

**Escoamento superficial na área convergente aos lagos Bolonha e Água Preta em Belém e Ananindeua, Pará**

**Surface runoff from drainage area of the lakes Bolonha and Black Water in Belém and Ananindeua, Pará**

**Salida de superficie del área de drenaje de los lagos Bolonia y Agua Negra en Belém y Ananindeua, Pará**

Recebido: 09/12/2019 | Revisado: 10/12/2019 | Aceito: 10/12/2019 | Publicado: 19/12/2019

**Derick Carlos Cordovil de Castro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5950-230X>

Universidade Federal do Pará, Brasil.

E-mail: [derick.sono@gmail.com](mailto:derick.sono@gmail.com)

**Rodrigo Silvano Silva Rodrigues**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2223-2959>

Universidade Federal do Pará, Brasil.

E-mail: [r2rodrigo@hotmail.com](mailto:r2rodrigo@hotmail.com)

**David Figueiredo Ferreira Filho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5890-3515>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: [davydferreira@gmail.com](mailto:davydferreira@gmail.com)

**Resumo**

Este estudo objetiva estimar o coeficiente de escoamento superficial na área de drenagem dos lagos Bolonha e Água Preta localizados nos municípios de Belém e Ananindeua, Estado do Pará. Para tanto, inicialmente se utilizou de imagens de um Modelo Digital de Elevação (MDE) do tipo *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM); Com auxílio do software de geoprocessamento *ArcGIS® 10.5*, foi efetuada a quantificação das áreas e classificação de uso e ocupação do solo. Assim, estimou-se o coeficiente de runoff por valores encontrados na literatura e pelo método NRCS, utilizando como base uma equação local de chuvas intensas e valores de Número de Curva (CN) para a discriminação das áreas no ano de 2018. Logo, esta pesquisa teve como resultados, pelo método NRCS, foram alcançados valores de C que variam numa faixa entre 0,169 a 0,321, dependendo do período de retorno da precipitação local numa faixa de 1 a 150 anos. A área de drenagem dos lagos Bolonha e Água Preta

apresenta boa infiltração, característica de áreas rurais, embora possua 28,8% de área já urbanizada. Como conclusão, este trabalho proporciona ao ambiente acadêmico a atualização da sub bacia da área de drenagem aos lagos Bolonha e Água Preta como área convergente de drenagem, visando servir como base de dados e informações para futuros trabalhos acadêmicos.

**Palavras-chave:** Hidrologia; Manejo de bacias hidrográficas; Uso e cobertura do solo.

### **Abstract**

This study aims to estimate the surface runoff coefficient in the drainage area of the Bolonha and Água Preta lakes located in the municipalities of Belém and Ananindeua, State of Pará. To do so, we initially used images from a Digital Elevation Model (MDE). Shuttle Radar Topography Mission (SRTM); With the aid of ArcGIS® 10.5 geoprocessing software, the areas were quantified and the land use and occupation classification was performed. Thus, the runoff coefficient was estimated by values found in the literature and by the NRCS method, using as basis a local equation of heavy rainfall and Curve Number (CN) values for the discrimination of the areas in 2018. Therefore, this The results of the research, by the NRCS method, C values ranging from 0.169 to 0.321 were reached, depending on the return period of the local precipitation in a range from 1 to 150 years. The drainage area of the lakes Bologna and Água Preta has good infiltration, characteristic of rural areas, although it has 28.8% of already urbanized area. In conclusion, this work provides the academic environment with the updating of the Bologna and Água Preta lakes drainage sub-basin as a convergent drainage area, aiming to serve as a database and information for future academic works.

**Keywords:** Hydrology; Management of watersheds; Soil use and cover.

### **Resumen**

Este estudio tiene como objetivo estimar el coeficiente de escorrentía superficial en el área de drenaje de los lagos Bolonha y Água Preta ubicados en los municipios de Belém y Ananindeua, Estado de Pará. Para ello, inicialmente utilizamos imágenes de un Modelo de Elevación Digital (MDE). Shuttle Radar Topography Mission (SRTM); Con la ayuda del software de geoprocesamiento ArcGIS® 10.5, se cuantificaron las áreas y se realizó la clasificación del uso de la tierra y la ocupación. Por lo tanto, el coeficiente de escorrentía se estimó por los valores encontrados en la literatura y por el método NRCS, utilizando como base una ecuación local de lluvia intensa y valores de Número de Curva (CN) para la discriminación de las áreas en 2018. Por lo tanto, esto Los resultados de la investigación, por

el método NRCS, alcanzaron valores de C que van desde 0.169 a 0.321, dependiendo del período de retorno de la precipitación local en un rango de 1 a 150 años. El área de drenaje de los lagos Bolonia y Água Preta tiene buena infiltración, característica de las áreas rurales, aunque tiene el 28.8% del área ya urbanizada. En conclusión, este trabajo proporciona al entorno académico la actualización de la subcuenca de drenaje de los lagos Bolonia y Água Preta como área de drenaje convergente, con el objetivo de servir como base de datos e información para futuros trabajos académicos.

**Palabras clave:** Hidrología; Manejo de cuencas hidrográficas; Uso y cobertura del suelo.

## 1. Introdução

A hidrologia é a ciência multidisciplinar que estuda a água e seu ciclo no planeta Terra, desempenha um papel fundamental no meio ambiente e com as formas de vida presentes nos diferentes biomas. Portanto, é fundamental compreender as influências mais relevantes aos processos hidrológicos para fazer a gestão da utilização da água pela humanidade diante dos impactos ambientais causados a natureza (Tucci, 1993).

Um importante processo da fase terrestre do ciclo hidrológico é a infiltração da água no solo, que determina quanto de água da chuva penetra no solo e quanto escoam superficialmente (Lima, 2008). Outro processo importante é o escoamento superficial, que é definido como a água da precipitação que não se infiltra no solo e flui na superfície até atingir o menor ponto da topografia de uma região, e que ocorre pela interação entre fatores como o uso e cobertura do solo a declividade e a forma da bacia hidrográfica (Targa et al., 2012; Lagadec et al., 2016).

O conceito Hortoniano, sobre a infiltração e o escoamento superficial, define que quando a intensidade da chuva for maior que a capacidade de infiltração, ocorre escoamento superficial, e quando a intensidade da chuva for menor, toda a água se infiltra e não ocorre escoamento superficial, pois a cobertura vegetal possui uma grande interferência nos mecanismos de transporte de águas superficiais e subterrâneo, reduz a erosão e aumenta o potencial de infiltração (Lima, 2008).

Quando ocorre o aumento da impermeabilização do solo, que diminui a infiltração e aumenta o coeficiente de escoamento superficial, podem ocorrer grandes transformações da paisagem local através das inundações de rios, erosão intensa do solo, assoreamento de reservatórios e cursos d'água por fluxos de lama e/ou sedimentos, e perda de biodiversidade

devido a crescente urbanização pela ocupação humana, e com isso, pode ocorrer a transferência de poluentes contidos nos solos ou nos pavimentos das cidades para os rios e lagos, devido a alteração da superfície de uma bacia (Santos; Santos, 2010; Vaeza et al., 2010; Targa et al., 2012; Lagadec et al., 2016).

As atividades humanas relacionadas ao uso do solo possuem uma grande influência de modificar a capacidade de infiltração e o crescimento da sociedade humana pressiona a ocupação de novas áreas dentro das cidades ou do campo, com a finalidade de moradia ou atividades econômicas, sejam elas urbanas ou rurais, seja para a indústria, serviços ou agropecuária, onde a expansão é cada vez maior e aliado a estas atividades, temos a falta de planejamento, que é uma das causas da ocupação de áreas próximas ou adjacentes aos cursos d'água, e isso gera impactos ambientais negativos e cria ambientes nocivos a sociedade e à vida humana (Lima, 2008; Targa et al., 2012).

Portanto, conhecer o ambiente físico é essencial para subsidiar o processo de ocupação e manejo das bacias hidrográficas, com o reconhecimento das áreas de fragilidade natural e potencializadas pelo antropismo, além de conhecer as características morfométricas e físicas de uma unidade geoambiental, permitindo o planejamento da ocupação do espaço de maneira mais sustentável (Alves et al., 2014).

Com esta necessidade de um planejamento de uso da terra por órgãos gestores, é de grande importância a disponibilidade de informações fidedignas da estrutura atual do espaço geográfico, e uma das formas de gerenciar a dinâmica de uso e cobertura do solo se dá por meio da utilização de geotecnologias, onde o sensoriamento remoto pode ser definido pelas atividades baseadas na obtenção e diagnóstico de informações adquiridas por sistemas fotográficos ou óptico eletrônicos, os quais detectam e armazenam a radiação emitida ou refletida de um objeto (Novo, 2002; Campos et al., 2010).

A análise de uso e ocupação do solo utilizando técnicas de geoprocessamento ao mapeamento do uso e cobertura do solo e sensoriamento remoto tem sido desenvolvido por vários autores (Lopes, 2008; Ribeiro et al., 2011; Barros; Almeida; Vieira, 2012; Hayden; França, 2013; Silva et al., 2013; Almeida; Ferreira, 2015; Hirye et al., 2015; Andrade et al., 2016; Rodrigues; Bittencourt; Fernandes, 2018).

A ausência de planejamento durante anos para o desenvolvimento da região e o crescimento acelerado da região metropolitana, levou a uma utilização desordenada das terras em torno do Parque Estadual do Utinga (PEUt), e esta utilização desordenada do solo vem

causando impactos ambientais, como por exemplo, o surgimento de uma elevada biomassa de vegetação aquática (eutrofização) nos lagos do Bolonha e Água Preta, comprometendo a qualidade da água desse manancial para fins de abastecimento público (Ribeiro, 1992).

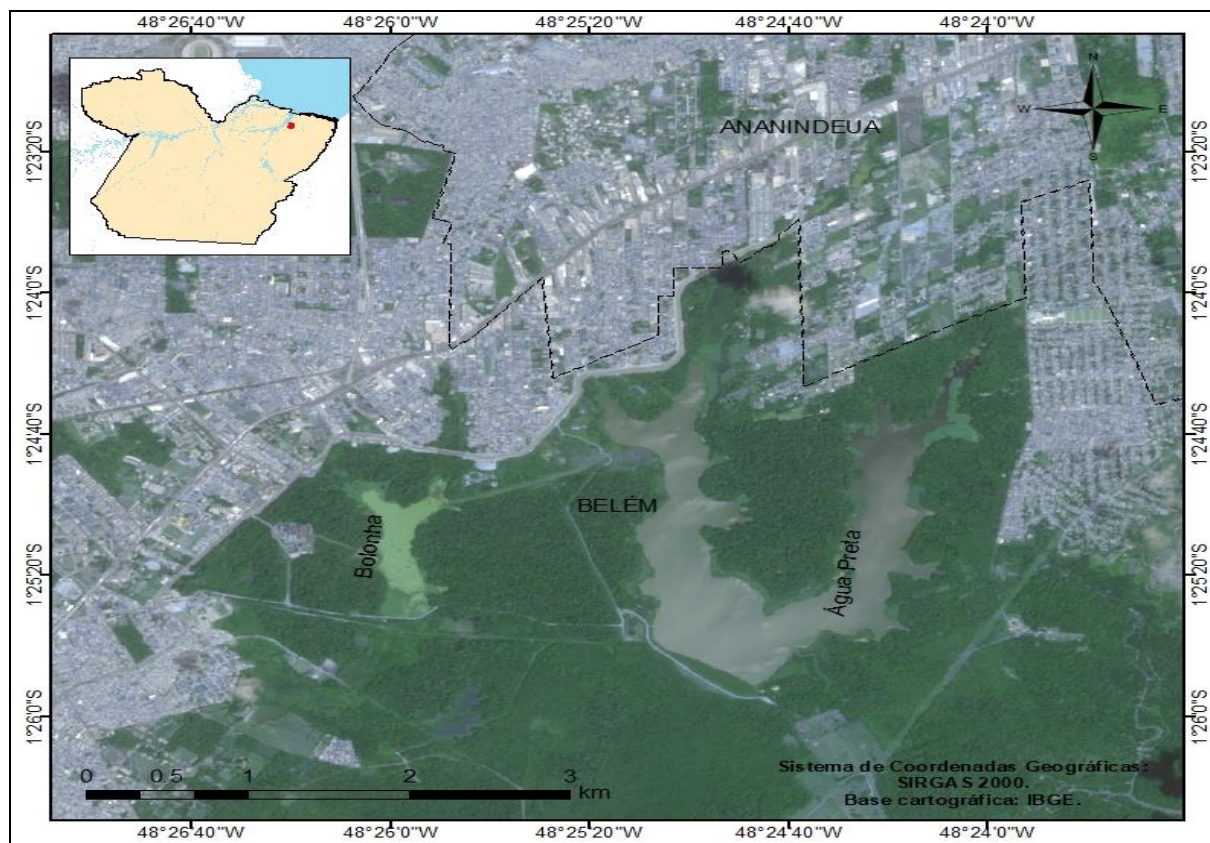
O objetivo desse trabalho foi estimar os coeficientes de escoamento superficial e suas respectivas vazões de pico na sub bacia hidrográfica dos lagos Bolonha e Água Preta em Belém e Ananindeua/PA, de acordo com o uso e ocupação do solo para o ano de 2018 por meio das técnicas de Curva Número, NRCS (antigo SCS) e de geoprocessamento.

## **2. Metodologia**

### **2.1. Caracterização Física da Área de Estudo**

A área de estudo deste trabalho corresponde a sub bacia hidrográfica dos lagos do Bolonha e Água Preta (Figura 1), onde existe uma parte da APA do Parque Estadual do Utinga, e outra parte de área urbana localizada na fronteira dos municípios de Belém e Ananindeua no Estado do Pará, mais especificamente nos bairros do Curió-Utinga, Souza, Castanheira, Atalaia, Guanabara, Coqueiro, Aurá e Águas Lindas.

**Figura 1:** Mapa de localização da área convergente de drenagem dos lagos Bolonha e Água Preta.



Fonte: Autores, 2019.

Uma grande parte da área da bacia em estudo está localizada na capital do Estado, Belém, e a outra parte no município de Ananindeua, onde se localizam os lagos Bolonha e Água Preta com 1.954.000 m<sup>3</sup> e 9.900.000m<sup>3</sup> de volume de água respectivamente, e constituem os principais mananciais de água superficial para o abastecimento público da Região Metropolitana de Belém com municípios de Ananindeua, Santa Barbará, Benevides e Marituba (Cosanpa, 1983; Pará, 2013).

Ambos os lagos, foram formados por meios de construções de barragens na década de 30, sendo alimentados por algumas nascentes e igarapés dessa região, e embora apresentem volumes de água apreciáveis, esses lagos não são capazes de abastecer toda a cidade, tornando-se necessária à execução de adução das águas por meio de 04 bombas instaladas às margens do rio Guamá, o que provoca algumas mudanças no ecossistema (Cosanpa, 1983; Ribeiro, 1992; Morales, 2002; Sodré, 2007; Pará, 2013).

Entretanto, é válido lembrar que o lago Água Preta teve um aumento de capacidade no ano de 1973 com a finalidade do aumento do armazenamento de água para abastecer a Região Metropolitana (Cosanpa, 1983).

Como foram construídos por barragens, quando o nível d'água nos lagos ultrapassa a altura limite de segurança, o excesso no lago Bolonha é descarregado através de um vertedouro em poço (ou tulipa), e o lago Água Preta possui um vertedor retangular, ambos conectados a um curso d'água afluente do Rio Guamá (Cosanpa, 1983).

Historicamente, a área dos lagos pertencia a uma Unidade de Conservação (UC) de proteção integral criada pelo decreto estadual nº 1.551/1993, com o nome de Parque Ambiental de Belém, cujo plano de manejo foi elaborado e publicado em 1994, onde apresentou os diagnósticos realizados na época, assim como o zoneamento, normas de uso e construção da infraestrutura do parque, onde algumas destas infraestruturas ainda se encontram até a data atual no PEUt (Pará, 1993).

Com a publicação da Lei federal nº. 9.985, de 18 de julho de 2000, regulamentou-se o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, e instituiu-se o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), e estabeleceu critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação (Brasil, 2000).

No art. 14 desta lei se lista o Grupo das Unidades de Uso Sustentável, e o antigo Parque Ambiental de Belém se enquadrou na categoria Área de Proteção Ambiental (APA), e o art. 15 a define como uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (Brasil, 2000).

Para se adequar a esta lei federal, a denominação do Parque Ambiental de Belém foi alterada para Parque Estadual do Utinga (PEUt) pelo decreto estadual nº 1.330/2008 (PARÁ, 2008). E os limites territoriais do PEUt foram delimitados através do decreto estadual nº 265/2011 (Pará, 2011).

A área urbana pertencente a área de estudo, composta pelos bairros Castanheira e Guanabara, carece de infraestrutura em saneamento, conforme abordado por Sousa e Almeida (2018), com ênfase aos impactos ambientais, sociais e socioambientais, pelo risco de contaminação de aquíferos próximos, pois uma parcela da população utiliza água de poços,

que pode acarretar em doenças para os moradores locais que convivem com mau cheiro e com risco de possíveis acidentes com o esgoto a céu aberto, além do perigo para as crianças.

No ano de 2013, o Governo do Estado do Pará teve como política pública, a realização de duas frentes de obras de engenharia com dois objetivos, o primeiro foi criar um obstáculo físico para impedir o avanço da ocupação humana da população de forma ilegal de áreas que estavam dentro do PEUt com o prolongamento da avenida João Paulo II, que é uma obra que ainda está em execução até o presente momento da realização deste trabalho. O segundo objetivo é o de revitalizar e/ou reconstruir a infraestrutura de drenagem, pavimentação e manutenção das barragens dos reservatórios dos lagos Bolonha e Água Preta dentro do Parque, cuja obra foi iniciada em 2015 e finalizada em 2018.

Na Região Metropolitana de Belém o clima é quente e úmido, com um alto índice pluviométrico e com chuvas frequentes a tarde e no início da noite, cujo período mais intenso de chuvas é de janeiro a abril, e os meses com menor pluviosidade são outubro e novembro. Entretanto, não existem meses secos bem definidos e também não existe distribuição homogênea das chuvas durante o ano (Farias, Nascimento Ferreira, 1992).

O clima da área fisiográfica do Utinga corresponde ao tipo equatorial úmido, e enquadra-se no tipo climáticos Af da classificação de Köppen. Caracteriza-se por apresentar precipitações frequentes, oscilando entre 1500 e 3000 mm/ano, temperaturas acima de 18°C com pequenas amplitudes entre máximas e mínimas anuais, e a umidade ar em concordância com o regime pluviométrico, com os maiores valores no período de dezembro a junho, atingindo marcas de até 90%, e valores médios anuais de 70% (Dias, 1991; Idesp, 1991).

A tipologia vegetal predominante na área dos lagos do Utinga foi originalmente a Floresta Tropical Úmida Perenefolia, apresentando uma grande heterogeneidade na composição de espécies dicotiledôneas de porte médio alto e grandes variações na densidade (Dias, 1991).

A variação do porte e da frequência de determinadas espécies em ocorrência decorre da inundação de áreas florestais provocadas pelos barramentos dos cursos de água do Bolonha e Água Preta e pelos desmatamentos para ocupação urbana. Estas condições são determinantes da principal divisão fito-tipológica da área do Utinga: floresta densa de terra firme, floresta de áreas inundadas ou sujeitas à inundação, floresta secundária, campos gramíneos e área urbana (Dias, 1991).



Atualmente as áreas desmatadas ou alteradas diretamente pela ação antrópica existem em maior proporção, comparadas às áreas contendo florestas primitivas, pois onde houve interferência humana (ação antrópica) ou qualquer derrubada causada por agente natural, a floresta reaparece, com uma composição parcialmente diferente da floresta primitiva, recebendo a denominação de floresta secundária ou capoeira (Dias, 1991).

Na área dos lagos Bolonha e Água Preta do Parque Estadual do Utinga predomina o latossolo amarelo, que ocupa 85,1% (15,9643 km<sup>2</sup>) da área, e o restante (14,9%) corresponde aos lagos Bolonha e Água Preta, logo, 100% da superfície terrestre do local em estudo é latossolo amarelo, e apresenta as seguintes características: i) componente do tipo distrófico, típico de média A; ii) moderado plano plintossolo pétrico, concrecionário típico com média muito cascalhente A; e iii) moderado plano (Ibge, 2012).

Este tipo de solo é característico de um solo mineral com horizonte B latossólico espesso, cor amarelada, com estrutura em sua maioria fraca, com blocos sub angulares e angulares e com textura entre média e muito argilosa, e sua fertilidade natural é classificada pelo IBGE como baixa ou muito baixa, com altas concentrações de alumínio e óxidos de ferro (Ibge, 2008).

## **2.2. Delimitação da área da bacia de drenagem dos lagos**

Para análise da delimitação da área de drenagem que converge aos lagos Bolonha e Água Preta foi necessária a extração automática. Esta extração automática de drenagem foi realizada com a utilização de um Modelo Digital de Elevação (MDE) do tipo *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) arquivo MDE “s02\_w049\_1arc\_v3”, disponibilizado na base de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*US. Geological Survey*) na plataforma *Earth Explorer*, com resolução espacial de 10 metros, com implementação dos procedimentos disponíveis no software *ArcGIS® 10.5*. A ferramenta *ArcHydro Tools* foi disponibilizada para dar suporte a aplicações em recursos hídricos e para otimizar a extração automática de drenagem, onde foram realizados os seguintes procedimentos:

- a) aplicação do comando *Fill Sinks*, que confere a consistência da drenagem, eliminando possíveis áreas com ausência de informação que ocasionam retenção de fluxo;
- b) cálculo da direção de fluxo (*Flow direction*);
- c) obtenção da matriz com acumulação de fluxos (*Flow accumulation*);

- d) geração da rede de drenagem (*Stream definition*), onde é definido o tamanho mínimo de bacia hidrográfica através da indicação do número de células pelo usuário;
- e) segmentação de rede de drenagem (*Stream segmentation*);
- f) delimitação da grade de bacias (*Catchment grid delineation*);
- g) conversão da grade para formato vetorial, obtendo os limites das bacias na forma de vetor (*Catchment polygon processing*);
- g) conversão da rede de drenagem na forma matricial em vetorial (*Drainage line processing*);
- i) agrupar informações da grade de bacias e rede de drenagem (*Adjoint catchement processing*).

Após o processamento destas etapas, procedeu-se com a delimitação da área de drenagem por meio do comando *Point Delineation*. Normalmente a foz da bacia é escolhida como referência para delimitação. Porém, a área de interesse é definida por lagos, assim, utilizou-se como referência uma faixa com um divisor de águas onde há um linhão de energia elétrica. Após a obtenção da extração digital, foram realizados ajustes no resultado baseado nas informações topográficas através do software *Google Earth Pro*.

### **2.3 Uso e cobertura do solo**

De posse da delimitação da área de drenagem aos lagos, foi adquirida uma imagem do sensor MSI (multi-spectral instrument) do satélite Sentinel 2A, registrada no ano de 2018. Esse sensor é caracterizado por uma resolução espacial de 10 metros, com altitude média de 786 km e 290 km de faixa de imageamento. A utilização de imagens MSI/Sentinel 2A já foi explorada para classificação de uso e cobertura do solo por diversos autores (Silva et al., 2017; Silveira, 2018; Rosa, 2018; Pereira; Guimarães, 2018; Santos et al., 2018; Rosa et al., 2019).

A imagem foi obtida no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*US Geological Survey*), sendo a escolha baseada na menor interferência de nuvem possível e na data de aquisição mais recente. As imagens não passaram por processo de georreferenciamento já que estas já são fornecidas ortorretificadas. A imagem foi recortada com uma máscara shapefile correspondente aos limites da área de drenagem convergente aos lagos e em seguida, confeccionada a composição colorida em RGB (Red, Green, Blue) que

proporcionou melhor resultados quanto a distinção de alvos, facilitando a análise interpretativa. A composição utilizada para a obtenção das assinaturas foi a R4G3B2, caracterizada como “cor verdadeira”.

A classificação digital é uma função do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, onde através do software GIS podem ser analisadas por meio da similaridade de pixels entre diferentes classes atribuídas. Neste estudo, a área de drenagem convergente aos lagos foi classificada em Água, Vegetação, Vias e Área urbana.

#### **2.4. Tempo de concentração**

Neste trabalho, decidiu-se utilizar a equação do Soil Conservation Service (SCS), cujo nome novo é NRCS (National Resources Conservation Service) para o tempo de concentração, proposta por USDA – NRCS (2004), para pequenas bacias rurais com área inferior a 50km<sup>2</sup>, pois a área da bacia dos lagos possui grande porcentagem de cobertura vegetal de floresta densa da APA, o que se enquadra na característica rural, embora esteja localizada dentro na Região Metropolitana de Belém. Assim, o valor do tempo de concentração é calculado pela Equação 1.

$$t_c = 0,057 \cdot \frac{L^{0,8}}{i^{0,5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7} \quad (1)$$

Em que L, em km, é a distância á secção de referência mais afastada do ponto cinematicamente mais afastado, e i é a declividade média da bacia hidrográfica, e o tempo de concentração ( $t_c$ ) em hora.

#### **2.5. Intensidades da chuva e precipitação total**

Parâmetros da equação de chuvas intensas (Equação 2) foram obtidos de estudos preliminares das relações entre Intensidade, duração e frequência para a cidade de Belém, no estado do Pará, onde é possível estabelecer a equação de Intensidade de precipitação máxima para a cidade de Belém, conforme Souza et al. (2012).

$$I = \frac{960,5846 \cdot T_R^{0,0954}}{(t+9,7993)^{0,7245}} \quad (2)$$

Em que I é a intensidade pluviométrica em mm/h;  $T_R$  é o período de retorno em anos, e t é a duração da chuva, onde neste caso será adotado o tempo de concentração ( $t_c$ ). Ao obter a intensidade pluviométrica do local, encontra-se precipitação total (P) em mm pela equação:

$$P = I \cdot t \quad (3)$$

Em que t é a duração da chuva em hora. Como é usual nos trabalhos acadêmicos, utiliza-se o tempo de duração da chuva igual ao tempo de concentração ( $t_c$ ), pois hidraulicamente toda a bacia estará contribuindo para a vazão no ponto de menor topografia da área estudada.

## 2.6. Estimativa do coeficiente de escoamento superficial através do método do NRCS

O método do Serviço de Conservação dos Recursos Naturais – NRCS (1997) é aplicado para bacias cujas áreas que variam de 2km<sup>2</sup> a 5000km<sup>2</sup>, e se baseia no conceito de que a lâmina de escoamento superficial produzida em um dado evento é uma função da altura total da lâmina precipitada e de perdas que ocorrem, principalmente, devido à infiltração, à interceptação vegetal e à retenção em depressões do terreno (Tyagi et al., 2008). Também utiliza conceitos de hidrograma unitário para a chuva excedente de uma determinada bacia, porém, na prática para se obter o hidrograma unitário é necessário a análise das precipitações e vazões de uma bacia em estudo, e como algumas vezes não temos estes dados, utilizamos fórmulas empíricas, e então obtemos o que chamamos de hidrograma sintético. Gribbin (2009) afirma que o Método NRCS é um dos procedimentos para calcular um hidrograma sintético, baseado em fatores empiricamente determinados.

Conforme explicado por Targa et al. (2012), a aplicação da técnica de geoprocessamento viabiliza a observação do uso e ocupação do solo de uma bacia hidrográfica, ou neste caso, de uma área convergente, e isso possibilita uma maior precisão no cálculo do escoamento superficial na forma de precipitação efetiva.

Para utilizar o método do NRCS, é necessário determinar o Número de Curva ou “Curve Number” (CN) das áreas dentro da bacia, ou área convergente, através das técnicas de geoprocessamento, e com isso, definir as condições de infiltrabilidade de cada uso e ocupação do solo. Conforme Targa et al. (2012), o método Número de Curva é apontado como o método mais utilizado para a estimativa do escoamento superficial em bacias hidrográficas, onde as classes mais impermeáveis apresentam CN mais elevados e indicam menor potencial de infiltração e maior escoamento superficial da água.

O método NRCS (1997) apresenta valores de CN com variação entre 0 e 100 e depende do tipo de solo, das condições de ocupação e da umidade antecedente. Os grupos hidrológicos de solos (A, B, C e D) apresentam as seguintes características:

a) Grupo A – Solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração (arenosos com baixo teor de argila total, inferior a 8%);

b) Grupo B – Solos menos permeáveis que o anterior, arenosos menos profundos que os do Grupo A e com permeabilidade superior à média (teor de argila ainda inferior a 15 %);

c) Grupo C – Solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo considerável porcentagem de argila e pouco profundo (barrentos com teor total de argila de 20 a 30% mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidades de 1,2 m);

d) Grupo D – Solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muito baixa capacidade de infiltração e alta capacidade de escoamento (argilosos 30 – 40 % de argila e ainda com camada densificada a uns 50 cm de profundidade).

O grupo hidrológico do solo, em conjunto com o uso e cobertura do solo, fornece o valor do CN a ser utilizado no método. No caso da área convergente dos lagos Bolonha e Água Preta, o grupo hidrológico mais presente foi o grupo B. Com isso, é possível fazer uma estimativa do CN médio para a área convergente a partir dos percentuais já obtidos de uso e cobertura do solo provenientes das técnicas de geoprocessamento. Os valores de CN em função da cobertura e do tipo hidrológico de solo (condição II de umidade) são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Valores de Número de Curva em função da cobertura e do tipo hidrológico do solo.

Tipo de uso do solo/Tratamento/Condições hidrológicas	Grupo do Solo			
	A	B	C	D
Uso residencial				
Tamanho médio do lote - % Impermeável				
Até 500 m <sup>2</sup> - 65	77	85	90	92
1000 m <sup>2</sup> - 38	61	75	83	87
1500 m <sup>2</sup> - 30	57	72	81	86
Estacionamentos pavimentados, telhados				
Ruas e estradas				
Pavimentadas, com guias e drenagem	98	98	98	98
Com cascalho	76	85	89	91
De terra	72	82	87	89
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)	89	92	94	95
Distritos industriais (72% de impermeabilização)	81	88	91	93
Espaços abertos, parques, jardins:				
Boas condições, cobertura de grama > 75%	39	61	74	80
Condições médias, cobertura de grama > 50%	49	69	79	84
Terreno preparado para plantio, descoberto				
Plantio em linha reta				
77	86	91	94	
Cultura em fileira				
Linha reta condições ruins	72	81	88	91
Linha reta condições boas	67	78	85	89
Curva de nível condições ruins	70	79	84	88
Curva de nível condições boas	65	75	82	86
Cultura de grãos				
Linha reta condições ruins	65	76	84	88
Linha reta condições boas	63	75	83	87
Curva de nível condições ruins	63	74	82	85
Curva de nível condições boas	61	73	81	84
Pastos				
Condições ruins	68	79	86	89
Condições médias	49	69	79	84
Condições boas	39	61	74	80
Curva de nível condições ruins	47	67	81	88
Curva de nível condições médias	25	59	75	83
Curva de nível condições boas	6	35	70	79
Campos em condições boas	30	58	71	78
Florestas condições ruins	45	66	77	83
Florestas condições médias	36	60	73	79
Florestas condições boas	25	55	70	77

Fonte: Tucci e Marques (2001).

Os valores constantes na Tabela 1, referem-se a condições médias de umidade antecedente, condição II, com chuvas que totalizaram de 15 a 40 mm nos últimos 5 dias. A conversão dos valores de CN para condição I ou III, dependendo da situação que se desejar representar, é realizada conforme se apresenta na Tabela 2. A condição I representa solos secos, onde as chuvas não ultrapassaram 15 mm nos últimos 5 dias, e a condição III representa a situação em que o solo está saturado, com chuvas superiores a 40 mm.

**Tabela 2:** Conversão do valor de Número de Curva para condição I ou III.

Condições de umidade		
I	II	III
100	100	100
87	95	99
78	90	98
70	85	97
63	80	94
57	75	91
51	70	87
45	65	83
40	60	79
35	55	75
31	50	70
27	45	65
23	40	60
19	35	55
15	30	50

Fonte: Tucci e Marques (2001).

Os valores de CN neste trabalho foram estimados utilizando os resultados obtidos de uso e cobertura do solo para o ano de 2018, na condição II e com grupo de solo B.

Como não existe uma uniformidade dentro de qualquer bacia, há uma diferente ocupação e uso do solo dentro da área de estudo, e com isso, uma variação do CN em cada subárea (Soares et al., 2017). Por isso, existe a necessidade de definir um CN ponderado ao longo da área total, e para isso, utilizaremos a média ponderada do CN relacionado com a área total e as subáreas de cada CN, através da Equação 4.

$$CN_{pond} = \frac{\sum_{i=1}^n CN_i \cdot A_i}{A_{total}} \quad (4)$$

O conceito da infiltração ou retenção potencial (S) em mm é dado como a capacidade de recarga máxima da bacia após uma precipitação antecedente de 5 dias. Esta capacidade é diretamente ligada as características físicas como a cobertura vegetal e o tipo de solo (Soares et al., 2017). A parcela (ou volume) da precipitação que causa o escoamento superficial é denominada precipitação (ou chuva) efetiva ( $P_e$ ) em mm, e é definida como a parcela excedente que não foi infiltrada ou retida pelo solo ou vegetação. O coeficiente de escoamento (C) mostra a proporção da chuva de projeto que descarrega rapidamente no sistema de drenagem da bacia, ou da área convergente, e que contribui para a descarga de pico. Seu valor é diretamente dependente das características de infiltração do solo e das características de detenção e retenção da bacia. Dessa forma, o coeficiente de escoamento (C) é o adimensional que reflete a relação entre a precipitação efetiva e a precipitação total. Adota-se as equações na Tabela 3 para o cálculo destas grandezas supracitadas.

**Tabela 3:** Equações do método Número de Curva para obter a infiltração superficial, a precipitação efetiva e o coeficiente de escoamento superficial da bacia.

Nº Eq.	Equação	Definição
05	$S = \frac{25400}{CN} - 254$	S = infiltração potencial (mm)
06	$P_e = \frac{(P-0,2.S)^2}{(P+0,8.S)}$	$P_e$ : Precipitação efetiva (mm)
07	$C = \frac{(P-0,2.S)^2 \cdot 1}{(P+0,8.S) \cdot \bar{P}}$	C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional)

Fonte: Autores, 2019.

## 2.7 Estimativa de vazões de pico e volumes

O método do Soil Conservation Service (SCS, 1972), cujo nome novo é NRCS (National Resources Conservation Service), foi aplicado ao estudo e foram estimados para a criação do hidrograma unitário triangular da área em estudo, adotando-se as equações apresentadas na Tabela 4.



**Tabela 4:** Equações do método National Resources Conservation Service para obter as vazões de pico e o volume de água precipitada.

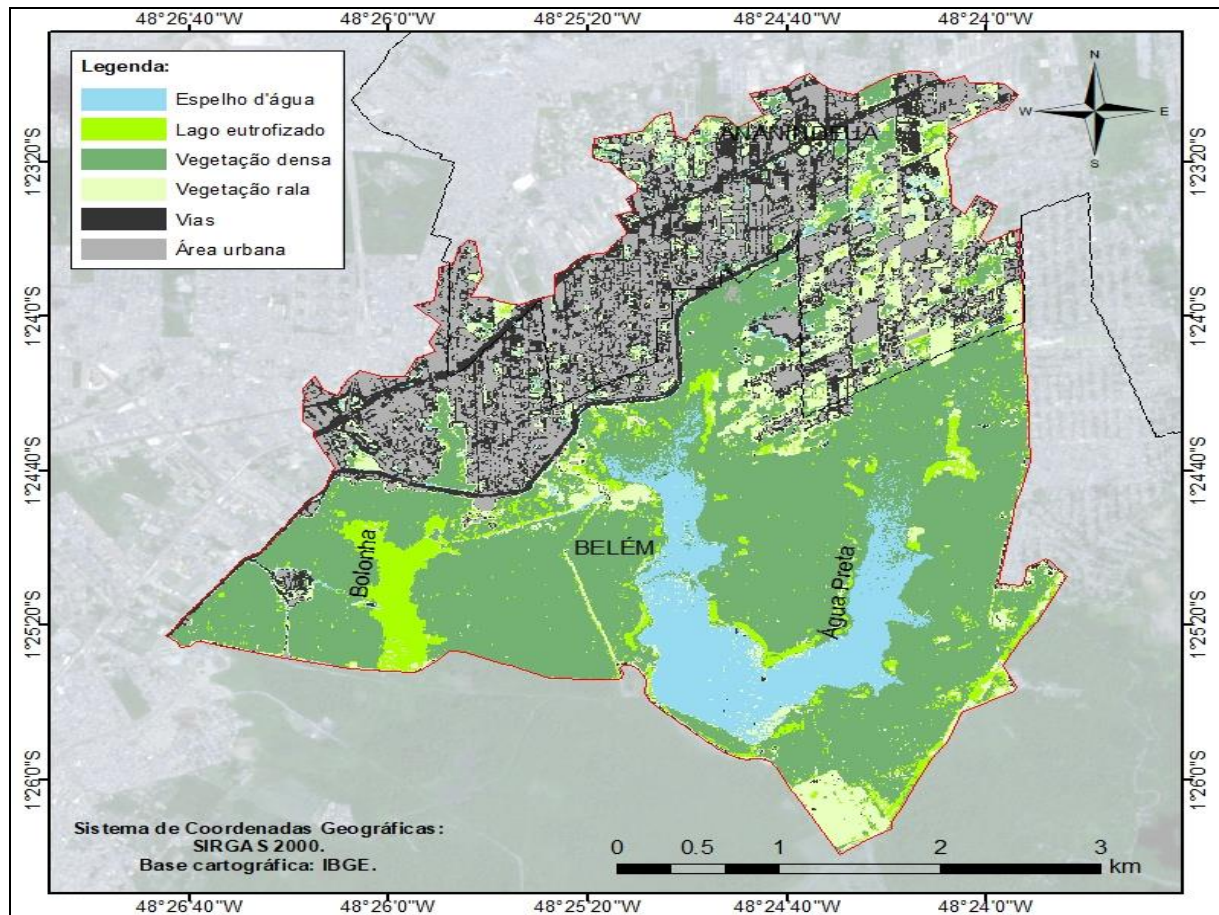
Nº Eq.	Equação	Definição
08	$\Delta t = \frac{t_c}{5}$	$\Delta t$ : tempo unitário de duração da chuva (h)
09	$T_p = \left(\frac{\Delta t}{2}\right) + (0,6.t_c)$	$T_p$ : tempo de instante de pico (h)
10	$t_b = 2,67 \cdot T_p$	$t_b$ : tempo de base (h)
11	$t_r = 1,67 \cdot T_p$	$t_r$ : tempo de retorno ou descida (h)
12	$Q_{pu} = \frac{2,08 \cdot A}{T_p}$	$Q_{pu}$ : Descarga de pico unitária para uma chuva efetiva (m <sup>3</sup> /s.cm) A = área da bacia (km)
13	$Q_p = Q_{pu} \cdot P_e$	$Q_p$ : vazão de pico (m <sup>3</sup> /s)
14	$V = Q_p \cdot t_c$	V = volume de água precipitado (m <sup>3</sup> )

Fonte: Autores, 2019.

### 3. Resultados e Discussão

A análise de uso e cobertura do solo utilizando o software e as técnicas de geoprocessamento permitiram a confecção da Figura 2, que proporciona a medida da área de cada uso do solo e seu respectivo CN de acordo com a metodologia para o ano de 2018 da sub bacia hidrográfica dos lagos Bolonha e Água Preta.

**Figura 2:** Mapa do uso e cobertura do solo da área convergente de drenagem dos lagos Bolonha e Água Preta.



Fonte: Autores, 2019.

Cujos resultados são apresentados conforme Tabela 5.

**Tabela 5:** Número de Curva, uso e cobertura do solo na sub bacia hidrográfica dos lagos Bolonha e Água Preta.

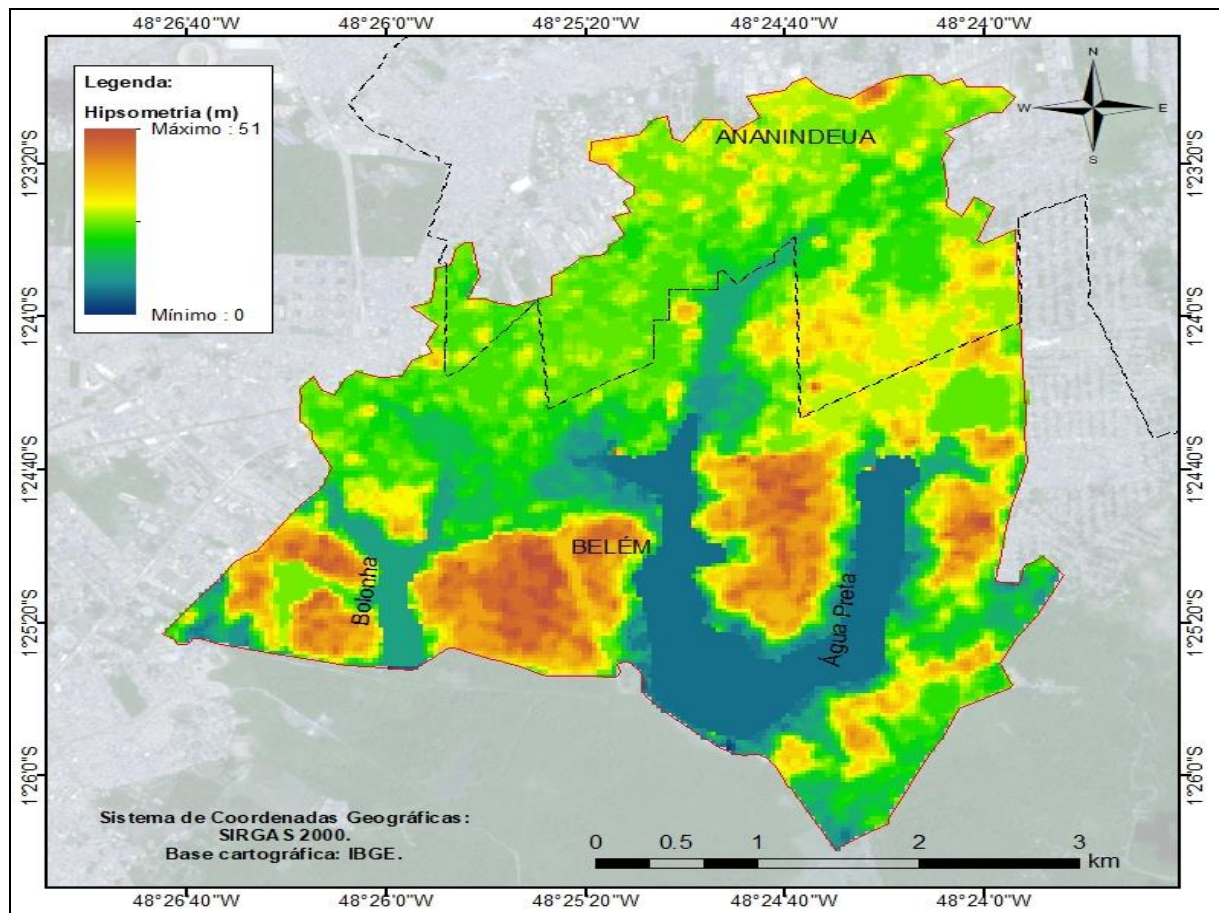
Classificação	Área		CN
	km <sup>2</sup>	%	
Espelho d'água	1,7582	9,4%	100
Lago eutrofizado	1,0573	5,6%	100
Vegetação densa	8,3858	44,7%	55
Vegetação rala	2,1749	11,6%	66
Vias	2,4346	13,0%	98
Área urbana	2,9690	15,8%	85
<b>TOTAL</b>	<b>18,7798</b>	<b>100%</b>	<b>-</b>

Fonte: Elaborada pelo Autores, 2019.

É importante observar que o autor deste trabalho considerou para o espelho d'água e áreas com eutrofização dentro dos lagos, o valor 100 para o CN, indicando que há impermeabilidade da água precipitada em relação a água existente do nível do lago, justamente para a estimação da vazão de pico desta sub bacia, que teria seu valor muito menor, caso o autor definisse o valor 0 para o CN, e isto indicaria que há infiltração total e esta parcela de água não contribuiria para a vazão de pico e nem para o volume escoado. Além disso, a Tabela 5 permite definir o valor do CN ponderado, cujo valor é 73,34, e é utilizado para determinar infiltração potencial (S), cujo valor é 92,34 mm.

Através da equação da USDA – NRCS (2004) e do geoprocessamento com a hipsometria do local conforme a Figura 03, estima-se o valor de 1km para a distância da secção de referência mais afastada até o ponto de menor topografia do curso d'água (L), a declividade média (i) em 1,2%, o tempo de concentração da sub bacia dos lagos Bolonha e Água Preta foi estimado em 1,52 h.

**Figura 3:** Mapa da hipsometria obtida ao realizar o geoprocessamento da área de drenagem dos lagos Bolonha e Água Preta.



Fonte: Autores, 2019.

Com o valor de  $t_c$  e de posse do valor da infiltração potencial (S), utiliza-se a equação (2) de Intensidade de precipitação máxima para a cidade de Belém, e utilizando os tempos de retorno ( $T_R$ ) usualmente utilizados em projetos de drenagem, se obtém as intensidades máximas de chuva (I), as precipitações máximas (P), a precipitação efetiva ( $P_e$ ) e o coeficiente de escoamento superficial (C), conforme a Tabela 6.

**Tabela 6:** Intensidade, precipitação máxima, precipitação efetiva e o coeficiente de escoamento superficial em função do tempo de recorrência ou retorno ( $T_R$ ).

$T_R$ (anos)	I (mm/h)	P (mm)	$P_e$ (mm)	C
1	33,880	51,582	8,740	0,169
5	39,503	60,142	12,959	0,216
10	42,203	64,253	15,176	0,236
20	45,088	68,646	17,666	0,257
25	46,058	70,133	18,529	0,264
50	49,207	74,917	21,415	0,286
100	52,571	80,038	24,630	0,308
150	54,644	83,195	26,673	0,321

Fonte: Autores, 2019.

Os coeficientes de escoamento superficial apresentados na Tabela 06, em função do tempo de recorrência de uma chuva, possuem valores muito baixos quando comparados com outras bacias ou sub bacias de características rurais com a presença de atividade agrícola ou pastagens dentro do Estado do Pará, pois mesmo com a ocupação urbana com os bairros do Castanheira e da Guanabara e da impermeabilização do solo nestas áreas, a preservação da floresta densa e natural da área de proteção ambiental faz a retenção de grande parte da precipitação, na forma de infiltração ou de retenção pela flora local.

Os valores estimados para o tempo unitário de chuva ( $\Delta t$ ), o tempo de instante de pico ( $T_p$ ), tempo de base ( $t_b$ ), o tempo de retorno ou descida ( $t_r$ ) e a vazão de pico unitária ( $Q_{pu}$ ), são observados na Tabela 7.

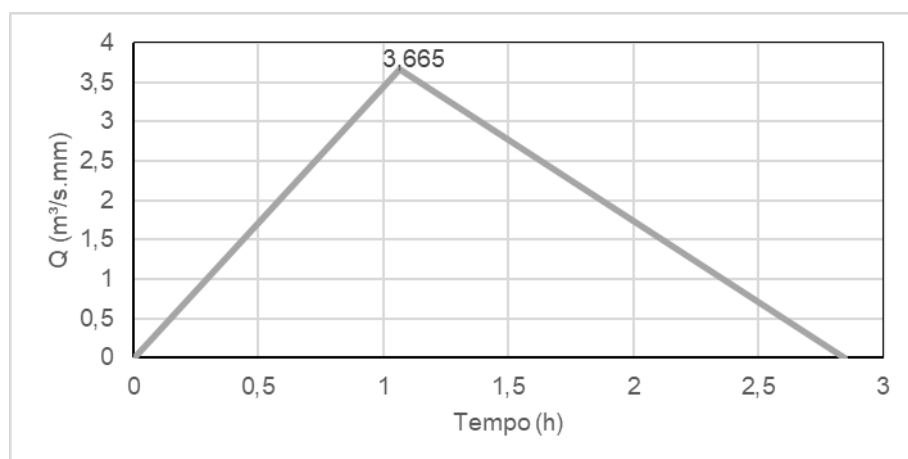
**Tabela 7:** Estimativa do tempo unitário de chuva ( $\Delta t$ ), o tempo de instante de pico ( $T_p$ ), tempo de base ( $t_b$ ), o tempo de retorno ou descida ( $t_r$ ) e a vazão de pico unitária ( $Q_{pu}$ ).

$\Delta t$ (h)	$T_p$ (h)	$t_b$ (h)	$t_r$ (h)	$Q_{pu}$ (m <sup>3</sup> /s.mm)
0,305	1,066	2,846	1,780	3,665

Fonte: Autores, 2019.

Com os valores da Tabela 07, é possível construir o hidrograma unitário, conforme a Figura 4.

**Figura 4:** Hidrograma unitário da área de drenagem dos lagos Bolonha e Água Preta para o método National Resources Conservation Service.



Fonte: Autores, 2019.

Os valores estimados para a vazão de pico ( $Q_p$ ), e para o volume ( $V$ ) de água precipitado, para uma chuva de duração igual ao tempo de concentração, em função do tempo de recorrência ou retorno ( $T_R$ ) usualmente utilizados em projetos de drenagem, estão descritos na Tabela 8.

**Tabela 8:** Estimativa da vazão de pico ( $Q_p$ ) e do volume ( $V$ ) de água precipitado em função do tempo de recorrência.

$T_R$ (anos)	$Q_p$ (m³/s)	$V$ (m³)
1	32,034	2734,629
5	47,497	4054,607
10	55,624	4748,433
20	64,750	5527,465
25	67,914	5797,578
50	78,492	6700,521
100	90,273	7706,274
150	97,762	8345,563

Fonte: Autores, 2019.

Na Tabela 8 mostra-se a estimativa das vazões de pico na área estudada, de acordo com as características locais como a precipitação, uso e cobertura do solo, o tempo de concentração e a infiltração potencial, e é válido lembrar que cada caso de estudo irá

apresentar resultados diferentes por estes parâmetros. Entretanto, para a área convergente de drenagem, a variável que mais atenua os valores das vazões de pico é o uso e cobertura do solo, visto que a presença da floresta densa natural em grande parte área causa esse impacto positivo contra inundações ou alagamentos, ou no transporte de sólidos na direção dos lagos. A estimativa dos valores de volume de água precipitado mostra que valor obtido é praticamente irrisório ao comparar com o volume dos lagos, e verifica que o nível d'água dos lagos é mantido principalmente pela adução de águas via bombeamento do rio Guamá.

#### **4. Considerações Finais**

A APA do Parque Estadual do Utinga, onde se encontra maior parte da área convergente de drenagem dos lagos Bolonha e Água Preta, é fundamental para a preservação da fauna, da flora, das águas e do ecossistema que garante a segurança hídrica e ambiental para o abastecimento de água de grande parte da Região Metropolitana de Belém. O fenômeno do escoamento superficial das águas pluviais dentro desta área é de grande importância devido a sua ligação direta com o uso e cobertura do solo, pois a ação antrópica tem avançado na direção do PEUt, e modificando o espaço físico e causando danos ambientais.

As técnicas de geoprocessamento são ferramentas eficientes para a definição de várias características de uma bacia ou sub bacia, e para este trabalho foi de extrema importância para a delimitação dos divisores de água da sub bacia dos lagos, além de auxiliar com bastante precisão a estimação das áreas do uso e cobertura do solo do local de estudo, que era a principal variável de análise para chegar no objetivo deste estudo, pois a realização física da medição seria muito difícil de realizar através da topografia *in loco*, devido a vegetação, o tamanho da área, condições de acesso e o tempo de realização.

É importante observar que a área convergente de drenagem possui uma grande área de vegetação densa, que corresponde a floresta ainda em seu estado natural sem ação antrópica, e de vegetação rala que já sofreu uma pequena ação antrópica, mas sem ocupação humana para habitação, de acordo com as técnicas de geoprocessamento. Esta vegetação impactou diretamente no valor estimado da infiltração ou retenção potencial, indicando que uma parte considerável da água precipitada é retida pelas árvores ou infiltrada no solo, ou seja, existe uma menor probabilidade de ocorrer cheias nesta sub bacia durante uma chuva.

A permeabilidade do solo influi diretamente na capacidade de infiltração, ou seja, quanto mais permeável for o solo, maior será a quantidade de água que ele pode absorver, diminuindo assim a ocorrência de excesso de escoamento superficial. A pressão da expansão urbana sobre a área de estudo apresenta um impacto negativo, pois pode aumentar a vazão máxima de escoamento superficial, assim como o aumento deste volume de escoamento e a antecipação do pico (vazão máxima).

Um cenário onde haja descontrole urbano com o aumento das áreas urbanas e redução de áreas com vegetação pode gerar transtornos com escoamento superficial, transporte de sedimentos e impactos sobre a qualidade hídrica devido principalmente a falta de infraestrutura em saneamento. Para o cenário analisado, 28,8% das áreas convergentes ao escoamento superficial que contribuem com os lagos são urbanizadas (considerando as vias), ainda assim para chuvas com períodos de retorno entre 1 e 150 anos, o coeficiente de escoamento superficial varia entre 0,169 a 0,321. Estes valores atestam que a predominância das áreas verdes reduz significativamente o escoamento superficial na área de estudo.

A realização deste trabalho proporciona ao ambiente acadêmico a atualização da sub-bacia da área de drenagem aos lagos Bolonha e Água Preta como área convergente de drenagem, visando servir como base de dados e informações para futuros trabalhos acadêmicos, como por exemplo, a análise da taxa de sedimentação dos lagos, da análise futura dos coeficientes de escoamento superficial desta área de acordo com o uso e cobertura do solo, o monitoramento da qualidade e da hidroquímica da água e da preservação fauna e flora dentro desta nova configuração, pois este conjunto de possíveis trabalhos garantem a análise da segurança do abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém e incentiva a preservação, sustentabilidade e as ações de educação ambiental perante a sociedade.

## Referências

Almeida, B. D., & Ferreira, C. P. (2015). Mapeamento da cobertura do solo de Irituia—pa com auxílio das informações orbitais dos projetos Prodes e TerraClass. *Proceedings of the Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto—SBSR, João Pessoa, Brazil, 25-29*.



Alves, T. L. B., Azevedo, P. V., & Silva, M. T. (2014). Análise morfométrica da bacia hidrográfica riacho Namorado, São João do Cariri-PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico. *Revista de Geografia (UFPE)*, 31(3), 130-148.

de Andrade, M. P., de Melo Ribeiro, C. B., & de Souza Lima, R. N. (2016). Modelagem dinâmica da mudança do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a partir de imagens Modis e um modelo de sub-regiões. *Revista brasileira de cartografia*, 68(5).

Barros, M. N. R.; Almeida, A. S.; Vieira, I. C. G. (2012). Análise especial da dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal do Município de Mãe do Rio, Estado do Pará. In: *ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS*, 6., 2012, Belém. Anais eletrônicos.

Brasil. (2000). Lei nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 19 jul.

Brasil. (1997) Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Lei n. 9.433: *Política Nacional de Recursos Hídricos*. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos.

Campos, S., Pissarra, T. C. T., Rodrigues, F. M., da Silva, M. G., Soares, M. C. E., Granato, M., & Moreira, K. F. (2010). Imagens digitais na análise do uso da terra de uma microbacia como subsídio ao desenvolvimento sustentável. *Agrarian*, 3(9), 209-215.

Cosanpa. (1983). Diagnóstico do estudo urbanístico de proteção sanitária dos lagos Bolonha e Água Preta – Estudo da qualidade da proteção das águas. Belém: *Companhia de Saneamento do Pará*.

S. da F. Dias. (1991). *Estudo ambiental no Utinga: vida útil do sistema de abastecimento d'água de Belém*. IDESP.

Farias, E. D. S., Nascimento, F. D., & Ferreira, M. A. A. (1992). Mapeamento da área Belém-Outeiro. *Estágio de campo III. Relatório Final. UFPA*.

Gribbin, J. E. (2009). *Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais*. Cengage Learning.

Hayden, D. A., & CARMENA, F. D. F. (2013). Dinâmica do uso e ocupação do solo no município de Igarapé-Açu/Pará, entre 1989 e 2008. *Revista Perspectiva Geográfica*, 8(9).

Hirye, M., Alves, D., & Kux, H. (2015). Mapeamento da cobertura da terra na cidade de Altamira (PA) em 2000 e 2010, com a utilização do modelo linear de mistura espectral de imagens do sensor TM. *Revista Brasileira de Cartografia*, 67(1), 157-168.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. (2007). *Manual técnico de pedologia*. IBGE.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. (2012). *Banco de dados de informações ambientais*. IBGE.

Lagadec, L. R., Patrice, P., Braud, I., Chazelle, B., Moulin, L., Dehotin, J., ... & Breil, P. (2016). Description and evaluation of a surface runoff susceptibility mapping method. *Journal of Hydrology*, 541, 495-509.

Lopes, L. H. M. (2008). Uso e cobertura do solo no município de Tailândia-PA utilizando o TM/LANDSAT e técnica de classificação não-supervisionada. *Engevista*, 10(2).

Lima, W. D. P. (2008). Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas.

Piratoba Morales, G. (2002). Avaliação ambiental dos recursos hídricos, solos e sedimentos na área de abrangência do depósito de resíduos sólidos do Aurá-Belém-PA.

EML de M. NOVO. (1992). *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. Edgard Blücher.

Pará. (1993). Decreto Estadual n. 1552, de 3 de maio de 1993. Dispõe sobre a Criação do Parque Ambiental de Belém e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Pará* n° 27.460, ano CI da IOE 103° da República, Belém-PA, p. 3.

Pará. (2008). Decreto Estadual n. 1330, de 2 de outubro de 2008. Altera o Decreto Estadual n° 1.552, de 3 de maio de 1993, que dispõe sobre a criação do Parque Ambiental de Belém, que passa a ser denominado “Parque Estadual do Utinga, Unidade de Proteção Integral” e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Pará* n° 31.268, ano CXVI da IOE 118° da República, Belém-PA, p. 6.

Pará. (2011). Decreto Estadual n. 256, de 30 de novembro de 2011. Institui a área territorial do Parque Estadual do Utinga. *Diário Oficial do Estado do Pará* n° 32.047, ano CXXI da IOE 122° da República, Belém-PA, p. 5.

Pará. (2013). Secretaria de Estado de Meio Ambiente. *Revisão do Plano de Manejo do Parque Estadual do Utinga* / Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Belém: SEMA; Belém: IMAZON.

Pereira, L. F., & Guimarães, R. M. F. (2018). Mapeamento multicategórico do uso/cobertura da terra em escalas detalhadas usando Semi-automatic Classification Plugin. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 3(4), 379-385.

Ribeiro, B. M. G., Fonseca, L. M. G., & Kux, H. J. H. (2011). Mapeamento da cobertura do solo urbano utilizando imagens Worldview-ii e o sistema interimage. *Revista Brasileira de Cartografia*, (63).

Ribeiro, H. (1992). *Avaliação atual da qualidade das águas superficiais dos lagos Bolonha e Água Preta situados na área fisiográfica do Utinga (Belém-Pa)* (Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia)–Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém).

Rodrigues, R. S. S., Bittencourt, G. M., & Fernandes, L. L. (2018). Escoamento Superficial em uma Pequena Bacia Hidrográfica Rural da Amazônia. *Revista Brasileira de Cartografia*, 70(2), 605-628.

Rosa, M. R. (2018). Classificação do Padrão de Ocupação Urbana de São Paulo Utilizando Aprendizagem de Máquina e Sentinel 2. *Revista do Departamento de Geografia*, 15-21.

da Rosa, C. N., Pereira Filho, W., Favaretto, J. R., & Benedetti, A. C. P. Ocorrência de Macrófitas Aquáticas no lado Brasileiro do Reservatório de Itaipu com o Uso de Imagens Sentinel-2a. *Revista Brasileira de Cartografia*, 70(3), 1113-1134.

dos Santos, E. P., de Jesus, T. B., Carneiro, A. D. S. R., Santos, R. L., & dos Santos, R. A. (2019). Imagens Sentinel-2A e espectrorradiometria aplicada a estudo de pastagens degradadas. *Anuário do Instituto de Geociências*, 41(2), 141-151.

Santos, A. L. C., & Santos, F. D. (2010). Mapeamento das classes de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Rio Vaza-Barris, Sergipe. *Revista Multidisciplinar da UNIESP: Saber Acadêmico*, 10, 57-67.

Silva, L. G. T., Valente, M. A., WATRIN, O. D. S., De Oliveira, R. R. S., & Pimentel, G. M. (2013). Mapeamento de solos em duas mesobacias hidrográficas no Nordeste Paraense. *Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)*.

Silva, C. V. T., Ribeiro Filho, J. C., da Silva, P. C. M., de Aquino Lemos Filho, L. C., & Brasil, J. B. (2017). CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA, USO E OCUPAÇÃO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA. *Revista Engenharia na Agricultura*, 25(5), 436-444.

da Silveira, H. L. F. (2018). Uso de dados do sensor MSI/Sentinel-2 e de LiDAR aerotransportado para mapeamento de fitofisionomias de Caatinga e estudo das relações com atributos físico-químicos dos solos. *Embrapa Territorial-Tese/dissertação (ALICE)*.

Soares, M. R. G. D. J., Fiori, C. O., Silveira, C. T. D., & Kaviski, E. (2017). Eficiência do método curve number de retenção de águas pluviais. *Mercator (Fortaleza)*, 16.

Sodré, S. D. S. V. (2007). Hidroquímica dos lagos Bolonha e Água Preta, mananciais de Belém-Pará.

de Sousa, L. V. F., & Almeida, R. H. C. PARTICIPAÇÃO SOCIAL E PERCEPÇÃO SOCIOAMBIENTAL: ANÁLISE DOS IMPACTOS DE PROLONGAMENTO DE VIA URBANA, BELÉM, PARÁ.

Souza, R. O. D. M., Scaramussa, P. H., do Amaral, M. A., Neto, J. A., Pantoja, A. V., & Sadeck, L. W. (2012). Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 16(9).

Souza, R. O. D. M., Scaramussa, P. H., do Amaral, M. A., Neto, J. A., Pantoja, A. V., & Sadeck, L. W. (2012). Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 16(9).

dos Santos Targa, M., Batista, G. T., Diniz, H. N., Dias, N. W., & de Matos, F. C. (2012). Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 7(2), 120-142.

Bertoni, J. C., & Tucci, C. E. (1993). Precipitação. *Hidrologia: ciência e aplicação*, 2, 177-242.

Tucci, C. E. (1997). Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. *Revista brasileira de recursos hídricos*, 2(2), 5-12.

Tyagi, J. V., Mishra, S. K., Singh, R., & Singh, V. P. (2008). SCS-CN based time-distributed sediment yield model. *Journal of hydrology*, 352(3-4), 388-403.

USDA – NRCS (2004). *National Engineering Book*, section 4 – part 630 – Hydrology.

Vaeza, R. F., Maia, A. G., & Disperati, A. A. (2012). Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. *Floresta e Ambiente*, 17(1), 23-29.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Derick Carlos Cordovil de Castro – 40%

Rodrigo Silvano Silva Rodrigues – 30%

David Figueiredo Ferreira Filho – 30%