

Seleção de Áreas Prioritárias para Instalação de Medidas de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: O Caso do Bairro de Bodocongó em Campina Grande, PB

Selection of Priority Areas for the Installation of Low Impact Development Measures: The Case of the Neighborhood of Bodocongó in Campina Grande, PB

Jessica Kaori Sasaki , Higor Costa de Brito , Elba Magda de Souza Vieira 
& Mauro Normando Macêdo Barros Filho 

Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Civil, Campina Grande, Paraíba, PB, Brasil
E-mails: jessicakaori@hotmail.com; h_igor@hotmail.com; elba.msv8@gmail.com; mbarrosfilho@gmail.com

Resumo

O acelerado processo de urbanização, aliado à falta de planejamento do solo urbano, ocasiona sérios impactos sociais, ambientais e econômicos nas cidades. Os sistemas de drenagem são afetados pela impermeabilização do solo que diminui a infiltração e aumenta o volume do escoamento superficial, intensificando as inundações urbanas. Nesse sentido, objetivo do presente artigo é propor uma metodologia, baseada em produtos oriundos do sensoriamento remoto, capaz de identificar espacialmente, áreas prioritárias para intervenções e que apresentem características que viabilizem a implementação de técnicas de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto. A metodologia consistiu, inicialmente, na pesquisa e coleta de dados, referente às áreas mais susceptíveis a inundações e à densidade populacional do bairro Bodocongó, em Campina Grande- PB. Em seguida, com o auxílio do *software* QGIS, produziu-se um mapa com as regiões que apresentam simultaneamente estas duas características, indicando o grau de prioridade para ações de intervenção. A partir da análise deste produto, escolheu-se três áreas prioritárias para estudo da viabilidade da aplicação de sistemas de biorretenção e trincheiras de infiltração, levando em consideração a declividade do terreno e o tipo de solo. A metodologia mostrou-se eficaz, servindo como subsídio para seleção de regiões prioritárias, de forma simples e direta, podendo ser facilmente expandida para outros locais e utilizada como uma importante ferramenta para os gestores urbanos na tomada de decisão.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Drenagem Urbana; Sustentabilidade

Abstract

The accelerated urbanization process, combined with the lack of urban land planning, causes serious social, environmental and economic impacts on cities. The drainage systems are affected by the waterproofing of the soil, which reduces infiltration and increases the volume of runoff, intensifying urban flooding. In this sense, the objective of this article is to propose a methodology, based on products from remote sensing, capable of spatially identifying priority areas for interventions and which have characteristics that enable the implementation of Low Impact Urban Development techniques. The methodology initially consisted of research and data collection, referring to the areas most susceptible to flooding and the population density of the neighborhood Bodocongó, in Campina Grande-PB. Then, with the aid of the QGIS software, a map was produced with the regions that simultaneously present these two characteristics, indicating the degree of priority for intervention actions. Based on the analysis of this product, three priority areas were chosen to study the feasibility of applying bio-retention systems and infiltration trenches, taking into account the slope of the terrain and the type of soil. The methodology proved to be effective, serving as a subsidy for selecting priority regions, in a simple and direct way, which can be easily expanded to other locations and used as an important tool for urban managers in decision making.

Keywords: Geoprocessing; Urban Drainage; Sustainability

1 Introdução

A rápida urbanização sem planejamento e controle do uso do solo urbano, com ocupação de áreas de risco de inundação e escorregamentos, aliada ao adensamento populacional e uso exacerbado dos recursos naturais, geram um conjunto de impactos ambientais, sociais, econômicos e culturais que interferem diretamente no bem-estar da população (Santos, Rufino & Barros Filho 2017; Zandrea 2016).

Esse processo de urbanização também ocasiona impactos no sistema de drenagem, devido principalmente à impermeabilização que resulta em alterações nos processos hidrológicos, como aumento do escoamento superficial e diminuição da capacidade natural de retenção e infiltração do solo, agravando as cheias (Targa et al. 2012; Tucci 2016; Righetto, Rafael & Freitas 2017; Karakurt-Fischer et al. 2020).

Os sistemas de drenagens tradicionais baseiam-se na canalização dos cursos d'água e no transporte das águas pluviais para jusante, o mais rápido possível (Targa et al. 2012). Este modelo, fundamentado no conceito higienista, não soluciona os problemas de fato, apenas os transferem para outras áreas, o que implica no aumento das inundações à jusante e na necessidade de novas obras de ampliação com custos incrementais crescentes (Baptista et al. 2005; Souza, Cruz & Tucci 2012).

Nesse sentido, percebeu-se a necessidade de desenvolvimento de uma abordagem que objetivasse o controle das águas pluviais na fonte e o aproveitamento das características naturais do ambiente, recompondo o ciclo hidrológico natural (Agostinho & Poletto 2012).

A drenagem urbana sustentável entra nesse contexto como uma alternativa que compreende soluções práticas para os problemas dos deflúvios urbanos, minimizando os impactos aos corpos hídricos e aos meios urbanos circunvizinhos (Righetto, Moreira & Sales 2009).

Entre as linhas de pensamento que se desenvolveram nessa vertente, destaca-se a abordagem americana *Low Impact Development* (LID, denominado no Brasil por Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto). As técnicas LID permitem a modulação do sistema de drenagem em função do crescimento urbano, baseando-se em práticas de tratamento e controle em pequena-escala para mimetizar o comportamento hidrológico natural (Tavanti & Barbassa 2012; Souza, Cruz & Tucci 2012).

O sensoriamento remoto é uma ferramenta que auxilia os gestores na resolução de problemas complexos de planejamento, principalmente onde existe a necessidade de análise de inúmeros dados de maneira ágil, relacionando diferentes parâmetros simultaneamente (Carvalho 2019). No contexto de drenagem urbana, esse tipo de tecnologia permite a elaboração de mapas através da integração de

dados espaciais, permitindo propor alternativas para diminuir os impactos causados ao meio ambiente, provenientes do processo de ocupação do solo (Silva & Silva 2017).

O município de Campina Grande, assim como muitas cidades brasileiras, sofre continuamente com inundações e alagamentos (Rufino, Santos & Tsuyuguchi 2015). Estudos de Alves et al. (2018), Tsuyuguchi (2015), Nóbrega (2012) e o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) constataram que a cidade apresenta trechos críticos em épocas de grandes precipitações. Ademais, o PMSB também mostra ineficiência quanto à manutenção e qualidade do sistema, com muitos trechos dos canais apresentando paredes danificadas, contribuições irregulares de esgotos e resíduos sólidos. Desse modo, observa-se a urgência de se propor alternativas e soluções para essas questões.

Portanto, objetivo do presente artigo é propor uma metodologia, baseada em produtos oriundos do sensoriamento remoto, capaz de identificar espacialmente, áreas prioritárias para intervenções e que apresentem características que viabilizem a implementação de técnicas de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto.

2 Desenvolvimento Urbano Sustentável

O desenvolvimento urbano sustentável, através de medidas estruturais e não estruturais, preza pela conservação ambiental, melhorando a qualidade de vida da população (Tucci 2008; Marcatto et al. 2016). Dentro dessa abordagem, o Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto utiliza-se de estratégias que facilitam o desenvolvimento de projetos adaptados à topografia natural, possibilitando o controle do escoamento das águas pluviais, mimetizando o comportamento natural (Tavanti & Barbassa 2012; Kaykhosravi et al. 2019).

Estas estratégias mantêm a hidrologia local e mitigam impactos adversos ao escoamento superficial e à poluição difusa, através do uso de técnicas de retenção e detenção de águas pluviais, assim como de redução de superfícies impermeáveis aplicadas em microescala (Bahense 2013; Amanthea & Nascimento 2015).

Dentre as técnicas de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto, destacam-se: os pavimentos permeáveis; os telhados verdes; as trincheiras de infiltração; e as células de biorretenção (Braga 2017; Souza, Cruz & Tucci 2012).

Nesse estudo, optou-se por enfatizar duas técnicas: trincheiras de infiltração e sistemas de biorretenção. Essa escolha foi motivada pelos benefícios que ambas proporcionam, tanto na questão de controle do volume do escoamento e no tratamento da qualidade desse deflúvio, como também da facilidade da integração dessas medidas com o meio urbano. Além disso, estudos existentes comprovam a eficiência dessas medidas no município em estudo (França 2020; Alves 2017).

As trincheiras de infiltração são áreas escavadas preenchidas por material granular do tipo brita ou seixos rolados, proporcionando uma infiltração direcionada das águas superficiais no solo (Melo et al. 2016). São projetadas ao longo de superfícies impermeáveis cujo comprimento linear é superior às suas largura e profundidade. De forma geral, essa tecnologia amortece os volumes superficiais e fornece a remoção eficiente de sólidos em suspensão, poluentes particulados, coliformes bactérias, orgânicos e algumas formas solúveis de metais e nutrientes do escoamento de águas pluviais (USEPA 1999a).

As células de biorretenção consistem em áreas de depressão projetadas para receber o escoamento superficial onde são plantadas determinadas vegetações capazes de filtrar poluentes presentes nestas águas (Pivetta, Tassi & Kuchinsky 2019). Dessa forma, esse tipo de técnica tem a capacidade de não só captar o escoamento, promovendo a infiltração e evapotranspiração, como também contribuir para a redução de cargas de poluentes que são removidos da água mediante adsorção, filtração e decomposição da matéria orgânica (Righetto, Moreira & Sales 2009).

3 Metodologia e Dados

3.1 Área de Estudo

Campina Grande é um município localizado no agreste da Paraíba a uma altitude média de 550 metros acima do nível do mar e a uma distância de aproximadamente 130 km da capital do estado, João Pessoa (Sander et al. 2019). Possui uma área territorial de 594,182 km² e população estimada de 409.731 habitantes (IBGE 2010).

A classificação climática de Köppen-Geiger elaborada por Francisco et al. (2015) mostra que a cidade apresenta um clima semiárido quente, classificado como Bsh. Ainda segundo o autor, os meses de março e abril são os meses mais chuvosos em praticamente todo estado da Paraíba e setembro é considerado o mês mais seco. No restante do ano as chuvas ocorrem de forma isolada. A distribuição pluviométrica anual da mesorregião do Agreste, onde o município se encontra, é de 700 a 1.200mm (Francisco et al. 2015).

Por apresentar suscetibilidade à inundação e histórico de alagamentos (Serviço Geológico do Brasil 2013; Prefeitura Municipal de Campina Grande 2015; G1-PB 2013), o bairro escolhido como área de estudo foi o de Bodocongó (Figura 1), que se encontra na zona oeste do município. Este bairro está inserido na bacia hidrográfica de Bodocongó e tem sua origem vinculada com a construção de um açude de mesmo nome, em 1915, que permitiu

a formação de um complexo industrial no seu entorno, promovendo a urbanização deste bairro (Sander et al. 2019).

As principais classes de solo encontradas nesta região são Luvisolos e Neossolos litólicos rasos, pedregosos e pouco intemperizados (Medeiros et al. 2007). Este bairro apresenta alto nível de impermeabilização, com taxas que chegam a 68%, sendo esse valor diretamente relacionada com as altas taxas de ocupação do bairro (Tsuyuguchi 2015).

3.2 Obtenção e Processamento dos Dados Espaciais

O presente artigo é composto por três etapas: (i) a primeira etapa consistiu na pesquisa e coleta de dados sobre o bairro de Bodocongó, onde obteve-se informações sobre a população residente, por meio da Grade Estatística (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010) e áreas mais susceptíveis a inundações, através dos estudos de Alves et al. (2018); (ii) a segunda etapa utilizou o mapa de inundações e a densidade populacional para identificar áreas prioritárias para instalação de medidas de LID; (iii) a terceira etapa teve como intuito estabelecer critérios técnicos para aplicação das tecnologias LID nessas áreas.

O mapa de densidade populacional apresenta as informações oriundas da Grade Estatística do IBGE, composta por quadrantes de 200 m x 200 m e elaborada a partir dos dados censitários do Censo Demográfico de 2010. Os valores foram obtidos com base na quantidade de habitantes dos quadrantes, sendo calculada através da relação entre a população residente e a área do quadrante (0,04 km²). Por conseguinte, foram estabelecidos 5 graus de densidade, elencados em intervalos iguais, correspondentes a classificação em cinco quantis (pontos estabelecidos em intervalos regulares a partir da função distribuição acumulada) das densidades populacionais do bairro (Figura 2).

Para o mapa de susceptibilidade à inundação (Figura 3) foram definidos 5 intervalos, sendo estes: “Muito Baixo”, “Baixo”, “Moderado”, “Alto” e “Muito Alto”. Esse mapa baseou-se no estudo de Alves et al. (2018) que levou em consideração os seguintes critérios: declividade, altitude, proximidade com os corpos d’água, proximidade com elementos de drenagem e áreas impermeáveis.

Segundo os autores, áreas muito planas são mais susceptíveis a inundações, assim como áreas de baixa altitude. Em relação ao critério de proximidade dos corpos hídricos, foi considerado que áreas mais próximas aos corpos d’água apresentam maior suscetibilidade a inundações, já áreas próximas a elementos de drenagem (como bueiros ou calhas de chuvas) são menos suscetíveis, devido à capacidade de drenagem desses elementos (Alves et al. 2018). Por fim, o estudo considerou somente áreas impermeáveis, devido ao maior impacto direto das inundações sobre elas.

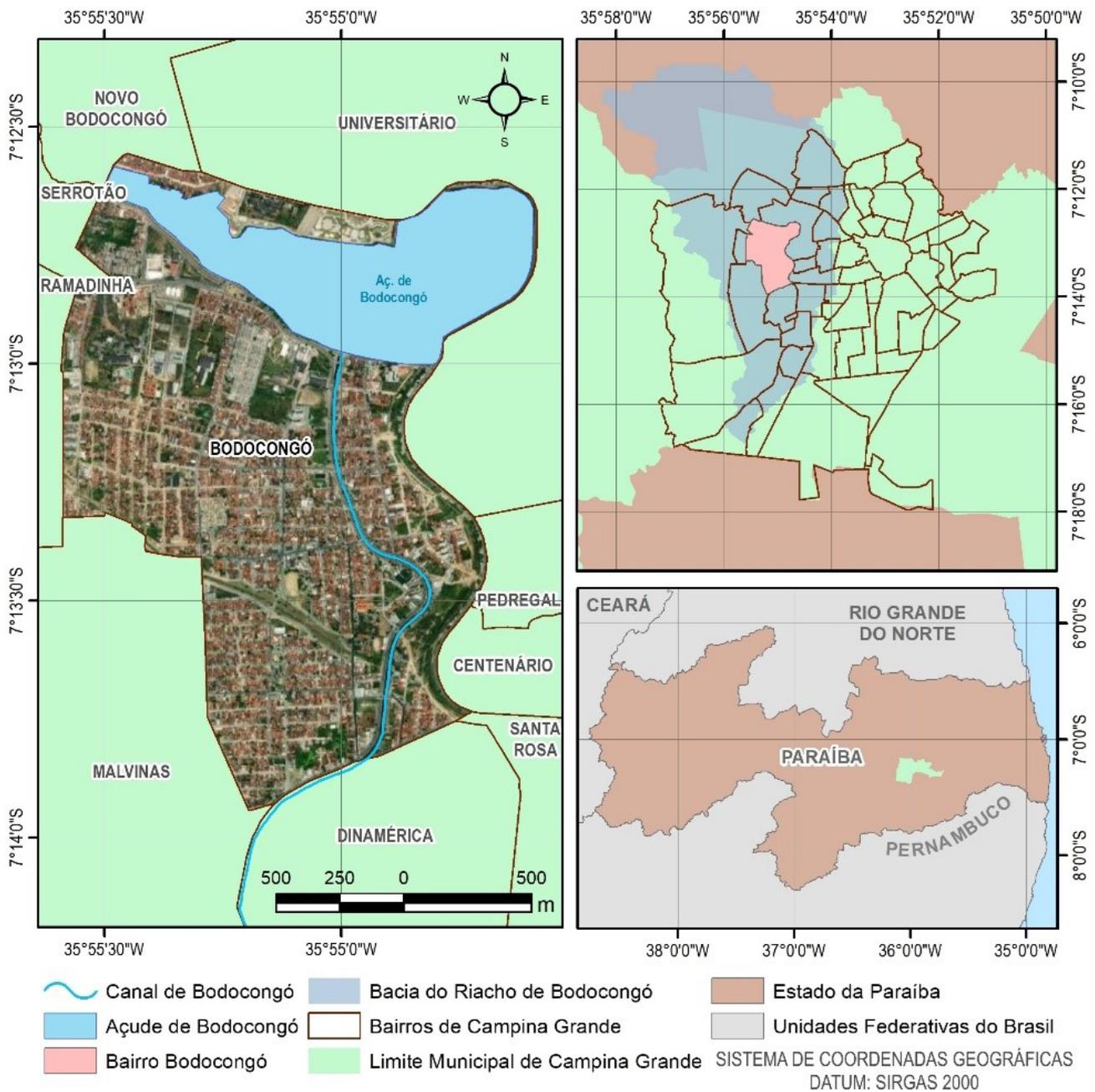


Figura 1 Localização da área de estudo.

Com o intuito de identificar os quadrantes, mais suscetíveis às inundações, as classes de suscetibilidade foram associadas a números inteiros entre 0 e 5, sendo a classe Muito Baixa correspondente ao número 0 e a classe Muito Alta ao número 5. Os graus de suscetibilidade foram obtidos através da média dos pixels pertencentes a cada quadrante, por meio da ferramenta estatística zonal no *software* QGIS, conforme apresentado na Tabela 1.

A segunda etapa consistiu em cruzar as informações anteriores para produzir um mapa que apresenta, simultaneamente, duas características: suscetibilidade à inundação e densidade populacional (Tabela 2). Nesse contexto, os quadrantes contendo áreas com grau de suscetibilidade elevado e densamente povoadas caracterizam a necessidade prioritária para intervenção, necessitando de medidas que mitiguem os efeitos dos eventos de cheias.

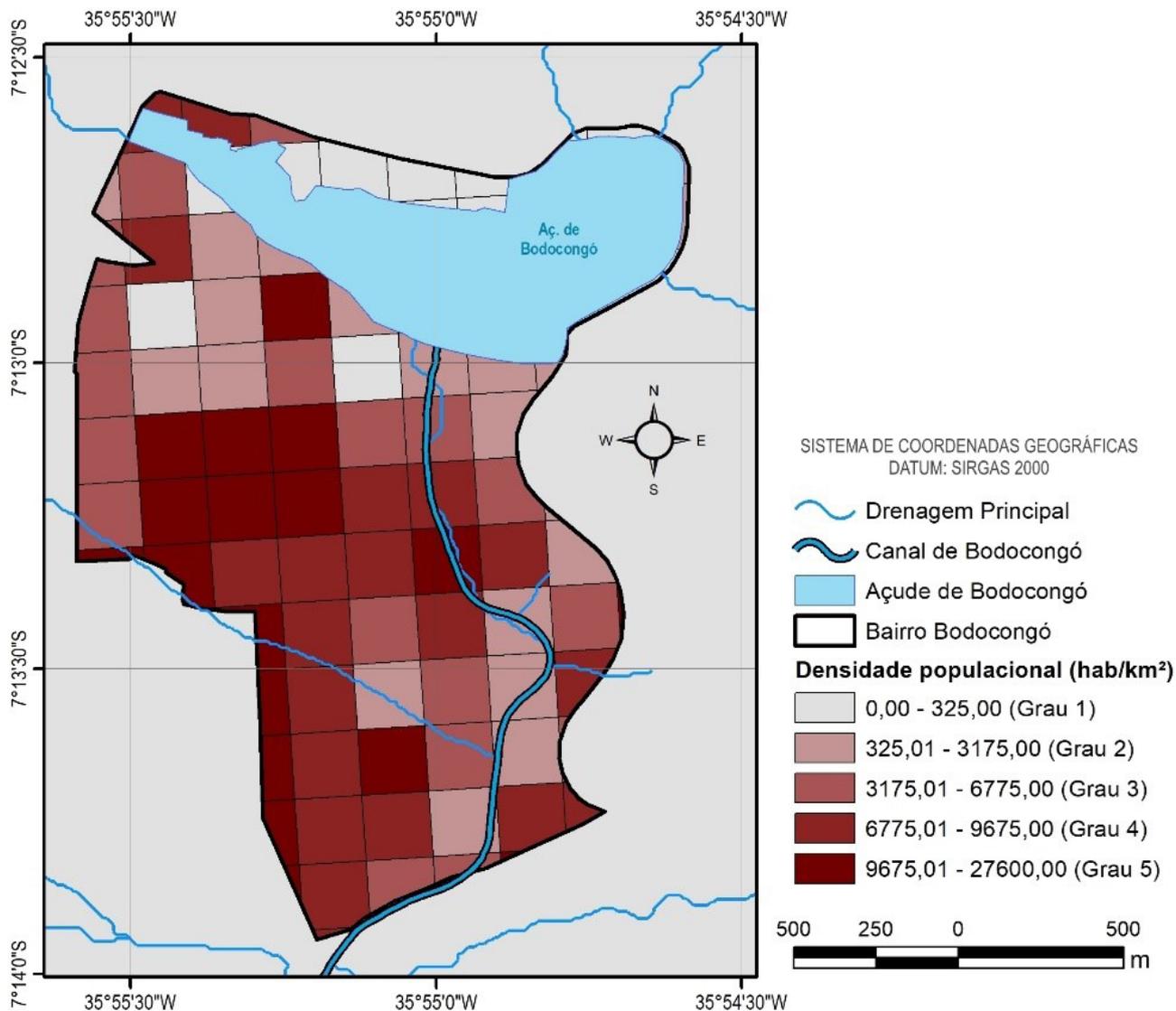


Figura 2 Densidades populacionais do bairro Bodocongó.

Fonte: Adaptado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010).

Por fim, a terceira etapa compreendeu a interpretação do mapa de áreas prioritárias, definindo-se três áreas (quadrantes) para a instalação de medidas LID: o único quadrante classificado com grau de prioridade Muito Alta e dois quadrantes arbitrários classificados com prioridade

Alta. A discussão acerca dos critérios técnicos ocorreu de acordo com as variáveis presentes na Tabela 3. A declividade foi calculada no *software* QGis a partir do modelo digital do terreno SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* (Farr et al. 2007).

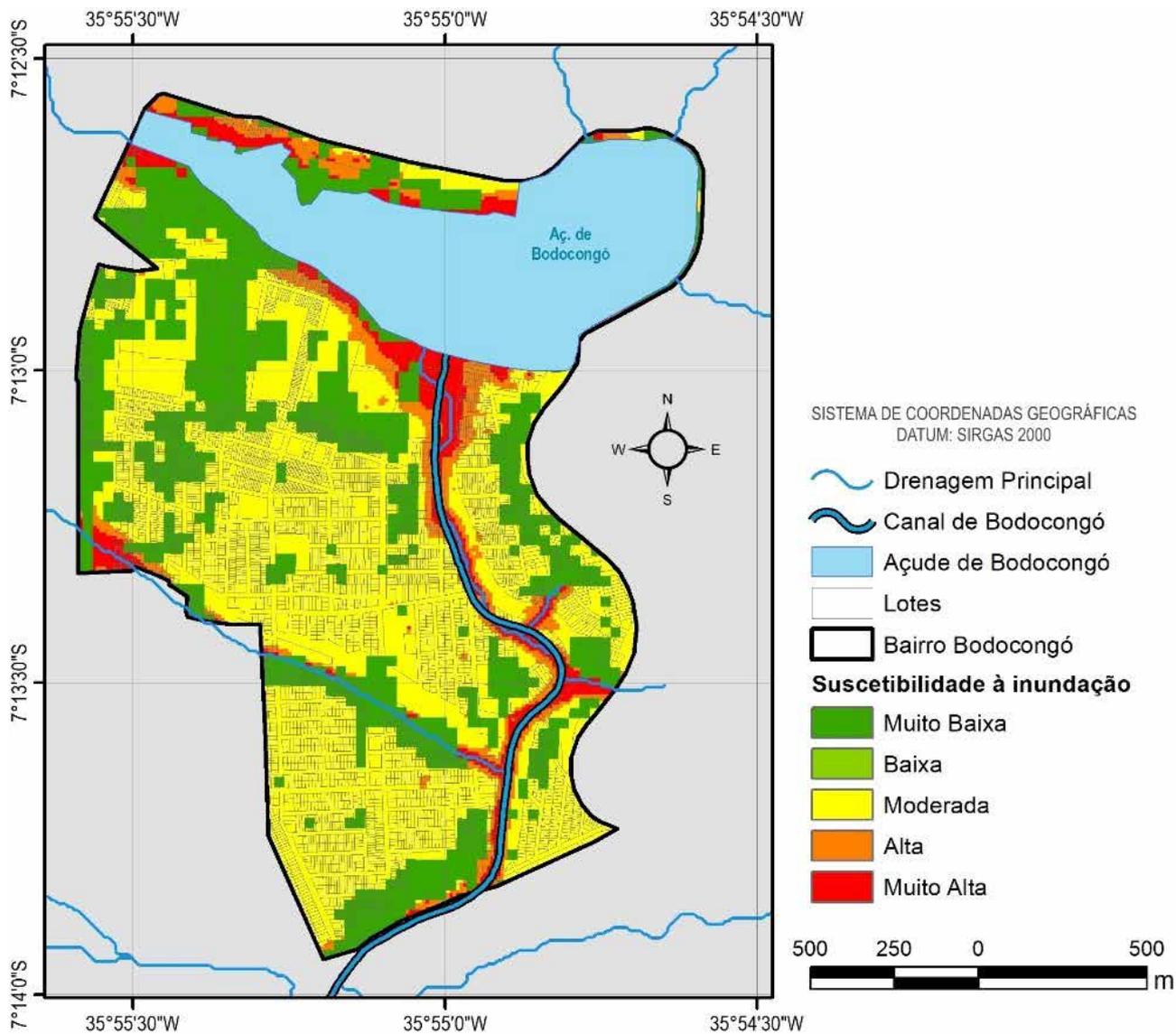


Figura 3 Áreas susceptíveis a inundação no bairro Bodocongó.

Fonte: Adaptado de Alves et al. (2018).

Tabela 1 Grau de suscetibilidade à inundação dos quadrantes.

Média dos pixels (por quadrante)	Grau de suscetibilidade à inundação
0 a 0,50	1
0,51 a 1,50	2
1,51 a 2,50	3
2,51 a 3,50	4
3,51 a 4,0	5

Tabela 2 Classificação dos quadrantes de acordo com a necessidade de medidas de LID.

	Grau de suscetibilidade à inundação					Grau de densidade populacional				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Muito baixa	Muito baixa	Baixa	Moderada	Moderada					
2	Muito baixa	Baixa	Moderada	Moderada	Moderada					
3	Baixa	Moderada	Moderada	Alta	Alta					
4	Moderada	Moderada	Alta	Alta	Muito alta					
5	Moderada	Alta	Alta	Muito alta	Muito alta					

Tabela 3 Critérios técnicos para aplicação das tecnologias LID.

Tecnologia	Declividade	Tipo de solo	Taxa de infiltração	Fonte
Trincheira de infiltração	Preferencialmente menor que 5% e não superior a 20%	Areia, areia argilosa, areia arenosa e barro	Superior a 13,00 mm/h	USEPA (1999a)
Sistema de biorretenção	Inferior a 20%, mas superior a 2%	Barro arenoso, areia argilosa ou barro	Superior 12,5 mm/h	USEPA (1999b); PGDER (1993)

4 Resultados

A Figura 4 apresenta o resultado referente à classificação dos quadrantes quanto ao grau de suscetibilidade à inundação. Como foi explicado anteriormente, quadrículas classificadas com graus 5 e 4 correspondem à “Muito Alta” e “Alta” suscetibilidades, respectivamente. No mapa, observa-se que as regiões que apresentaram maiores valores se encontram próximas ao canal de Bodocongó. Isso ocorre justamente pelas áreas próximas aos corpos hídricos representarem planícies de inundação que são altamente suscetíveis a alagamentos em eventos extremos.

Como resultado da terceira etapa, obteve-se o mapa da Figura 5. O grau de prioridade de intervenção se baseou na premissa de que áreas mais populosas são prioridade para ações intervencionistas, uma vez que apresentam maiores riscos para uma maior quantidade de pessoas, em eventos de cheias.

Analisando o produto obtido, constata-se que somente uma pequena área a oeste do bairro apresentou grau de prioridade muito alto. Isso pode ser explicado pelo fato que este quadrante é o único que apresenta ao mesmo tempo um grau muito alto de suscetibilidade e alta densidade populacional.

A região central, apesar de não apresentar suscetibilidade muito alta, é altamente povoada; logo, durante a sobreposição dos mapas, este fator compensou o critério referente à inundação, classificando-a como uma região de alta prioridade. Já a região norte do bairro, que é predominantemente de baixa e muito baixa prioridades, apresentou nos dois critérios analisados, baixas classificações, justificando o resultado da sobreposição.

Portanto, escolheu-se, como áreas prioritárias, a única área classificada com muito alta (área A) e duas áreas aleatórias com alta prioridade (áreas B e C), conforme ilustrado na Figura 6. Nesse mapa, também são mostradas as declividades do terreno das áreas escolhidas.

Analisando os valores apresentados na Tabela 3, que correspondem a valores de referência cujo desempenho das técnicas tende a ser melhor, percebe-se que a declividade é de fundamental importância para a instalação dessas tecnologias LID, uma vez que valores muito altos podem inviabilizar a infiltração, devido ao aumento na velocidade do escoamento. Além disso, velocidades excessivas podem ocasionar erosão, danificando a instalação. Entretanto, é necessária uma declividade mínima para garantir o fluxo para a região.

As áreas A e B, apresentam declividades entre 2,01 a 20%, o que condiz com os limites estabelecidos nos critérios técnicos (Tabela 3), tanto para as trincheiras de infiltração quanto para o sistema de biorretenção. Já a área C, em sua região central, observa-se declividades entre 0,01 a 2%; logo, como o sistema de biorretenção necessita de valores superiores a 2%, não se recomenda a implantação da técnica nesse local.

Outro ponto importante levado em consideração diz respeito ao tipo de solo. As células de biorretenção que são, de forma geral, formadas por uma cobertura vegetal e um leito filtrante composto por areia, brita e solo, necessitam de um material contendo argila. Sendo assim, a implantação dessas técnicas em locais que apresentem solos argilosos, minimizaria a necessidade de importar esse material de outro local. A argila é importante pois fornece a adsorção para hidrocarbonetos, metais pesados, nutrientes e outros poluentes.

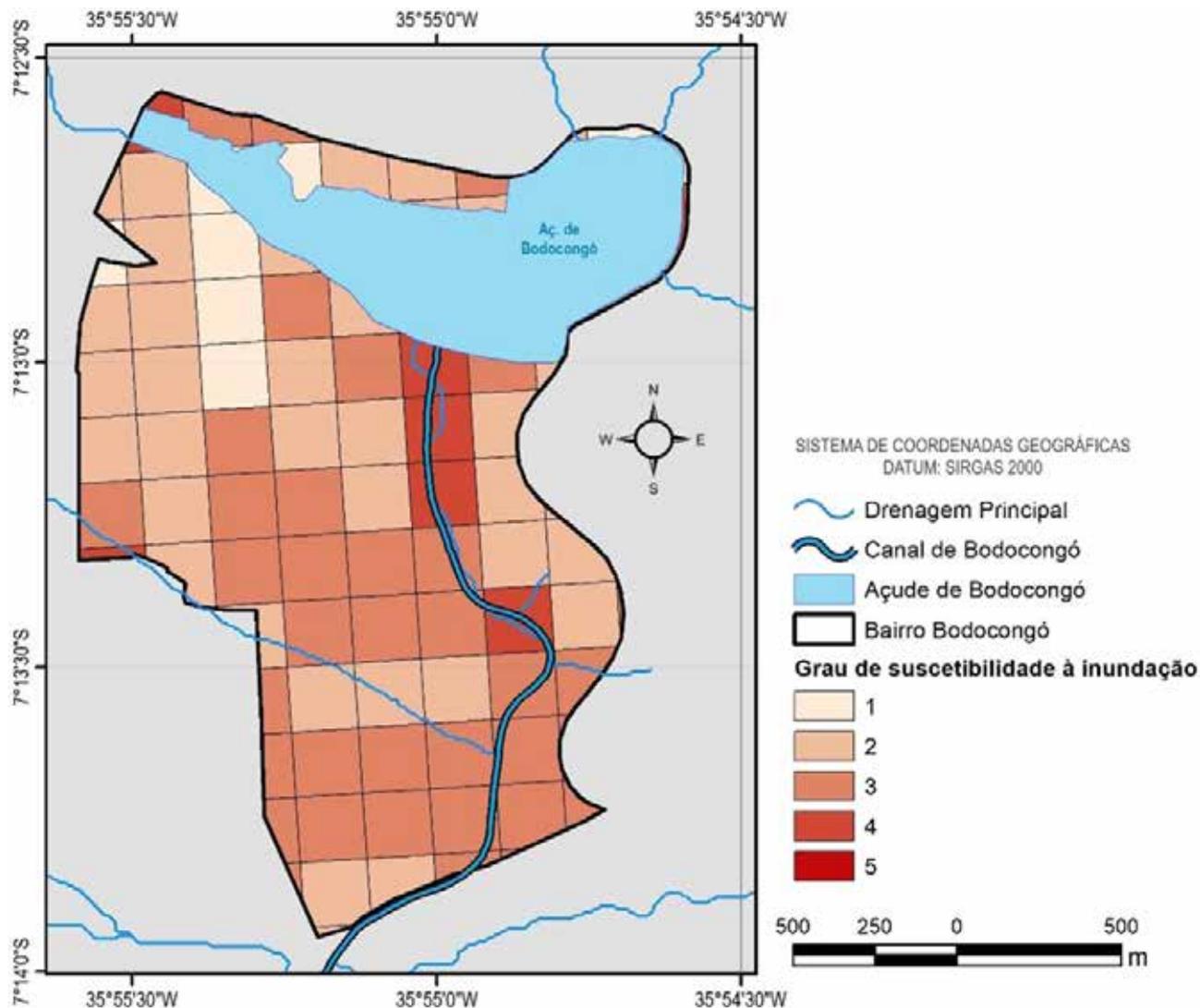


Figura 4 Grau de susceptibilidade à inundação.

Já para a trincheira de infiltração, é necessário que os solos apresentem baixo teor de silte e argila. Além disso, essa técnica trata pequenas quantidades de escoamento, sendo mais recomendadas para áreas com pouco espaço disponível, podendo ser usada em associação com outras técnicas de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto.

As classes de solos predominantes na região em estudo são Luvisolos que se caracterizam por apresentar acúmulo de argila em sua subsuperfície e os Neossolos litólicos rasos apresentam baixa capacidade de armazenamento de água. Além disso, segundo o estudo de Tsuyuguchi (2015), a região apresenta solos do tipo B, o que, segundo a classificação hidrológica do solo (Soil Conservation Service 1986), corresponde a solos arenosos com permeabilidade superior à média.

Portanto, considera-se que, apesar do solo da região apresentar teor de argila, que não é recomendável para as trincheiras de infiltração, apresenta também alta permeabilidade, permitindo que as duas técnicas sejam implantadas.

Assim sendo, a instalação das trincheiras de infiltração é mais viável na área C, pois apresenta declividades menores o que facilita a infiltração. Além disso, geralmente essa técnica é construída de forma linear, na qual a dimensão de comprimento é superior às de largura e profundidade, ideal para áreas com espaços limitados, a exemplo de calçadas e rodovias, o que ocorre em regiões altamente urbanizadas, como é o caso do bairro estudado.

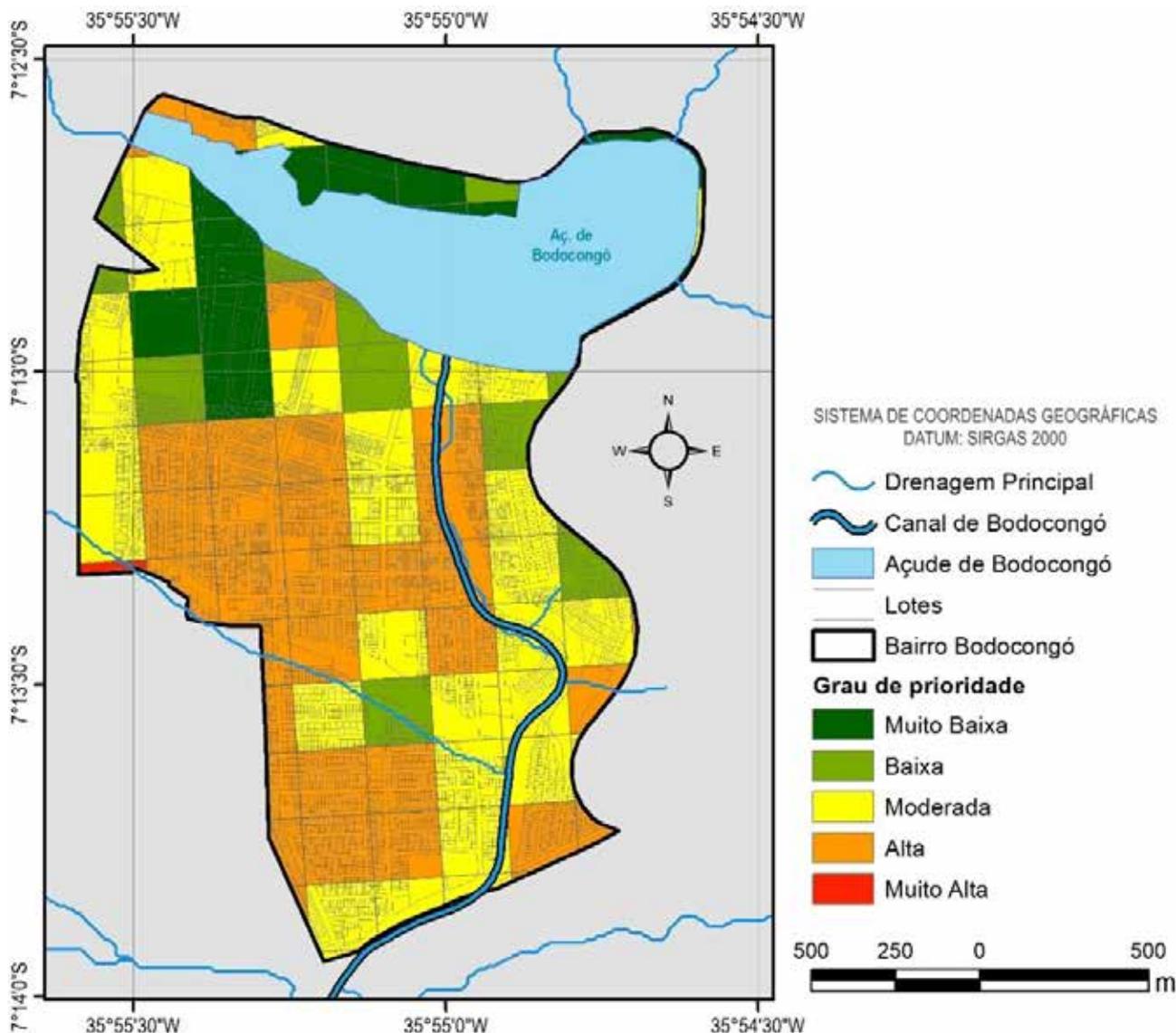


Figura 5 Grau de prioridade de intervenção.

Por sua vez, o sistema de biorretenção é indicado para as áreas A e B, pois apresentam declividade no intervalo recomendado. Além disso, estes quadrantes encontram-se predominantemente em regiões residenciais o que corrobora com a escolha da técnica que geralmente é implantada nesse tipo de zona, permitindo o direcionamento do escoamento pluvial para os sistemas.

5 Conclusões

A metodologia mostrou-se eficaz, servindo como uma ferramenta para seleção de áreas prioritárias para ações intervencionistas, considerando a densidade populacional e

a suscetibilidade à inundação e para análise de viabilidade da aplicação de sistemas de biorretenção e trincheiras de infiltração, tendo em vista critérios técnicos como declividade e tipo de solo.

A metodologia exposta pode ser caracterizada como um método de baixo custo para produção de informação, que pode ser facilmente expandido para outros locais, sendo sua aplicação fácil e direta. Essa metodologia pode ser utilizada como uma importante ferramenta para os gestores urbanos na tomada de decisão.

Salienta-se a importância de estudos preliminares em projetos urbanos, uma vez que os custos para implementação,

como por exemplo no processo de escavação que está intimamente relacionado com a declividade local, podem tornar a construção muito onerosa, além de outros fatores que limitam o desempenho das tecnologias estudadas. O

emprego de técnicas de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto no Brasil ainda é incipiente, por isso estudos neste âmbito são importantes para o avanço da sustentabilidade no meio urbano.

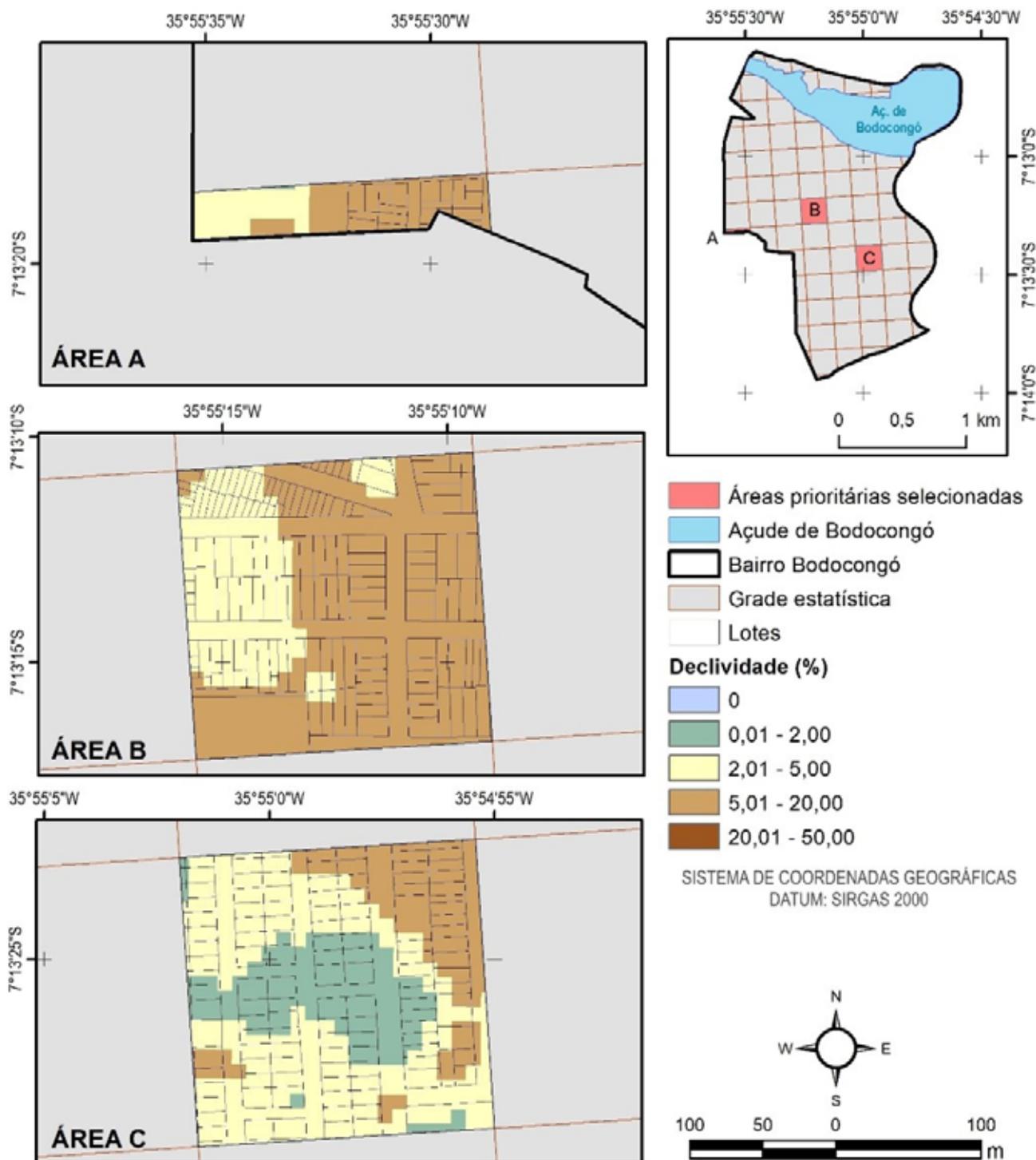


Figura 6 Áreas escolhidas.

6 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFCG no qual essa pesquisa foi desenvolvida e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas aos pesquisadores envolvidos.

7 Referências

- Agostinho M.S.P. & Poletto S. 2012, 'Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana: Dispositivos', *HOLOS Environment*, vol. 12, no. 2, pp. 2-121.
- Alves, P.B.R., Tsuyuguchi, B.B., Rufino, I.A.A. & Feitosa, P.H.C. 2018, 'Mapping of flood susceptibility in Campina Grande County – PB: A spatial multicriteria approach', *Boletim de Ciencias Geodesicas*, vol. 24, no. 1, pp. 28–43, <<https://doi.org/10.1590/s1982-21702018000100003>>.
- Alves, P.B.R. 2017, 'Simulações de medidas compensatórias sustentáveis de drenagem: propostas em duas microbacias urbana', Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande.
- Amanthea, N. & Nascimento, N. 2015, 'Urbanização de baixo impacto (LID): Uso de geotecnologias para estimativa do tempo de concentração de bacia em cenário de pré-desenvolvimento', *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 20, no. 1, pp. 249–66, <[10.21168/rbrh.v20n1.p249-266](https://doi.org/10.21168/rbrh.v20n1.p249-266)>.
- Baptista, M.B.S., Barraud, S., Alfakih, E., Nascimento, N., Fernandes, W., Moura, P. & Castro, L. 2005, 'Performance-costs evaluation for urban storm drainage', *Water Science & Technology*, vol. 51, no. 2, pp. 99-107, <<https://doi.org/10.2166/wst.2005.0037>>.
- Bahiense, J.M. 2013, 'Avaliação de Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana Baseadas no Conceito de Desenvolvimento de Baixo Impacto, com o Apoio de Modelagem Matemática', Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Braga, R.M.B. 2017, 'Estudo da remoção de poluentes de águas da drenagem urbana por um dispositivo de biorretenção', Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas.
- Carvalho, N.E. 2019, 'Desenvolvimento de Baixo Impacto no Manejo de Águas Pluviais Urbanas: Uma Proposta para o Município de Campinas', Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Campinas.
- Farr, T.G., Rosen, P.A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D. & Alsdorf, D. 2007, 'The Shuttle Radar Topography Mission', *Reviews Geophys*, vol. 45, pp. 1-33, <<https://doi.org/10.1029/2005RG000183>>.
- Francisco, P.R.M., Medeiros, R.M. de, Santos, D, Matos, R.M. de. 2015, 'Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba', *Revista Brasileira de Geografia Física*, vol. 8, no. 4, pp. 1006-16, <<https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150049>>
- França, L.R.C. 2020, 'Aplicação de Técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto no Controle da Poluição de Águas em Sistemas de Drenagem Urbana', Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande.
- G1-PB 2013, *Chuva forte em intervalo de 1 hora causa estragos em Campina Grande*, acesso em 19 jan. 2021, <<http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2013/01/chuva-forte-em-intervalo-de-1-hora-causa-estragos-em-campina-grande.html>>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010, *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*, acesso em 25 fev. 2020, <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>>.
- Karakurt-Fischer, S., Sanz-Prat, A., Greskowiak, J., Ergh, M., Gerdes, H., Massmann, G., Ederer, J., Regnery, J., Hübner, U. & Drewes, J.E. 2020, 'Developing a novel biofiltration treatment system by coupling high-rate infiltration trench technology with a plugflow porous-media bioreactor', *Science of the Total Environment*, vol. 722, pp. 137890, <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137890>>.
- Kaykhoravi, S., Abogadil, K., Khan, U.T. & Jadidi, M.A. 2019, 'The Low-Impact Development Demand Index: A New Approach to Identifying Locations for LID', *Water*, vol. 11, pp. 2341, <<https://doi.org/10.3390/w11112341>>.
- Marcatto, F.S., Graça, C.H., Silveira, H., & Alves, F.D.R.P. 2016, 'Permeabilidade dos Solos no Campus Sede da Universidade Estadual de Maringá-Pr: Subsídios Para a Implantação de Sistemas de Drenagem Sustentável', *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, vol. 3, no. 20, pp. 66–81, <<http://dx.doi.org/10.17271/2318847232020151057>>.
- Medeiros, S.S. de, Lopes, R.M.B.P., Santos, J.S. dos & Moraes Neto, J.M. de. 2007, 'Estudo do assoreamento da bacia do riacho de Bodocongó, Campina Grande – PB', *Engenharia Ambiental- Espírito Santo do Pinhal*, vol. 5, no. 3, pp. 297–306.
- Melo, T. dos A.T. de, Coutinho, A.P., Santos, J.B.F. dos, Cabral, J.J. da S.P., Antonino, A.C.D. & Lassabatere, L. 2016, 'Trincheira de infiltração como técnica compensatória no manejo das águas pluviais urbanas', *Ambiente Construído*, vol. 16, no. 3, pp. 53–72, <<https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000300092>>.
- Nóbrega, P.V.M. 2012, 'Análise do sistema de drenagem de Campina Grande/PB para proteção de áreas de risco de inundação', Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande.
- Pivetta, G.G., Tassi, R. & Kuchinski, V. 2019, 'Biorretenção para o Controle Qualitativo das Águas Pluviais: Uma Revisão', *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Foz do Iguaçu.
- Prefeitura Municipal de Campina Grande 2015, 'Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Campina Grande-PB (PMSB-CG)', Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente (SESUMA), Campina Grande.
- Prince George's County Department of Environmental Resources (PGDER), 1993, *Design Manual for Use of Bioretention in Storm water Management*, Division of Environmental Management, Watershed Protection Branch, Landover, MD.
- Righetto, A.M., Moreira, I.F.F. & Sales, T.E.A. 2009, 'Manejo de Águas Pluviais Urbanas' in FINEP & PROSAB (eds), *Manejo de Águas Pluviais Urbanas*, ABES, Rio de Janeiro, pp. 20-73.

- Righetto, A.M., Rafael, F. & Freitas, S. 2017, 'Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana', *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol. 22, no. 6, pp. 1109-20, <<https://doi.org/10.1590/s1413-41522017162357>>.
- Rufino, I.A.A., Santos, R.C. & Tsuyuguchi, B.B. 2015, 'Estimativas de taxas de impermeabilização do solo nas bacias urbanas do município de Campina Grande-PB utilizando sensoriamento remoto'. *XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, INPE, João Pessoa, pp. 6505-10.
- Sander, R.C., Ferreira, Y.V.B., Carvalho, S.S., Barros Filho, M.N.M. 2019, 'Áreas urbanas em beira d'água: Análise da integração dos Açudes Velho e de Bodocongó com a Cidade de Campina Grande, PB', *Encontro Nacional da Associação de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional*, Natal.
- Santos, K.A., Rufino, I.A.A. & Barros Filho, M.N.M. 2017, 'Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: O caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande – PB', *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol. 22, no. 5, pp. 943–52, <<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016146661>>.
- Serviço Geológico do Brasil 2013, Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa (Campina Grande – Paraíba), Ministério de Minas e Energia –Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Brasília.
- Silva, P.L.F. da & Silva, A.J. da. 2017, 'Avaliação do uso e ocupação do solo no município de Pilõesinhos-PB, de 1984-2016 utilizando o geoprocessamento', *Revista de Geociências do Nordeste*, vol. 3, no. 1, pp. 49-63.
- Soil Conservation Service 1986, *Urban Hydrology for small watershed*, Technical Release No 55. Conservation Service, U.S.D.A., Washington, D.C.
- Souza, C., Cruz, M. & Tucci, C. 2012, 'Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas', *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 17, no. 2, pp. 9–18, <[10.21168/rbrh.v17n2.p9-18](https://doi.org/10.21168/rbrh.v17n2.p9-18)>.
- Targa, M. dos S., Batista, G.T., Diniz, H.N., Dias, N.W. & Matos, F.C. 2012, 'Urbanização e Escoamento Superficial na Bacia Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil', *Revista Ambiente e Água*, vol. 7, no. 3, pp. 445–58, <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.905>>.
- Tavanti, D. & Barbassa, A. 2012, 'Análise dos Desenvolvimentos Urbanos de Baixo Impacto e Convencional', *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 17, no. 4, pp. 17–28, <[10.21168/rbrh.v17n4.p17-28](https://doi.org/10.21168/rbrh.v17n4.p17-28)>.
- Tsuyuguchi, B.B. 2015, 'Macrodrenagem e ocupação do solo no município de Campina Grande: Caracterização, simulação e análises sistêmicas', Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande.
- Tucci, C.E.M. 2008, 'Águas Urbanas', *Estudos Avançados*, vol. 22, no. 63, pp. 97-112, <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>>.
- Tucci, C.E.M. 2016, 'Regulamentação da drenagem urbana no Brasil', *Revista de Gestão de Água Da América Latina*, vol. 13, no. 1, pp. 29–42, <[10.21168/rega.v13n1.p29-42](https://doi.org/10.21168/rega.v13n1.p29-42)>.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) 1999a. *Storm Water Technology Fact Sheet Infiltration Trench*. Office of Water, Washington, D.C.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) 1999b. *Storm Water Technology Fact Bioretention*. Office of Water Washington, D.C.
- Zanandrea, F. 2016, 'Avaliação de técnicas de baixo impacto no controle de impactos hidrológicos em uma bacia urbana em consolidação', Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande.

Recebido em: 31/08/2020

Aprovado em: 22/04/2021

Como citar:

Sasaki, J.K., Brito, H.C., Vieira, E.M.S. & Barros Filho, M.N.M. 2021, 'Seleção de Áreas Prioritárias para Instalação de Medidas de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: O Caso do Bairro de Bodocongó em Campina Grande, PB', *Anuário do Instituto de Geociências*, vol. 44: 37933. https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_37933