problematizados, com aquelas no campo da ecoidrologia e de paisagismo do cerrado, buscando contribuir para a integração da vegetação nativa ao melhor funcionamento da

infraestrutura ecológica, garantindo-lhe resiliência frente às duas sazonalidades típicas do bioma – a estiagem e a chuva. As contribuições empíricas residem na busca de soluções para atenuar os problemas do tecido já existente.

O método de trabalho contou com: i) elaboração de mapas temáticos sobre geomorfologia, pedologia, coberturas do uso do solo, a partir de *shpfiles* disponibilizados pelo Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) trabalhados no programa de geoprocessamento QGIS® (versão 3.24.1); ii) visitas de campo para o reconhecimento *in loco* dos principais pontos críticos de funcionamento da recarga; iii) definição dos pesos que cada uma dessas variáveis exerce sobre o funcionamento da recarga, conforme método da Análise Hierárquica de Pesos (AHP) (Moura, 2007); iv) processamento da AHP no QGIS®, ponderando e combinando as variáveis, para produzir o mapa síntese de áreas críticas de recarga; v) sobreposição dos *shpfiles* de escolas, edifícios públicos, estacionamentos, praças e calçadas, disponibilizados pelo Governo, ao mapa síntese, para melhor espacialização das estratégias; vi) espacialização – cruzada a um quadro ilustrado – de cada uma das soluções de desenho urbano sensível à água e associadas ao uso ecoidrológico e paisagístico da vegetação do cerrado. As técnicas foram categorizadas quanto ao formato em manchas (pequenas e grandes) e linhas (de vias e cursos d’água).

Para a definição da ponderação, sistematizou-se os pesos encontrados em trabalhos análogos fora e dentro da bacia de estudo – Reis et al. (2012) e Bias et al. (2012) – seguida da definição, a partir da literatura de hidrologia e da troca de opiniões em reunião realizada entre os autores e um engenheiro de recursos hídricos, dos pesos mais apropriados ao local. A definição dos pesos no plano da “cobertura do solo” baseou-se na literatura de fitofisionomias e ecoidrologia do cerrado (Ribeiro; Walter, 2008; Oliveira et al., 2005), enquanto que no plano da “pedologia” nos dados de condutividade hidráulica dos solos para o DF (ADASA, 2015) e no da “geomorfologia” nos trabalhos anteriores no

DF (Seraphim; Bezerra, 2019).

Leitura do meio natural e construído para tomada de decisões de desenho urbano

Uma frente de trabalhos, notadamente no campo da hidrologia, busca compreender como o cenário de urbanização da bacia, em contraposição à sua condição natural, afeta a dinâmica hídrica (Tucci, 1995; Baptista et al., 2011) e como os fatores naturais e antrópicos se inter-relacionam no processo de infiltração das águas (ADASA, 2015). Assim, estima-se que em uma bacia natural cerca de 40% da vazão incidente retorne à atmosfera sob a forma de evapotranspiração, 10% escoam superficialmente e 50% infiltram no solo; ao passo que, em uma bacia urbanizada, em média, a infiltração reduz para 20%, o escoamento superficial aumenta para 55% e a evapotranspiração diminui para 25% (Prince Georges County, 1999).

A precipitação, ao se transformar em vazão no solo, terá uma parcela infiltrada, uma escoada superficialmente e uma evapotranspirada a partir de um processo complexo, regulado pela interrelação de fatores antrópicos e naturais.

Dentre as principais características antrópicas têm-se: i) as superfícies efetivamente impermeáveis – ditas seladas – como calçadas, vias, estacionamentos, quintais, edificações, piscinas, quadras de esportes, etc., onde a infiltração é próxima a zero; ii) as alterações na cobertura do solo, como no caso de culturas agrícolas, pastagens, pomares, jardins, solo exposto, solo compactado, redução da cobertura nativa, sobretudo arbórea, vias não pavimentadas, etc. que, apesar de não resultarem em uma infiltração zero, alteram o padrão natural de recarga. O aumento do escoamento superficial (*runoff*), provocado por essas mudanças do uso do solo, contribui para incrementar a vazão de pico nos leitos dos cursos d'água, podendo resultar em enchentes, inundações e pontos de alagamentos; além de erosões e assoreamentos.

Para as áreas seladas dentro dos lotes, algumas características definidas pela legislação urbanística, como a taxa de ocupação e de impermeabilização, têm maior influência no

funcionamento da drenagem. Prince Georges County (1999, p. 2-9) mostra que baixos percentuais de impermeabilização, entre 10-20%, já trazem impactos à drenagem; ao passo que percentuais de impermeabilização entre 15-30% acarretam impactos moderados e acima de 30%, acentuados.

A partir do cruzamento entre o mapa de áreas preferenciais à recarga hídrica do DF, o número de lotes disponibilizados por RAs e o coeficiente de aproveitamento nos lotes, a SEMA (2020) mostra incongruências ambientais na legislação de uso e ocupação de solo da cidade. Os autores concluem, por exemplo, que 99,25% (66.123 lotes) da RA Ceilândia ocupam área preferencial de recarga e, mais gravemente, possuem taxa de impermeabilização de 100%.

Para as áreas seladas fora dos lotes, a maior contribuição, geralmente, está associada ao sistema viário, que tende a cobrir cerca de 25% da área impermeabilizada em uma bacia tipicamente urbana (Prince Georges County, 1999, p. 2-9). O estudo comparou diferentes malhas viárias, constatando que o tipo de geometria pode resultar em uma redução de até 26% da superfície impermeabilizada; para uma mesma área, por exemplo, a malha em grelha possui 6.400 metros (m) lineares, a reticulada semi-fechada 5.790 m e a aberta em cul-de-sac 4.750 m. Os tipos de materiais também influenciam; o estudo mostra que, para a mesma seção viária, as vias rurais possuem 33% a menos de pavimentação, portanto de impermeabilização, em relação às urbanas.

No tocante às coberturas do solo não seladas, Anache et al. (2019) calcularam o balanço hídrico, a partir de medições de campo, em quatro diferentes tipos de uso do solo – cana-de-açúcar, pastagem, cerrado denso e solo exposto – em uma área experimental de 1,7 km do bioma cerrado, no município de Itirapina/SP. Os resultados mostraram que a atividade de cana possui *runoff* oito vezes maior e evapotranspiração 1,5 vezes menor do que o cerrado denso.

Pitt et al. (2009) mostram que a infiltração em terrenos argilosos, como é o caso do DF, é muito afetada pela compactação do solo, o que pode reduzir em até 11 vezes a taxa de

infiltração e mesmo aproximá-la de zero. Seraphim e Bezerra (2019) chamam atenção para a grande compactação do solo nos gramados de Brasília.

Dentre as principais características naturais que interferem na infiltração têm-se: i) as variações espaciais da geomorfologia, sobretudo em termos de altitude relativa e declividade (Seraphim; Bezerra, 2019); ii) a percolação vertical da água entre as camadas superficiais, na relação solo-vegetação, e subterrâneas, em direção aos aquíferos subterrâneos (ADASA, 2015). As principais consequências da diminuição da infiltração são a redução não apenas da alimentação dos aquíferos subterrâneos, mas também das nascentes no período da estiagem.

Em termos geomorfológicos, os altos regionais são responsáveis pelas recargas de aquíferos mais profundas, importantes para a alimentação de nascentes de alto, enquanto, os baixos regionais pelas recargas locais, que são logo descarregadas nos corpos hídricos superficiais (Silveira; Usunoff, 2009). Somado a isso, os declives acentuados, acima de 20%, favorecem o escoamento superficial direto, diminuindo a infiltração (Kaliraj et al., 2014).

Na percolação vertical, a influência inicial é da vegetação. Os trabalhos no campo da ecologia buscam compreender a interrelação entre a vegetação e o ciclo da água no balanço hídrico. A vegetação desfavorece as perdas evaporativas da superfície do solo; as árvores têm a função de interceptar e evaporar a água, além de fazer a transferência hidráulica pela zona de raízes, por gotejamento (ADASA, 2015). Após isso, e no caso de solo exposto ou de afloramento da rocha (fraturada ou porosa), a ação da gravidade e dos materiais constituintes do solo são os fatores que irão definir a infiltração.

Interferem nesse processo a porosidade, a permeabilidade e a espessura do solo, sendo que as duas primeiras características atuam inicial e combinadamente e a última secundariamente. A porosidade (intragranular ou de fratura) é definida pela relação entre o volume de poros e o volume total de certo material, já a permeabilidade (condutividade hidráulica) – fator que mais afeta a

disponibilidade de água subterrânea (Lousada; Campos, 2005) – diz respeito à capacidade do solo em permitir o fluxo de água através dos seus poros, dependendo não apenas do tamanho destes, mas também da conexão entre eles. A espessura, por fim, influencia a capacidade do solo de reter temporariamente uma maior quantidade de água, liberando-a posteriormente para o aquífero subjacente. A água retida na parte mais superficial do solo é aproveitada pela vegetação.

Desse modo, em razão da porosidade e da permeabilidade, ocorre o preenchimento do solo por água; no entanto, nem todos os poros desta zona – denominada não saturada, vadosa ou de aeração – encontram-se preenchidos por água, havendo também o seu preenchimento por ar. O limite inferior dessa retenção é dado quando as rochas não admitem mais espaços abertos (poros) devido à pressão da pilha de rochas sobrejacentes, assim, essa percolação tende a atingir um limite inferior ao longo da espessura do solo, que é representado pelo preenchimento de todos os poros abertos de uma zona denominada saturada ou freática. O limite entre essas duas zonas define o nível da água subterrânea, sendo que as alterações da cobertura do solo afetam as taxas de infiltração, podendo levar a alterações na altura do lençol freático (ADASA, 2015).

Na superfície do lençol freático existe também um fluxo horizontal, conformando um escoamento subsuperficial que pode alimentar nascentes, como as de encosta, de fundo de vale, de contato e de rio subterrâneo (Linsley; Franzini, 1978).

Abaixo desses aquíferos livres ou freáticos, podem existir também aquíferos confinados, cuja alimentação se dá justamente por meio da camada semipermeável, permeável ou por áreas específicas na superfície, onde a camada confinante termina (ADASA, 2015).

É preciso, contudo, particularizar o cerrado, para compreender a interinfluência entre esses fatores ambientais na recarga hídrica do bioma.

Ribeiro e Walter (2008) apontam que fatores temporais (geológicos e ecológicos) e espaciais (variações locais climáticas e

edáficas) são responsáveis por constituir a grande variabilidade vegetal do cerrado, que é composto por formações florestais, savânicas e campestres.

As formações florestais do bioma se caracterizam pela predominância das espécies arbóreas, formando dossel contínuo ou descontínuo; dentre elas, têm-se a mata ciliar e a de galeria, que estão associadas a cursos d'água e ocorrem em terrenos bem ou mal drenados, e a mata seca e o cerradão, que ocorrem em interflúvios de terrenos bem drenados e não estão associados à presença de cursos d'água (Ribeiro; Walter, 2008).

Já as formações savânicas abrangem as paisagens típicas do cerrado. Dentre elas, o cerrado sentido restrito (denso, típico, ralo e rupestre) se caracteriza pela predominância dos estratos arbóreo e arbustivo-herbáceo, com a presença de árvores distribuídas aleatoriamente, em diferentes densidades, sem que se forme um dossel contínuo. O parque cerrado é marcado pela ocorrência de árvores concentradas em locais específicos do terreno e o palmeiral pela presença de determinada palmeira arbórea – babaçual, buritizal, guerobal e macaubal. A vereda também se caracteriza pela presença de uma única espécie de palmeira – o buriti –, embora este ocorra em menor densidade do que em um palmeiral, além de ser circundada por um estrato arbustivo-herbáceo característico (Ribeiro; Walter, 2008).

Por fim, as formações campestres incluem o campo sujo, limpo e rupestre. O campo sujo se caracteriza pela presença de arbustos e subarbustos entremeados no estrato arbustivo-herbáceo e o campo limpo pela presença insignificante de arbustos e subarbustos; estes podem se subdividir ainda em campo sujo seco, campo sujo úmido e campo sujo com murundus e campo limpo seco, campo limpo úmido e campo limpo com murundus (Ribeiro; Walter, 2008). O campo rupestre, por seu turno, se assemelha ao campo sujo ou limpo na estrutura, mas se diferencia deles tanto pelo substrato – composto por afloramentos de rocha –, quanto pela composição florística, que inclui muitos endemismos.

Os fatores climáticos (com estresse hídrico

sazonal) e edáficos (com baixa disponibilidade de nutrientes básicos) ajudam a explicar a forma savânica predominante do bioma; estruturalmente intermediária entre floresta e campo (Ribeiro; Walter, 2008).

Desse modo, a grande extensão explica a variabilidade climática do cerrado em direção às suas fronteiras, contudo, em linhas gerais, ele se caracteriza pela ocorrência de duas sazonalidades bem marcadas – um inverno seco (de maio a setembro) e um verão chuvoso (de outubro a abril).

Em termos geomorfológicos, ocupa os altos regionais do Planalto Central, com altitudes que variam de 1.600 m na Chapada dos Veadeiros/GO a 300 m na Baixada Cuiabana (Ribeiro; Walter, 2008); o que faz com que funcione como um guarda-chuva, distribuindo águas para as diversas bacias. Em termos pedológicos, as condições oligotróficas do solo, isto é, rico em alumínio e pobre em nutrientes básicos, resultam em uma grande especialização da vegetação (Barbosa, 1995).

As plantas do cerrado possuem estruturas subterrâneas (raízes, tubérculos, xilopódios) muito desenvolvidas, que possibilitam a rebrota rápida e vigorosa após impactos como o corte, o fogo ou a geada, dependendo muito menos da dispersão e germinação de sementes do que as espécies de floresta (Durigan et al., 2011). Em linhas gerais, as árvores do cerrado possuem raízes pivotantes e profundas, capazes de importar águas subterrâneas no período de estiagem e alta demanda evaporativa, mantendo a fixação de carbono e a transpiração (Souza et al., 2005).

Já os arbustos e subarbustos possuem raízes menos profundas, sendo frequente a presença de xilopódios, tubérculos, sóboles, coroa de raiz (Pilon et al., 2020). As herbáceas, igualmente, possuem estruturas radiculares dos tipos xilopódios, rizomas, pivotantes, *bud-bearing*, tubérculos, sóboles, coroa de raiz (Pilon et al., 2020).

Entre as gramíneas, por seu turno, há a ocorrência de raiz fasciculada (ou cabeleira), contudo, em grande parte delas, ocorrem rizomas, que são caules subterrâneos horizontais, ou estolhos, que são caules que crescem de forma alongada, horizontalmente,

mas não são subterrâneos (Oliveira et al., 2016). Este hábito cespitoso (moita) de algumas gramíneas é muito efetivo para a recarga hídrica.

Desse modo, a interrelação entre essas características do solo e da vegetação vão interferir, consoante os estudos de ecoidrologia (Honda; Durigan, 2016; Oliveira et al., 2005; Scholz et al., 2007; Jeltsch et al., 2000), no balanço hídrico do bioma (figura 1). Em termos gerais, durante a seca, algumas árvores do cerrado reduzem a área foliar enquanto outras a mantêm; entretanto, é justamente este estrato que consegue garantir alguma evapotranspiração (ET) na seca, importando água do subsolo mais profundo devido às características do seu sistema radicular alongado e pivotante (Scholz et al., 2007).

Alguns arbustos tendem a perder também a superfície foliar na época seca, não

contribuindo muito para a ET; isso ocorre devido à menor profundidade de suas raízes e ao fato de as camadas mais superficiais de solo encontrarem-se bastante secas nessa época do ano. Já as gramíneas e as herbáceas tendem a dessecar suas partes aéreas, como estratégia de economia hídrica no período seco, mas mantêm estruturas nas raízes, que favorecem a rebrota rápida e vigorosa após as primeiras chuvas (Jeltsch et al., 2000), e, por isso, contribuem menos na ET.

Honda e Durigan (2016) estudaram o balanço hídrico do cerrado *stricto sensu* e do cerradão para uma área da Estação Ecológica de Assis/SP. Os resultados mostram que a parcela evapotranspirada foi de 21,7% no cerradão e 2,5% no cerrado *stricto sensu*; a absorvida pela copa foi de 75,4% no cerradão e 97,2% no cerrado *stricto sensu* e a escoada pelo tronco foi de 2,9% no cerradão e 0,3% no cerrado *stricto sensu*.

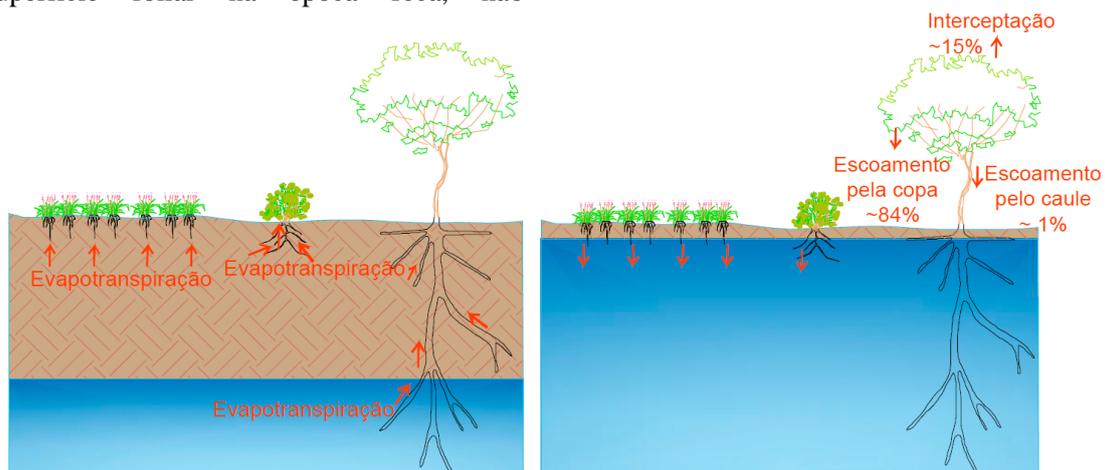


Figura 1. Esquema da evapotranspiração no período seco e esquema do balanço hídrico no período chuvoso (fonte: elaborado pelas autoras com base em Honda e Durigan, 2016)

Estratégias de desenho urbano sensíveis à conservação da água e das paisagens

As estratégias de adaptação do desenho à conservação do ciclo hídrico são tratadas multidisciplinarmente. Na hidrologia, destacam-se os trabalhos de Baptista *et al.* (2011) com as chamadas técnicas compensatórias em drenagem e de Tucci (1995) com as chamadas medidas de controle na fonte. No urbanismo, destacam-se os trabalhos do “desenho urbano sensível à água” (Water Sensitive Urban Design; Hoyer et al., 2011) e de desenvolvimento de baixo impacto

(Low-Impact Development Design Strategies; Prince Georges County, 1999); além da infraestrutura verde (ou ecológica), termo empregado para abranger as diversas funções exercidas pelos espaços livres de edificações na prestação de uma série de serviços ecossistêmicos (Pinheiro, 2017).

As estratégias compiladas dessas referências se baseiam na máxima conservação das características naturais do ciclo hídrico, em contraponto às medidas convencionais de drenagem, que visam o manejo mais rápido do escoamento superficial; na adoção de soluções descentralizadas, com medidas

compensatórias na fonte; na integração de múltiplos ganhos, como biodiversidade, custo de construção e gestão, amenidades (estéticas, lazer, educação ambiental).

Urbanisticamente, as medidas podem atuar no nível das edificações privadas ou públicas (pequenas manchas), dos loteamentos (trechos lineares), de subbacias ou cidades inteiras (grandes manchas). Devem ainda integrar ao planejamento urbano, contendo soluções de adaptação do tecido urbano já existente – tais como as áreas densamente urbanizadas, como centros urbanos, bairros residenciais de alta densidade construída, grandes conjuntos habitacionais; de grandes atividades, como indústrias e equipamentos –; de direcionamento das novas urbanizações e da expansão urbana; de graduação da densidade, com transectos de usos entre o urbano e o rural; de preservação e conservação dos espaços livres, garantido qualitativamente o funcionamento dos sistemas produtores de água e articulando áreas de lazer a estes.

Ambientalmente, as medidas precisam estar relacionadas à geomorfologia (altitude regional e declividade); às características de percolação do solo e do nível do lençol freático; à preservação das nascentes e recursos hídricos. Devem ainda ter resiliência para o enfrentamento das sazonalidades e dos eventos climáticos extremos.

A partir desses princípios, as técnicas estão associadas às diferentes funções que exercem no ciclo hídrico: i) uso da água, ii) tratamento, iii) detenção e infiltração, iv) transporte, v) evapotranspiração.

As medidas de uso da água podem ser realizadas por meio da reservação descentralizada da chuva, buscando reduzir a demanda sobre o serviço de abastecimento, além da conservação de energia e da economia de recursos/custos; o que pode ser viável para grandes usuários pontuais, devido às especificidades de implantação e gestão do sistema (Hoyer et al., 2011).

As medidas de tratamento são necessárias antes do uso doméstico ou da infiltração no solo, quando a qualidade da água não for adequada; o que pode ser realizado por meio

de sistemas de biorretenção, associando vegetação fitorremediante com filtro de brita e areia (Hoyer et al., 2011). Pinheiro (2017) apresenta uma relação de espécies utilizadas para fins de fitorremediação.

As medidas de detenção e infiltração visam a acumulação temporária e a criação de condições para percolação gradual da chuva no solo ou o seu transporte para infiltração em um outro lugar. As técnicas podem ser pontuais – como a detenção em subsolos ou telhados (medida que pode servir ainda para o aumento da biodiversidade, melhoria da saúde física e mental da população, por aproximar as áreas verdes desta, e redução dos efeitos da ilha de calor, por aumentar a evapotranspiração); ou em pequenas bacias ou planos instalados dentro do lote ou na calçada (como os jardins de chuva).

As estruturas podem ser lineares, como os pavimentos permeáveis, as trincheiras de infiltração, as biovaletas e as membranas geotêxteis. Os pavimentos permeáveis criam condições para o estoque e percolação das águas ao longo do seu perfil, atuando junto ao sistema viário, calçadas e estacionamentos. As trincheiras de infiltração são superfícies de percolação lineares com camada filtrante, aplicadas junto às praças, jardins, canteiros e contornos de áreas impermeabilizadas. As biovaletas concentram fluxos secundários e criam condições para a infiltração ao longo do seu comprimento; já as membranas geotêxteis são módulos pré-fabricados instalados no solo, que criam condições para o estoque e infiltração gradativa das águas pluviais (Hoyer et al., 2011; Baptista et al., 2011).

As estruturas podem ainda localizar-se na escala da cidade ou de sub-bacias, como as bacias de detenção e retenção. As bacias de detenção são volumes para estoque das águas, visando atenuar e reter os excedentes do escoamento superficial; elas podem ser integradas às quadras esportivas, praças, estacionamentos, mantendo-se secas ao longo do ano, viabilizando esses usos, mas passam a acumular água e sedimentos nos períodos de chuvas intensas ou prolongadas, atenuando o pico a jusante. Já as bacias de retenção mantêm lâmina d'água ao longo do ano servindo para grandes estoques de vazões, além de associarem ganhos estéticos e de lazer

em suas bordas.

As medidas de transporte ajudam na condução das águas para os pontos de dissipação; as técnicas associadas podem ser canais ou drenos abertos.

Já as medidas de evapotranspiração visam o retorno da água ao ciclo hídrico, por meio da evaporação dos corpos hídricos ou pela interceptação da vegetação; o que pode ser realizado por meio de corpos hídricos e superfícies densamente arborizadas.

Leitura do meio natural e construído para tomada de decisões de desenho urbano em São Sebastião/DF

A ocupação da RA São Sebastião teve início ainda em 1957, com a concessão de colônias agrícolas e a ocupação de núcleos dispersos, sobretudo nas subbacias dos córregos Mata Grande e Ribeirão Santo Antônio da Papuda, integrantes da bacia do Rio São Bartolomeu (figura 2b), com vistas a produzir tijolos e extrair areia para a construção de Brasília.

A bacia foi considerada manancial pelo zoneamento sanitário do DF, instituído pelo Plano Diretor de Água, Esgoto e Controle da Poluição (PLANIDRO) na década de 1970, todavia, mesmo com essas restrições, São Sebastião passa a atrair, a partir da década de 1980, uma série de loteamentos irregulares para absorver a demanda por moradia da população baixa renda. A RA, contudo, foi inaugurada apenas em 1993, com a implantação de alguns bairros pelo Governo, para a regularização dos assentamentos iniciais; atualmente este local é a área central da cidade. Posteriormente, novos bairros regulares, assentamentos precários e condomínios fechados foram sendo acrescentados de forma contínua, mas também dispersa, a essa área central. Mais recentemente, a RA recebeu grandes conjuntos habitacionais do Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), como o Crixás, além do Mangueiral, que está situado nas proximidades.

Em 1983 a bacia do São Bartolomeu foi transformada em Área de Proteção Ambiental (APA) pelo Decreto nº 88.940, como tentativa de dar diretrizes ambientais para orientar a

ocupação. Posteriormente, a Lei nº 5.344 de 2014 definiu novo zoneamento para a área, a partir do plano de manejo da APA, estabelecendo-se quatro zonas conforme os princípios de permeabilidade ecológica (para constituir um corredor ecológico ao longo do Rio São Bartolomeu) e garantia da taxa de recarga (para proteger as cabeceiras do Córrego Taboca). Este se divide em Zona de Preservação da Vida Silvestre (ZPVS), destinada à preservação de manchas de unidades de conservação e do corredor ecológico; Zona de Conservação da Vida Silvestre (ZCVS), imediatamente após esta, destinada, preferencialmente, à compensação de reserva legal. Além da Zona de Ocupação Especial de Interesse Ambiental (ZOEIA), destinada a promover a transição para a ocupação urbana, disciplinando novos parcelamentos em áreas contíguas às ZPVS e às ZCVS e da Zona de Ocupação Especial de Qualificação (ZOEQ), destinada a qualificar as ocupações irregulares e ofertar novas áreas habitacionais.

Da porção da RA situada dentro da APA (figura 2a), a área central consolidada, com os assentamentos regularizados, está situada na ZOEQ; as ocupações precárias (como Morro da Cruz, Bela Vista e Capão Comprido) e a região dos condomínios estão situadas na ZOEIA; as nascentes e rios, que cortam a parte urbana e toda a parte rural, estão situados na ZCVS e o Parque do Bosque está situado na ZPVS.

Com vistas a promover a regularização urbanística e equacionar os conflitos de ocupação ao longo da Bacia do Rio São Bartolomeu, foi criada a Diretriz Urbanística (DIUR) nº 01 de 2019, que é uma síntese entre o Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT; Lei Complementar nº 803 de 2009), a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS; Lei Complementar nº 948 de 2019) e o Zoneamento Ambiental da APA. Nesta, o zoneamento parte de uma graduação de densidade do urbano para o ambiental, a partir também da leitura das áreas preferenciais para recarga (pela sobreposição de informações geomorfológicas), estabelecendo-se as zonas A, B, C e Ambiental.

A Zona A (de ocupação mais sistemática) resulta da sobreposição da ZOEQ da APA

com a Zona Urbana de Uso Controlado II (ZUUC II) do PDOT; nesta estão situadas as Áreas de Regularização Fundiária de Interesse Social (ARIS) e Específico (ARIE), como Morro da Cruz e a região dos condomínios, além das áreas integrantes da estratégia de novas ofertas habitacionais pelo PDOT, como o Conjunto Habitacional Crixás. A Zona B (de transição) resulta da sobreposição da ZOEIA da APA com a ZUUC II do PDOT; nesta estão

incluídas as áreas não parceladas das ARIS, como o Capão Comprido e a Bela Vista. A Zona C (de ocupação rural mais rarefeita) resulta da sobreposição da ZOEIA da APA com a ZCU do PDOT; nesta estão incluídas as áreas rurais da RA. A Zona Ambiental, por fim, inclui Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) do Mato Grande e as ZPVS e ZCVS da APA da Bacia do Rio São Bartolomeu.

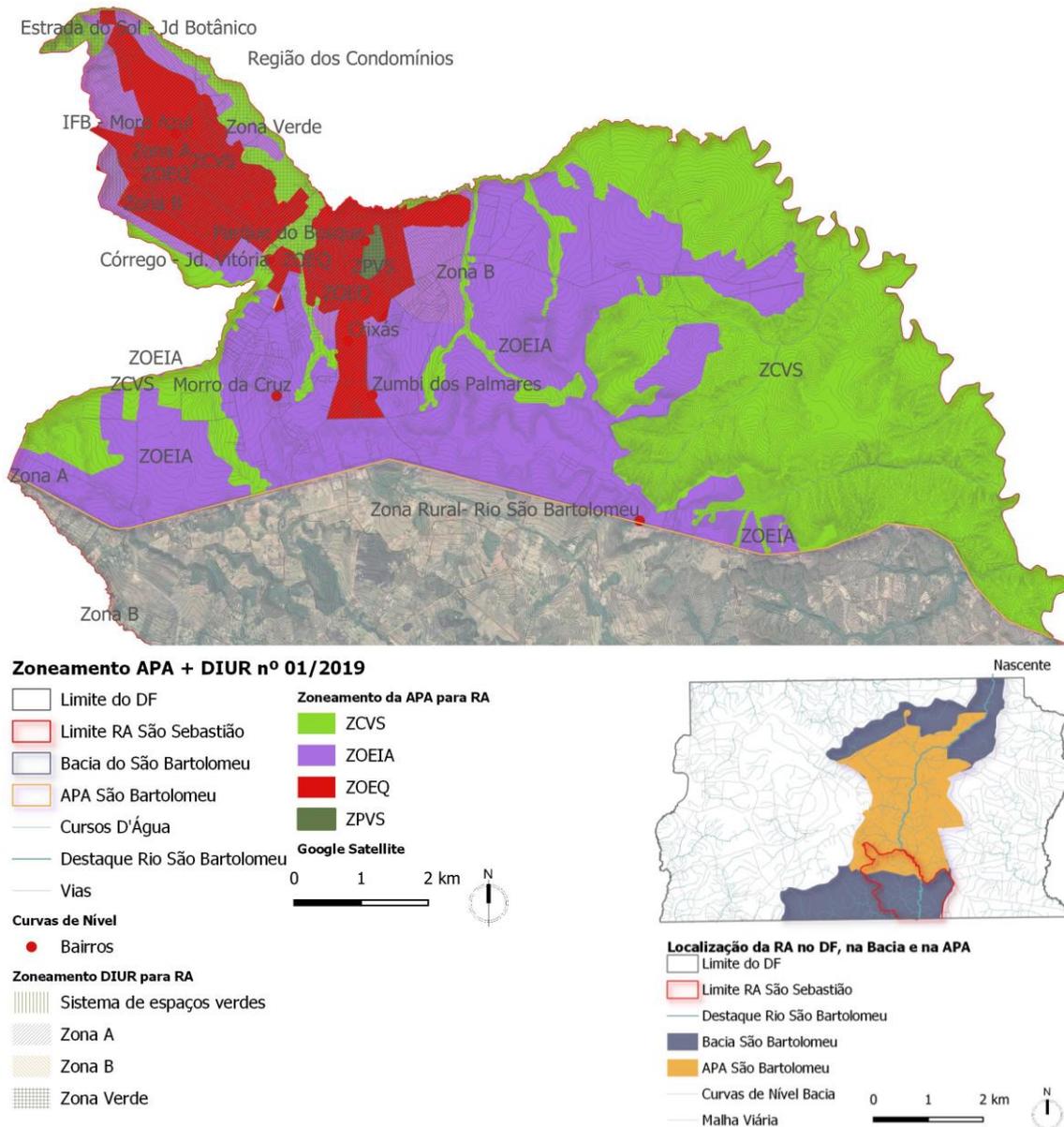


Figura 2a. Localização da RA na APA e na Bacia. **Figura 2b.** Sobreposição do Zoneamento da APA com a DIUR nº 01/2019 (fonte: organizado pelas autoras com base em Geoportal DF, 2021)

A RA São Sebastião possui 7.989 lotes (SEMA, 2020) com dimensões, via de regra, de 250,00 m². De acordo com a DIUR, as

centralidades das Zonas A e B não reservam taxa de permeabilidade (TP), as demais áreas das Zonas A e B possuem (TP) de 15% e a

Zona C tem TP de 50% no tipo Residencial Exclusivo 2, destinado ao uso residencial unifamiliar ou condomínio urbanístico. A Norma faculta possíveis ajustes desses percentuais conforme estudo ambiental ou indicações da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (ADASA) e estabelece que lotes com até 150,00 m² não terão TP mínima. Vale salientar que, embora corroborem a situação do tecido urbano existente, esses percentuais são muito baixos para promover uma recarga efetiva, o que mostra a fragilidade da legislação.

Não à toa a RA sofre com uma série de episódios de alagamentos e enxurradas em chuvas ocasionais. Em termos do funcionamento da drenagem pluvial, o sistema – composto por sarjetas, bocas de lobo, galerias e pontos de dissipação – está

implantado apenas na porção central; macrobacias 1 a 2 e de 3 a 7 (figura 3), abrangendo 63.356 m de rede (Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDU – ADASA, 2002. p. 29). A maioria dos pontos de alagamentos da RA está associada à localização do sistema viário no caminho de direcionamento das águas, sem a rede adequada, conforme pode ser observado na Av. Comercial (Rua 48), Rua da Gameleira, Rua da Escola (entre os bairros Vila Nova e São Jose) e a Quadra 108. Os resultados do estudo de simulação hidráulica realizados pelo PDDU mostram que as galerias trabalhariam com 100% de sua capacidade, podendo até extravasar este volume em superfície, com apenas dois anos Tempo de Retorno (TR), isto é, tempo médio para que determinado fenômeno chuvoso seja igualado ou superado em intensidade e duração.

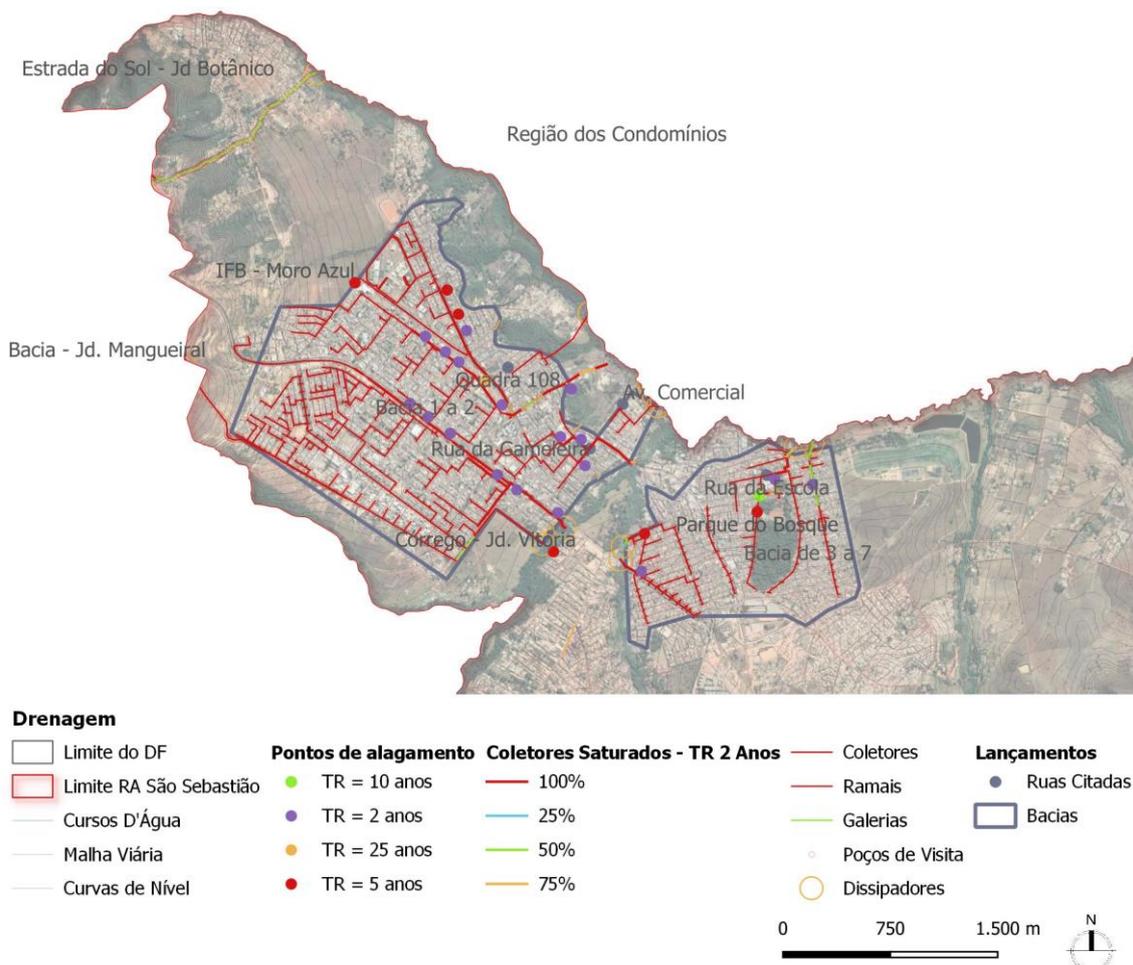


Figura 3. Rede de drenagem com pontos críticos (fonte: elaborado pelas autoras com base na ADASA, 2002)

localizados próximos às nascentes e cursos d'água (ADASA, 2015).

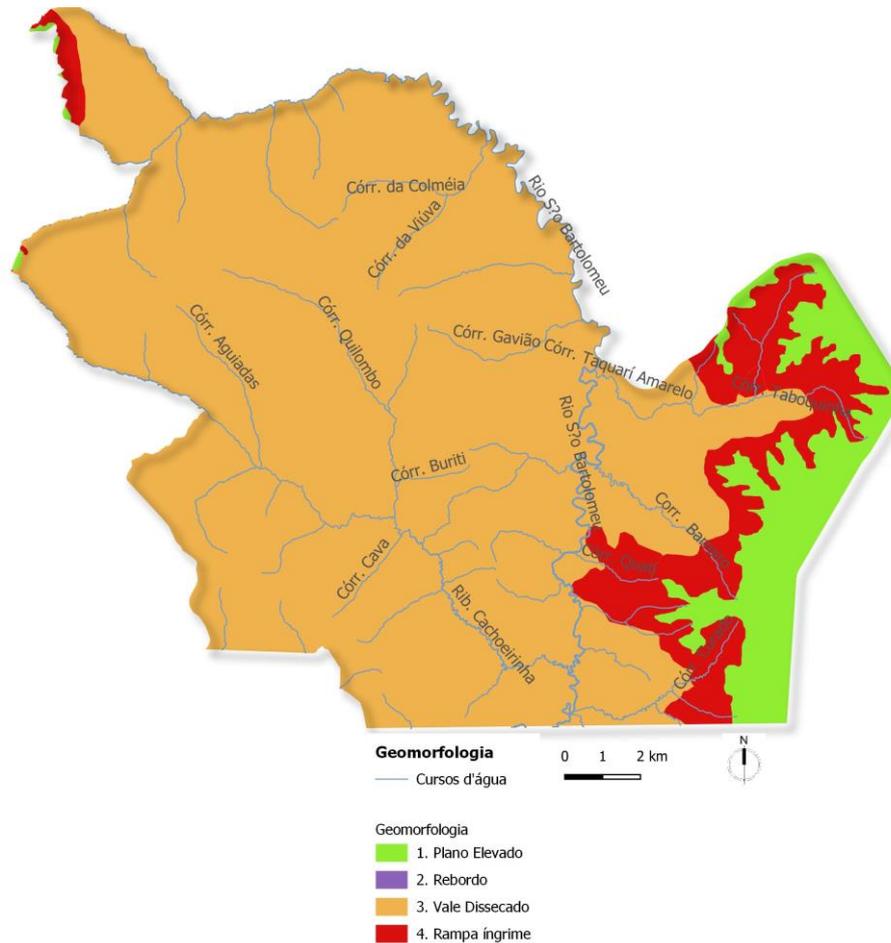


Figura 5. Pedologia (fonte: elaborado pelas autoras com base no IBRAM e Geoportal, 2021)

Em termos de cobertura vegetal (figura 6), predominam superfícies seladas – edificações (1,35%), área construída (3,11%) e sistema viário (0,69%) –; superfícies com cobertura nativa – savânicas (39,27%), florestais (12,99%) e campestres (26,13%) –; superfícies com alteração da cobertura vegetal – solo exposto (3,70%), queimada (0,28%), agricultura (12,24%) e reflorestamento (0,008%) –; outros (0,033%).

Conforme o método da AHP abordado na

introdução, foram definidos os seguintes pesos para essas variáveis – 50% para cobertura do solo, 18% para pedologia e 32% para a geomorfologia. No plano de cada variável, por sua vez, foram atribuídas notas de 0 (anulando alguma influência já computada na relação cobertura do solo e pedologia) a 4 (alto prejuízo à recarga), conforme papel que exercem na recarga hídrica (quadro 1).

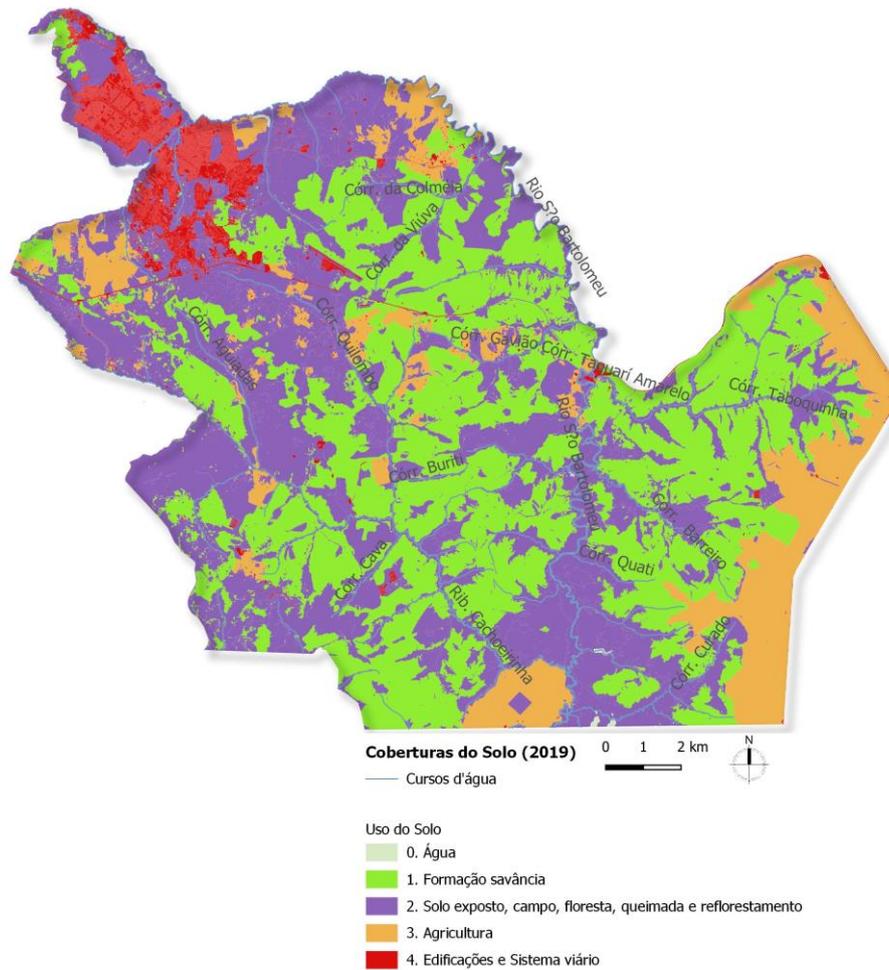


Figura 6. Coberturas do solo (fonte: elaborado pelas autoras com base no IBRAM e Geoportal, 2021)

Quadro 1. Atribuição arbitrária de pesos (fonte: elaborado pelas autoras)

Cobertura do Solo (50%)	Pedologia (18%)	Geomorfologia (32%)
Edificação - 4	Edificação - 0	Rampas Íngremes (potencial de recarga muito baixo) - 4
Área pavimentada predominante - 4	Asfalto - 0	Vales Dissecados (potencial de recarga baixo) - 3
Sistema viário - 4	Solo desnudo - 2	Rebordos (potencial de carga moderado) - 2
Solo exposto - 2	Latossolo (bom potencial de recarga: 10^{-4} m/s a 10^{-7} m/s) - 1	Planos Intermediários (potencial de recarga alto) - 1
Formação florestal - 2	Cambissolo (muito baixo potencial de recarga: 10^{-7} e 10^{-8} m/s) - 4	Planos Elevados (potencial de recarga alto) - 1
Savânica - 1	Neossolo (baixo potencial de recarga: 10^{-7} e 10^{-8} m/s) - 3	
Campo - 2	Argissolos (infiltração moderada: 10^{-5} e 10^{-6} m/s) - 2	
Nuvem - 0	Nitossolo (infiltração moderada: 10^{-5} e 10^{-6} m/s) - 2	
Sombra - 0	Gleissolo (baixo potencial de recarga: $2,3 \times 10^{-6}$ a $1,4 \times 10^{-7}$) - 3	
Queimada - 2	Plintossolos (baixo potencial de recarga: e $2,3 \times 10^{-6}$ a $1,4 \times 10^{-7}$) - 3	
Reflorestamento - 2		
Água - 0		
Agricultura - 3		

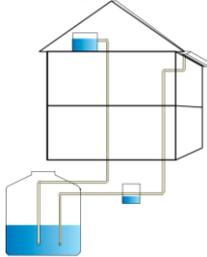
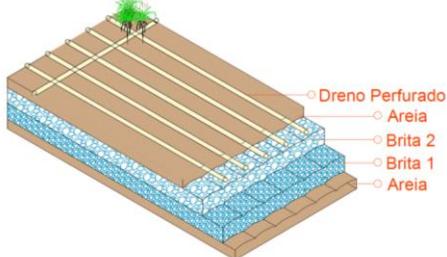
Resultados: estratégias de reconciliação do tecido urbano ao meio natural em São Sebastião/DF

Sobre o mapa síntese do processamento da AHP especializou-se as soluções urbanas (figuras 7 e 8), com o auxílio dos *shapfiles* de manchas e linhas de interesse e da visita de campo. Particularmente, com a ferramenta de perímetro do QGIS® foi possível classificar a largura das calçadas como superiores ou inferiores a 1,90 m, tendo por referência o

dimensionamento da NBR nº 9050/2015, ao passo que a classificação da largura das vias em maiores e menores seguiu a hierarquia viária arterial/coletora e local.

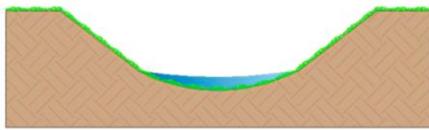
O quadro 2 destrincha as soluções de desenho urbano sensível à água e associadas ao uso ec hidrológico e paisagístico da vegetação do cerrado. As mesmas são categorizadas quanto ao formato em manchas – pequenas e grandes – e lineares – ao longo do sistema viário e cursos d'água.

Quadro 2. Recomendações de desenho urbano associadas à vegetação do cerrado (fonte: elaborado pelas autoras. Ilustração 1: elaboração baseada em Sant'Ana et al., 2018; ilustrações 2, 4, 6, 10, 16: elaboração baseada em Baptista et al., 2011; ilustração 3: elaboração baseada em Sant'Ana et al., 2017; demais ilustrações: elaboradas pelas autoras)

Solução Urbana	Solução paisagística	Onde aplicar?
Pequenas manchas		
1. Captação de água pluvial 	Não se aplica	<ul style="list-style-type: none"> Edificações públicas acima de 2.000m²
2. Sistema de biorretenção 	<ul style="list-style-type: none"> Espécies de fitorremediação de ambientes secos: Picão-da-praia (<i>Heterotípico de Sphagneticola trilobata (L.) Pruski</i>); Solidago (<i>Solidago sp (L)</i>); Cana-branca (<i>Costus spiralis (Jacq.) Roscoe</i>) Macrófitas emergentes fotorremediantes: Chapéu-de-couro (<i>Echinodorus grandiflorus</i>); Cruz-de-malta (<i>Ludwigia octovalvis (Jacq.) P.H. Raven</i>); <i>Sagittaria montevidensis Cham. & Schlecht</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Praças
3. Aproveitamento de águas cinzas 	<ul style="list-style-type: none"> Espécies já indicadas de fitorremediação 	<ul style="list-style-type: none"> Edificações públicas acima de 2.000m² Grandes conjuntos

Continua...

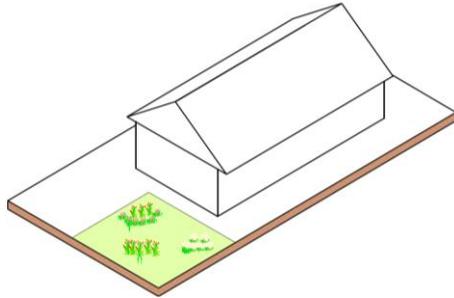
4. Pequenas bacias de retenção em lotes residenciais de áreas com escoamento crítico



- Gramíneas com hábito cespitoso (moita) para auxiliar na recarga hídrica: Capim-cabelo-de-porco (*Paspalum hyalinum* Nees ex Trin.); Capim-rabo-de-burro (*Schizachyrium condensatum* (Kunth) Nees)
- Grama-batatais (*Paspalum notatum* Flügge)

• Lotes residenciais

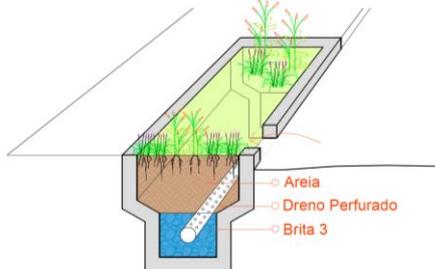
5. Manter taxa mínima de permeabilidade em lotes residenciais de áreas com escoamento crítico



- Arbustos paisagísticos que requeiram menor manutenção: Assa-peixe (*Vernonanthura polyanthes*); Macela (*Achyrocline satureioides* (Lam.) DC); Caliandra (*Calliandra dysantha* Benth.); Murici (*Byrsonima intermedia* A.Juss); Alecrim-do-cerrado (*Baccharis dracunculifolia* DC.); Alamanda (*Allamanda angustifolia*); Carqueja (*Baccharis milleflora*)
- Herbáceas paisagísticas exigentes de manutenção: Sálvia-azul-de-minas (*Salvia minarum*); Ciperácea (*Bulbostylis hirtella*); Verônia (*Chrysolaena obovata*)

• Lotes residenciais

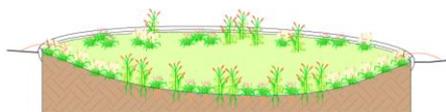
6. Jardins de chuva em calçadas largas de áreas com escoamento crítico



- Gramíneas com hábito cespitoso (moita) para auxiliar na recarga hídrica: *Axonopus pressus*; (*Axonopus marginatus*); Brinco-de-princesa (*Coudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert)
- Herbáceas de ambiente úmido: Melastomataceae (*Acisanthera alsinaefolia* (Mart. & Schrank ex DC.); Ciperácea (*Bulbostylis hirtella*); Chuveirinho (*Paepalanthus chiquitensis*)

• Calçadas maiores

7. Rotatórias côncavas em áreas com escoamento crítico

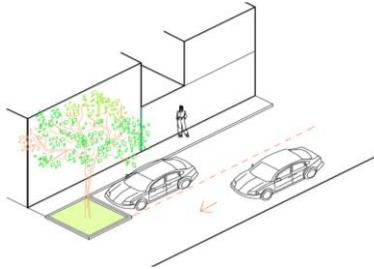


- Gramíneas com hábito cespitoso (moita) para auxiliar na recarga hídrica: *Axonopus pressus*; (*Axonopus marginatus*); Brinco-de-princesa (*Coudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert)
- Herbáceas de ambiente úmido: Melastomataceae (*Acisanthera alsinaefolia* (Mart. & Schrank ex DC.); Ciperácea (*Bulbostylis hirtella*); Chuveirinho (*Paepalanthus chiquitensis*)

• Rotatórias

Continua...

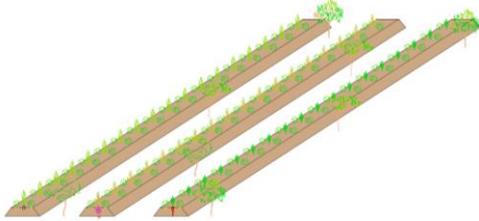
8. Ilhas de vegetação em calçadas estreitas de vias locais



- Espécies de pequeno porte já indicadas

- Calçadas menores

9. Hortas Urbanas como manchas verdes

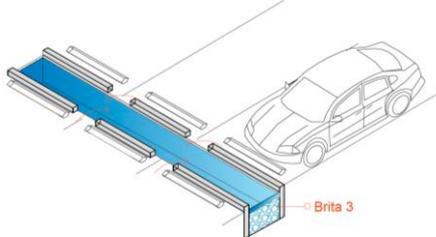


- Hortaliças: Seguir princípios agroecológicos: policultivo; rotação de culturas; adubação verde; metabolismo circular; intercalar (três linhas por canteiro) fruto, raízes e folhas; pequenas, médias, pequenas; mais ou menos tolerantes ao sombreamento; ciclo de vida curto, médio e longo; seguir consorciamentos conhecidos; ação alelopática
- Árvores nativas e frutíferas colocadas em linha (multiestratos, como na savana, para desenvolver raízes e gerar biomassa); Banana como quebra-vento e acumulação de água

- Escolas
- Praças

Lineares

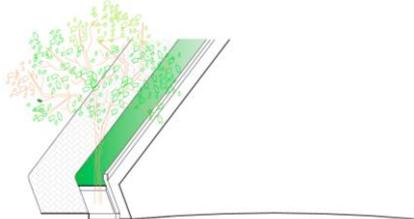
10. Trincheira de infiltração



- Não se aplica

- Praças
- Estacionamentos

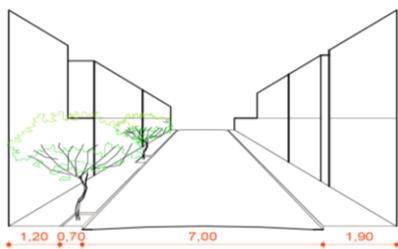
11. Faixa verde ao longo das calçadas



- Grama pisoteável: Grama-batatais (*Paspalum notatum* Flüggé)

- Calçadas >1,90m

12. Arborização ao longo de vias menores

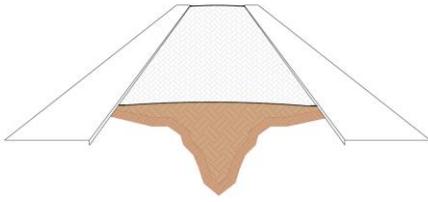


- Árvores de pequeno/médio porte, perene, raiz pivotante, copa globosa: Angico Branco (*Anadenanthera peregrina*); Aroeira-mansa (*Schinus terebinthifolius Raddi*); Cagaita (*Eugenia dysenterica*); Mimosa (*Mimosa clausenii Benth.*)

- Calçadas >1,90m respeitando o *buffer* dos demais equipamentos urbanos

Continua...

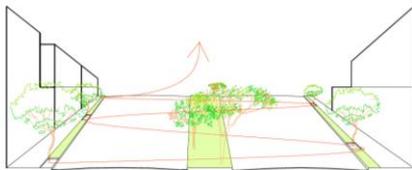
13. Correção de erosões em vias



- Fixação de solo: Amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi Krapov. & W.C.Greg.*)

- Corrigir os processos erosivos, sobretudo nas vias

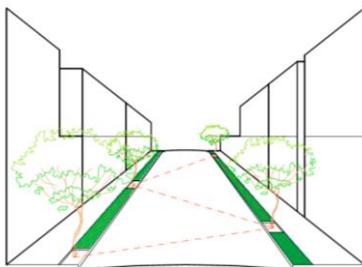
14. Conectores ecológicos ao longo de vias



- Espécies nativas de pequeno e médio porte, perenes ou semidecíduas. Gomeira (*Vochysia thyrsoidea*); Sucupira branca (*Pterodon emarginatus*); Copaíba (*Copaifera langsdorffii Desf.*); Angelim-do-cerrado (*Vatairea macrocarpa*); Congonha (*Ilex cerasifolia*); Mutamba (*Luehea grandiflora*); Oiti (*Couepia grandiflora*); Pau-terra (*Qualea parviflora*)

- Vias maiores

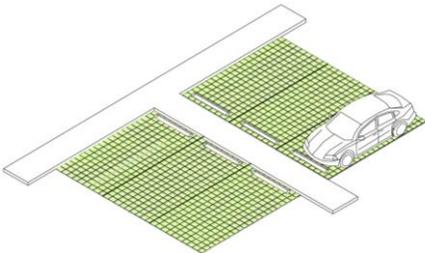
15. Arborização ao longo de vias maiores



- Plantio de espécies médias em ziguezague. Sucupira branca (*Pterodon emarginatus*); Copaíba (*Copaifera langsdorffii Desf.*); Angelim-do-cerrado (*Vatairea macrocarpa*)

- Vias maiores

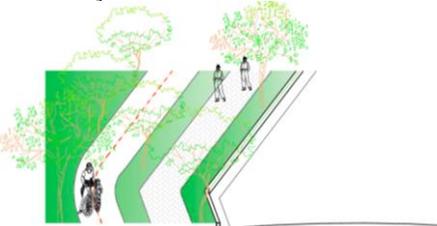
16. Pavimento permeável



- Forração pisoteável: Grama-bataiais (*Paspalum notatum Flüggé*)

- Estacionamentos
- Vias menores de altos regionais

17. Transição urbano-ambiental



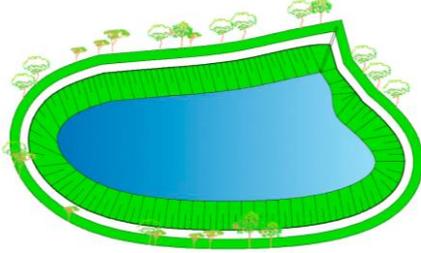
- Sucessão ecológica de primárias e secundárias. Pioneiras: Angico-branco (*Acacia polyphylla DC.*); Farinha seca (*Albizzia hassleri*); Lixeira (*Allophylus edulis*). Secundárias: Jequitibá branco (*Cariniana estrellensis*); Aroeira brava (*Lithraea molleoides Engl.*)

- Espaços livres entre o tecido urbano e as matas ciliares

Continua...

Grandes manchas

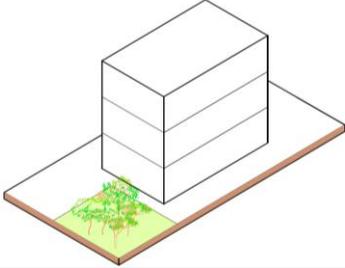
18. Bacia de retenção na bacia



- Espécies nativas de pequeno e médio porte, perenes ou semidecíduas já indicadas

- Parques
- Outros espaços livres

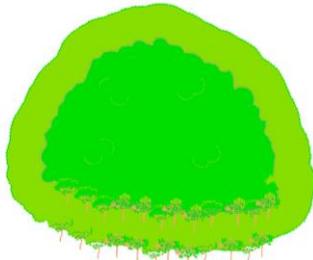
19. Trampolins nos lotes



- Espécies nativas de pequeno e médio porte perenes ou semidecíduas já indicadas

- Grandes conjuntos

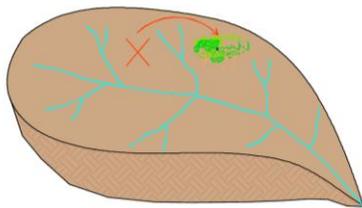
20. Efeito de borda



- Incentivar o plantio de borda nas monoculturas, para atenuar o efeito de borda
- Incentivar a formação de corredores agroecológicos nas monoculturas

- Zona rural

21. Compensações na bacia formando manchas para ligação de conectores



- Pequenos bosques (trampolins) com espécies nativas de pequeno, médio e grande porte. Sucupira branca (*Pterodon emarginatus*); Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.); Angelim-do-cerrado (*Vatairea macrocarpa*)

- Parques
 - Outros espaços livres
-

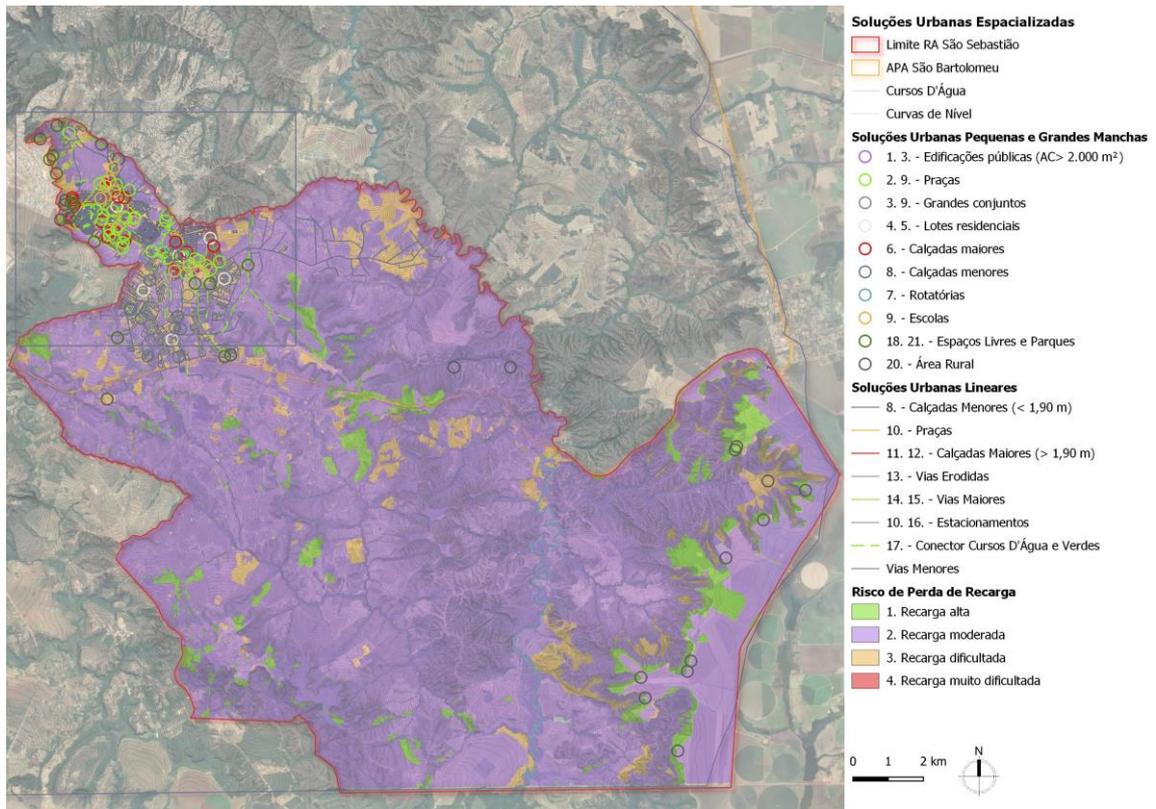


Figura 7. Mapa síntese de recomendações conforme quadro 2 (fonte: elaborado pelas autoras)

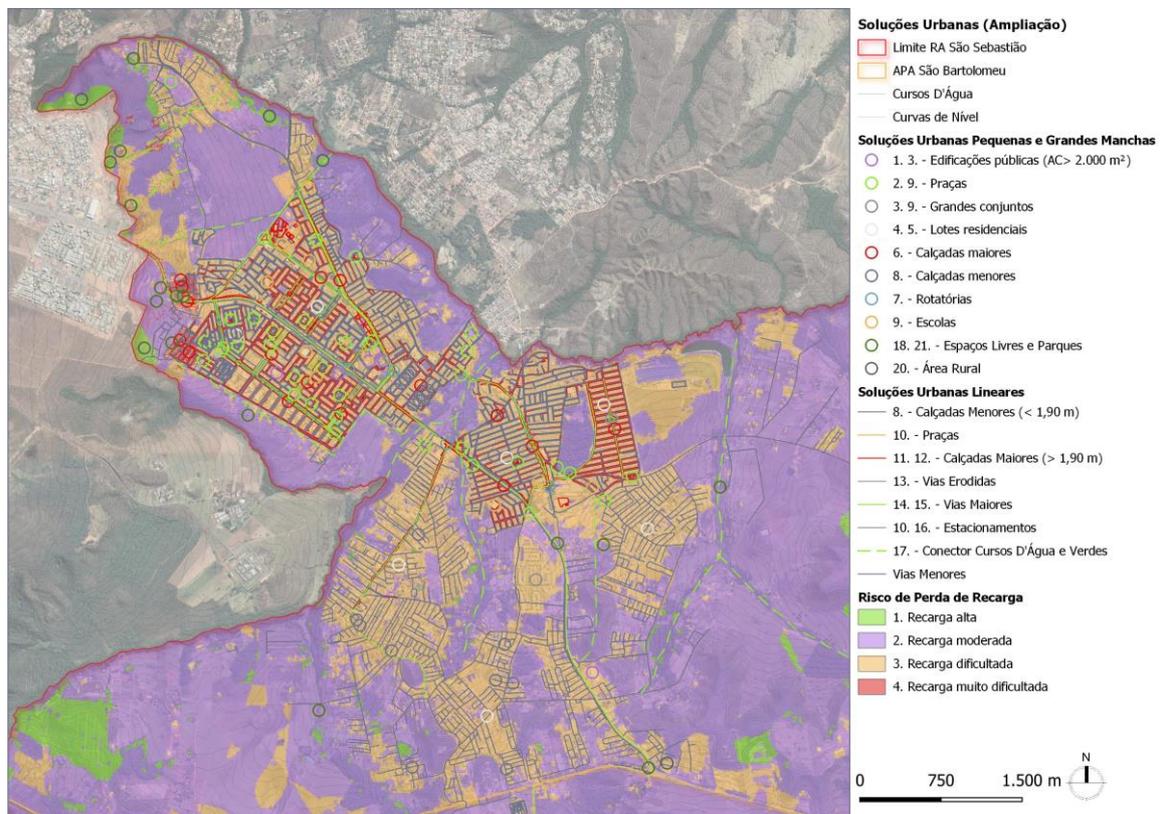


Figura 8. Mapa síntese de recomendações conforme quadro 2 (ampliação) (fonte: elaborado pelas autoras)

Conclusões

O trabalho contribui teoricamente ao se aplicar o método da AHP para a detecção de áreas críticas para recarga hídrica, buscando medidas de adaptação ao problema já constituído. Contribui ainda ao integrar soluções do desenho urbano sensível à água ao uso da vegetação nativa do cerrado, dentro dos princípios da ecologia, permitindo uma maior resiliência da infraestrutura ecológica frente às sazonalidades e eventos climáticos extremos do bioma, além de buscar a conectividade das soluções entre si.

Embora os pesos das variáveis da AHP sejam válidos apenas para a área de estudo, eles poderão auxiliar outras pesquisas no tema.

As soluções apresentadas poderiam ser utilizadas por vários atores – de forma sugestiva, no caso das edificações já existentes; compulsória, no caso das reformas e novas construções; ou implementadas pelo Governo e pela comunidade, no caso dos espaços livres.

Agradecimentos

Agradecemos a Ronaldo Carlos Ribeiro pela generosidade de analisar e auxiliar na definição da ponderação das variáveis temáticas deste trabalho.

Referências

ADASA (2015) *Diretrizes para o desenvolvimento de recarga artificial de aquíferos no Distrito Federal* (Governo do Distrito Federal, ADASA).

ADASA (2021) *Nível dos reservatórios* <https://www.adasa.df.gov.br/monitoramento/niveis-dos-reservatorio>.

ADASA; Concremat Engenharia (2002) *Plano Diretor de Drenagem Urbana do DF* (Governo do Distrito Federal, ADASA).

Anache, A.A. Wendland, E.; Rosalem, L.M.P.; Youlton, C. Oliveira, P.T.S. (2019) “Hydrological trade-offs due to different land covers and land uses in the Brazilian Cerrado”, em *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 23, 1263–1279, 2019. <https://doi.org/10.5194/hess-23-1263-2019>. [Consultado em: dezembro de 2021].

Baptista, M.; Barraud, S.; Nascimento, N. (ed) (2011) *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana* (Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre).

Barbosa, A. S. (1995) “Peregrinos do cerrado”, em *Rev. do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, 5: 159-193. <https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.1995.109234>. [Consultado em: dezembro de 2021].

Bias, E. de S.; Pivelo, L.; Guedes, S.C.; Rocha, K.C. (2012) “Análise da eficiência da vegetação no controle do escoamento superficial: uma aplicação na bacia hidrográfica do Rio São Bartolomeu, DF”, em *Geociências*, v. 31, n. 3, p. 411-429, São Paulo, UNESP.

Durigan, G. (2011) (ed). *Manual para recuperação da vegetação de cerrado* (Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo).

Honda, E. A.; Durigan, G. (2016) “Woody encroachment and its consequences on hydrological processes in the savannah”, em *Phil. Trans. R. Soc. B* 371: 20150313. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2015.0313>. [Consultado em: dezembro de 2021].

Hoyer, J.; Dickhaut, W.; Kronawitter, L.; Weber, B. (2011) *Water Sensitive Urban Design – Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the Future* (HafenCity Universität, Hamburg, Germany).

Jeltsch, F.; Weber, G.E.; Grimm, V. (2000) “Ecological buffering mechanisms in savannas: a unifying theory of long-term tree–grass coexistences”, em *Plant Ecology*, Oxford, v. 161, p. 161–71.

Kaliraj, S.; Chandrasekar, N.; Magesh, N. S. (2014) “Identification of potential groundwater recharge zones in Vaigai upper basin, Tamil Nadu, using GIS-based analytical hierarchical process (AHP) technique”, em *Arabian Journal of Geosciences*, v. 7, n. 4, p. 1385–1401. DOI 10.1007/s12665-014-3664-0. [Consultado em: dezembro de 2021].

Linsley, R. K.; Franzini, J. B. (1978) *Engenharia de recursos hídricos* (Mc Graw-Hill do Brasil).

- Macarthur, R.H.; Wilson, E.O. (1967) *The theory of island biogeography* (Princeton University Press, Princeton, NJ).
- Moura, A.C.M. (2007) “Reflexões metodológicas com subsídios para estudos ambientais baseados em análises multicritérios”, em *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 21-26 abril 2007. Florianópolis, Brasil, INPE, p. 2899-2906.
- Oliveira, R.S.; Bezerra, L.; Davidson, E.A.; Pinto, F.; Klink, C.A.; Nepstad, D.C.; Moreira, A. (2005) “Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil”, em *Functional Ecology*, 19, 574–581. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2005.01003.x>. [Consultado em: dezembro de 2021].
- Oliveira, R.C. (org.) (2016). *Guia de campo das gramíneas do cerrado* (Rede Sementes do Cerrado, Brasília).
- Pilon, A.L.; M. G.B. Cava, W. A. Hoffmann, R.C.R. Abreu, A. F., Durigan, G. (2020) “The diversity of post-fire regeneration strategies in the cerrado ground layer”, em *Journal of Ecology*; 00:1–13. <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2745.13456>. [Consultado em: dezembro de 2021].
- Pinheiro, M. B. (2017) “Plantas para Infraestrutura Verde e o papel da vegetação no tratamento das águas urbanas de São Paulo: Indicação de critérios para seleção de espécies”, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Pitt, R. et al. (2009) “Compaction’s Impacts on Urban Storm-Water Infiltration”, em *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 134, n. 5, p. 652–658. 10.1061/(ASCE)0733-9437(2008)134:5(652). [Consultado em: dezembro de 2021].
- Prince Georges County. (1999) *Low-Impact Development Design Strategies: an integrated design approach* (Department of Environmental Resources of Prince Georges County. Maryland, Prince Georges County).
- Reis, P. E.; Parizzi, M.G. Magalhães, D. M.; Moura, A.C. (2012) “Escoamento superficial como condicionante de inundações em Belo Horizonte, MG: Estudo de caso da sub-bacia córrego do leitão, Bacia do Ribeirão Arrudas”, em *Geociências*, v. 31, n. 1, p. 31-46, São Paulo, UNESP.
- Ribeiro, J. F.; Walter, B.M.T. (2008) “Fitofisionomias do bioma cerrado”, em SANO, S.M.; ALMDEIRA, S.P. (coord) *Cerrado: ambiente e flora* (Embrapa CPAC, Planaltina).
- Sant’ana, D. R.; Medeiros, L.B.; Santos, S. A. dos. (2018) *Cadernos de conservação de água em edificações: aproveitamento de água pluvial* (Editora FAU-UnB, Brasília). 37 p.
- Sant’ana, D. R. (2017) *Reúso-DF: Viabilidade técnica e operacional do aproveitamento de águas pluviais e do reúso de águas cinzas em edificações não-residenciais do Distrito Federal* (Relatório Técnico 5/2017, Brasília).
- Scholz, F. G.; Bucci, S.J.; Goldstein, G.; Meinzer, F.C.; FRANCO, A.C.; Miralles-Wilhelm, F. (2007) “Biophysical properties and functional significance of stem water storage tissues in neotropical savanna trees”, em *Plant Cell Environment*, Logan, v. 30, p. 236–248. 10.1111/j.1365-3040.2006.01623.x. [Consultado em: dezembro de 2021].
- Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Distrito Federal (2020) *Parecer Técnico n.º 30/2020* (SEMA/SUGAT. SEI/GDF - 51095353 - Parecer Técnico, Brasília).
- Seraphim, A. P.; Bezerra, M. do C. de. (2019) “Cidade de água: relações entre tipologias de ocupação urbana e recarga de aquíferos”, em *Cuadernos de investigación urbanística. Ci[ur] 126*. Madrid, Instituto Juan de Herrera. 10.20868/ciur.2019.126.4369. [Consultado em: dezembro de 2021].
- Silveira, L.; Usunoff, E. J. (2009) *Groundwater: Encyclopedia of life support systems* (Oxford, UK) [s.n.].
- Souza, A. de; Moraes, M. G. de; Ribeiro, R. de C. L. F. (2005) “Gramíneas do Cerrado: carboidratos não-estruturais e aspectos ecofisiológicos”, em *Acta Botanica Brasilica*, v. 19, n. 1, p. 81–90. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000100009> [Consultado em: dezembro de 2021].
- Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.; Barros, M.T.L. (orgs.) (1995) *Drenagem Urbana* (ABRH/Editora da UFRGS, Porto Alegre).

UNESCO. (ed) (2002) *Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço - Uma avaliação multitemporal da perda de cobertura vegetal no DF e diversidade florística da Reserva da Biosfera do Cerrado - Fase I* (UNESCO, Brasília).

Tradução do título, resumo e palavras-chave

Cerrado landscaping applied to the functioning of ecological infrastructure: strategies for adapting the urban fabric for the case of São Sebastião/DF

Abstract. *The work analyzes the main impacts of the urban fabric on the water recharge of São Sebastião, Distrito Federal, to point out possibilities of its adaptation to the better functioning of the ecological and landscape infrastructure. The Analytical Hierarchical Process was used, accomplished in the geoprocessing program QGIS®, as support for the weighted and combined crossing of the variables that most interfere in the recharge - geomorphology, pedology and land use. The result maps the most critical areas for recharge, for which water-sensitive urban design solutions are spatialized. Crosswise, an illustrated table categorizes these solutions, according to the format, in patches (small and large) and lines (of roads and watercourses) and unravel the functioning of the drainage associated with the ecohydrological and landscape use of the Cerrado vegetation.*

Keywords. *water recharge, cerrado, urban design strategies, landscaping of the cerrado, adaptation of the urban fabric*

Editor responsável pela submissão: Karin Schwabe Meneguetti

Licenciado sob uma licença Creative Commons.

