

EVOLUÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL DO CAMPUS DE ANANINDEUA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Suzeane da Fonseca Pacheco E-mail: suze_pacheco@hotmail.com

Rodrigo Silvano Silva Rodrigues E-mail: rssr@ufpa.br

Germana Menescal Bittencourt E-mail: menescal@ufpa.br

Diêgo Lima Crispim E-mail: diegolc_85@hotmail.com

Resumo: Quando a precipitação atinge o solo, parte infiltra e outra esco superficialmente. Esta última é responsável pelas inundações, fato decorrente principalmente da diminuição das áreas permeáveis devido ao processo de expansão da malha urbana. Este trabalho teve como objetivo estimar o coeficiente de escoamento superficial do Campus de Ananindeua da Universidade Federal do Pará analisando sua evolução conforme o avanço das obras. O cálculo do coeficiente foi feito através da média ponderada dos distintos coeficientes e áreas de acordo com o tipo de solo. A descrição e quantificação das áreas foram obtidas em análise da planta do projeto em software CAD. O acréscimo de áreas impermeáveis advindas do processo de urbanização tem influência direta no aumento do coeficiente e, conseqüentemente, na vazão de escoamento. Obteve-se a vazão com aplicação do Método Racional. A construção do campus de Ananindeua compreende três fases, com coeficientes de 0,34 para primeira, 0,42 para segunda e 0,58 para terceira. O aumento percentual do coeficiente da fase inicial para final foi de 70,58%, e o da vazão de 71,53%. Os resultados demonstram que o coeficiente e a vazão terão aumento significativo entre o início e final da obra.

Palavras-chave: Drenagem urbana. Escoamento superficial. Método Racional. Região Metropolitana de Belém.

RUNOFF COEFFICIENT EVOLUTION IN THE ANANINDEUA CAMPUS OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF PARÁ

Abstract: When a precipitation in one soil, part infiltrates and another flows superficially. The latter is responsible for the floods, mainly due to the reduction of permeable areas due to the process of expansion of the urban network. This work aimed to estimate the surface runoff coefficient of the Ananindeua campus of the Federal University of Pará, which analyzes its evolution as the works progress. The calculation of the coefficient was done through the weighted average of the different coefficients and areas according to the soil type. The description and quantification of the areas were obtained in analysis to the project without AutoCAD project. The addition of impermeable areas resulting from the urbanization process has a direct influence on the increase of the coefficient and, consequently, on the outflow. Obtain as flow with application of the Rational Method. The construction of the Ananindeua campus comprises three phases, with coefficients of 0.34 for first, 0.42 second and 0.58 for third. The percentage increase of the coefficient of the initial phase to the end of 70.58%, and the flow of 71.53%. The results show that the coefficient and the flow have a significant increase at the beginning and end of the work.

Keywords: Urban drainage. Surface runoff. Rational Method. Belém Metropolitan Region.

1. INTRODUÇÃO

As inundações urbanas constituem um dos principais impactos causados pela falta de infraestrutura, que não acompanhou o intenso processo de transformação do espaço para características essencialmente urbanas. As inundações são decorrentes principalmente da impermeabilização do solo que impossibilita a infiltração e aumenta o escoamento superficial que está diretamente ligado à declividade, uso e ocupação do solo e a forma da bacia hidrográfica (TARGA et al, 2012).

Quando ocorre a precipitação, a parcela de água que atinge o solo vai infiltrar até que haja a saturação da superfície deste solo, de acordo com Klein e Klein (2014) “a infiltração

consiste na entrada de água no solo pela camada superficial, que pela ação da gravidade desce até atingir uma barreira impermeável, formando os lençóis de água”.

O escoamento superficial da água, segundo Lagadec et al. (2016), é um processo hidrológico que pode gerar grandes danos, incluindo fenômenos como a erosão do solo, inundações de rios, fluxos de lama e detritos, afetando o ambiente através da perda de solo e da transferência de poluentes contidos nos solos; definido como a água da precipitação que não se infiltra no solo e flui na superfície até atingir um rio permanente.

Alguns autores como Santos (2010) e Vaeza et al. (2010) enfatizam que o mau uso do solo pode provocar impactos ao meio ambiente, como os processos de erosão intensa, impermeabilização do solo, perda de biodiversidade, inundações, assoreamentos de reservatórios e cursos d'água.

As transformações que ocorrem no solo para a urbanização do espaço refletem nas bacias hidrográficas, segundo Targa et al. (2012), o uso do solo pode alterar as características naturais, modificando as quantidades de água que infiltram, que escoam e que evaporam, alterando o tempo de viagem da água e o comportamento hidrológico de uma bacia. Algumas das mais agressivas formas de modificação do uso e ocupação de uma bacia hidrográfica consistem no desmatamento e na urbanização.

De acordo com Chabaeva et al. (2009), o aumento das superfícies impermeáveis devido ao desenvolvimento urbano pode afetar as características de uma bacia hidrográfica, incluindo hidrologia (alteração do volume de escoamento, taxa de descarga máxima e fluxo de base), fisiografia (alteração da morfologia e temperatura dos córregos), qualidade da água (aumento das cargas poluentes) e biologia (diminuindo a biodiversidade dos fluxos).

O desenvolvimento urbano leva a mudanças de cobertura superficial que perturbam o ciclo hidrológico nas cidades, em particular, as superfícies impermeáveis, os solos compactados e a remoção da vegetação reduzem a capacidade de interceptar, evapotranspirar, armazenar e infiltrar a água da chuva (WHITFORD et al., 2001).

A impermeabilização decorrente da urbanização tem interferência direta no coeficiente de escoamento superficial, tanto que os cálculos para obtenção deste coeficiente é necessário a identificação e classificação das áreas que sofreram alterações em suas características naturais. Com a urbanização do espaço, há a impermeabilização do solo através de ruas calçadas, telhados, pátios, etc. (TUCCI, 1995). A quantificação da parcela de água que escoam superficialmente é de primordial importância para que os projetos de drenagem urbana sejam bem-sucedidos e não introduzam obras sub ou superdimensionadas (PORTO, 1995).

A estimativa do coeficiente de escoamento superficial necessita de análise criteriosa das características físicas da área para que se dimensionem eficientes sistemas de drenagem de águas pluviais. Um importante indicador urbanístico é a impermeabilização do solo que reflete o impacto da urbanização sobre o sistema (BARBASSA, 2010). Para Janke et al. (2011) a área impermeável efetiva (effective impervious area - EIA) é o parâmetro mais importante na determinação dos volumes de escoamento urbano. É de compreensão geral que as alterações na cobertura do solo interferem no coeficiente de escoamento e consequentemente na vazão de projeto, pois esta representa a quantidade de água que escoam superficialmente.

Compreender o escoamento superficial visando a projeção de um sistema de drenagem urbana é fundamental para definir a forma de seu manejo. Zahed Filho (2006) destaca que as técnicas de controle da drenagem urbana são realizadas mediante a aplicação de medidas estruturais e não-estruturais. Ainda segundo o autor, as medidas constituídas por soluções

físicas de engenharia que objetivam desviar, deter, reduzir ou escoar com maior rapidez e menores níveis as águas do escoamento superficial, são consideradas estruturais; já, medidas para o controle do uso e ocupação do solo ou para redução da vulnerabilidade dos ocupantes das áreas de risco dos efeitos das inundações, são tidas como não-estruturais.

O objetivo deste trabalho foi estimar o coeficiente de escoamento superficial do Campus de Ananindeua da Universidade Federal do Pará, de forma prática, simplificada e eficaz. Para efeito de comparação estas estimativas analisaram a evolução do escoamento entre as fases construtivas da obra previstas em projeto, verificando a influência desta evolução sobre as vazões de projeto, com a indicação de quais fatores foram determinantes em relação a vazão global.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido para o Campus de Ananindeua (Figura 1) da Universidade Federal do Pará (UFPA). A área está localizada no Conjunto Cidade Nova VII, na Avenida Arterial 5, no bairro Coqueiro. O terreno da Granja do Icuí Guajará (antiga Casa do Governador) foi doado pelo governo do Estado do Pará à prefeitura de Ananindeua para implantação de um Polo Universitário que reunirá além da UFPA outras instituições de ensino superior e técnico. O terreno detém uma área de 246.750 m², sendo destinados ao campus da UFPA aproximadamente 101.000 m².

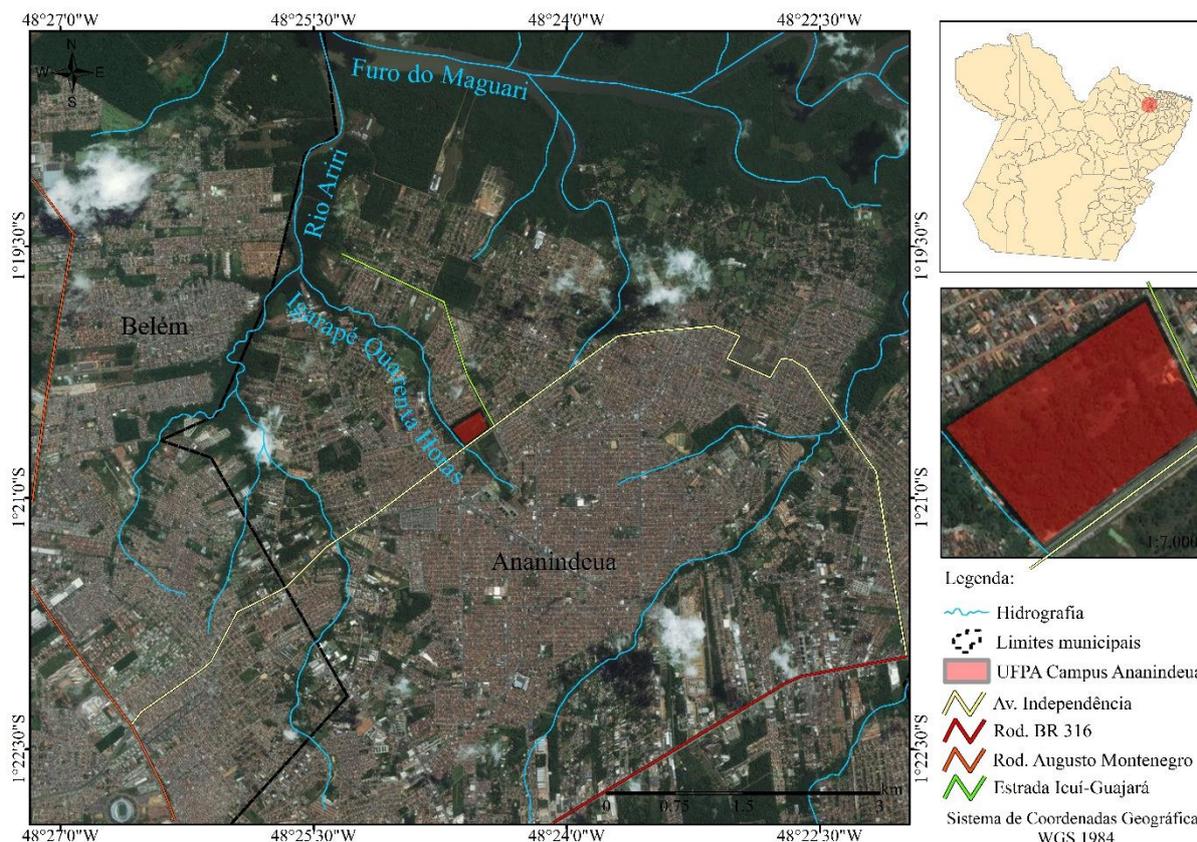


Figura 1 – Localização do Campus Ananindeua da Universidade Federal do Pará.

O novo Campus da UFPA prevê salas de aula, biblioteca, laboratório, quadra de esportes, restaurante universitário, etc. Atualmente está com instalações provisórias no prédio da FAAM (Faculdade da Amazônia), localizado na BR 316, mas com suas obras de implantação em andamento.

A construção do campus compreende três fases. Na Figura 2 mostra-se a divisão e classificação do terreno em: área A; área B e área C, que correspondem respectivamente às obras da primeira, segunda e terceira fase.

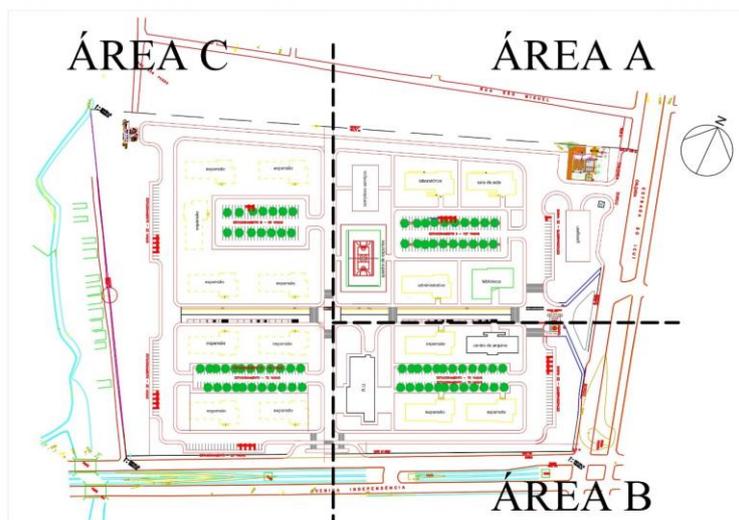


Figura 2 – Divisão e classificação das áreas representativas para cada fase da execução do projeto.

O cálculo de determinação do coeficiente de escoamento é obtido através de análise da cobertura do solo da área em estudo.

Para a intensidade da precipitação é levado em consideração o tempo de retorno que é o período de tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. Deve ser escolhido em função das obras a projetar e também levar em consideração quanto à segurança e perdas materiais para população (Tucci, 1995). Pode ser dado de acordo com a precipitação da região da área de estudo.

Outro fator que deve ser levado em consideração na intensidade da precipitação é o tempo de duração da precipitação, que pode ser considerada igual ao tempo de concentração da área. O tempo de concentração é o tempo necessário para a água precipitada no ponto mais distante da área, se deslocar até a seção principal. Pode ser obtido através de equações empíricas.

A aplicação do método racional na determinação da vazão máxima de projeto deve ser restrita a pequenas superfícies de drenagem, menores que 2 km² (Tucci, 1995).

Na Tabela 1 dispõem-se os valores de C de acordo com as características da superfície considerando precipitações de 5 a 10 anos de período de retorno.

Tabela 1 – Valores de referência para o Coeficiente do Escoamento Superficial (C).

Característica da superfície	C
Área Comercial	
-Central	0,70 a 0,95
-Bairros	0,50 a 0,70
Área Residencial	
-Residências Isoladas	0,30 a 0,50

Característica da superfície	C
-Unidades Múltiplas (Separadas)	0,40 a 0,60
-Unidades Múltiplas (Conjugadas)	0,60 a 0,75
-Subúrbio	0,25 a 0,40
-Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70
Área Industrial	
-Indústrias leves	0,50 a 0,80
-Indústrias pesadas	0,60 a 0,90
Parques, Cemitérios	0,10 a 0,25
“Playground”	0,20 a 0,35
Pátios de estradas de ferro	0,20 a 0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10 a 0,30
Ruas	
-Pavimentação asfáltica	0,70 a 0,95
-Pavimentação de concreto	0,80 a 0,95
-Blocos	0,70 a 0,85
Passeios	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Terrenos relvados (solos arenosos)	
-Pequena declividade (2%)	0,05 a 0,10
-Declividade média (2% a 7%)	0,10 a 0,15
-Forte declividade (>7%)	0,15 a 0,20
Terrenos relvados (Solos Argilosos)	
-Pequena declividade (2%)	0,15 a 0,20
-Declividade média (2% a 7%)	0,20 a 0,25
-Forte declividade (>7%)	0,25 a 0,30

Fonte: (CHOW, 1962 apud GENOVEZ, 1991).

De posse da planta de projeto do Campus de Ananindeua e com o auxílio de software CAD foi realizada a análise e posterior quantificação da tipologia das superfícies encontradas no local. Após a demarcação das áreas foram atribuídos os valores de C de acordo com o apresentado anteriormente (Tabela 1).

As superfícies dos solos variam dentro de determinada área, para tal situação deve ser utilizada a média ponderada dos diferentes valores de coeficiente de escoamento em relação as suas respectivas áreas, de acordo com a Equação 1.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times A_i}{A} \quad (1)$$

Em que: C é coeficiente médio de escoamento superficial da área estudada; A é área total do terreno; Ci é coeficiente de escoamento superficial correspondente a ocupação i; Ai é área da bacia correspondente a ocupação i.

A intensidade da precipitação pode ser expressa pela Equação de chuvas intensas de Belém (SOUZA, 1985), na Equação 2.

$$i = 2300 \cdot \frac{Tr^{0,20}}{(t+20)^{0,91}} \quad (2)$$

Em que: i é a intensidade em mm/h; Tr é o tempo de retorno, em anos; e t é a duração da chuva em minutos.

Para a determinação das vazões de pico do Campus será utilizado o Método Racional, utilizado por diversos autores, como Tucci (2000), Lima et al., (2006), Lima et al., (2007), Silva et al., (2009), Garotti e Barbassa (2010), Rodrigues et al., (2016), Vasconcelos et al., (2016). É um método simples e amplamente difundido na prática, permitindo obter a vazão máxima de escoamento superficial e expresso pela Equação 3 (TEIXEIRA, 2014).

$$Q_{\max} = \frac{C \times I \times A}{3,6} \quad (3)$$

Em que: Q é a vazão máxima de escoamento superficial em m³/s; C é o coeficiente de escoamento superficial (adimensional); I é a intensidade máxima para a precipitação ocorrida durante o tempo de concentração da bacia em estudo, em mm/h; e A é a área da bacia de contribuição em km².

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fase inicial da obra se concentra na área A com 32.424,91 m². Na Tabela 2 está disposta a descrição e quantificação da área A com seus respectivos coeficientes: telhado 0,85; passeio 0,8; asfalto 0,83; bloco (estacionamento) 0,78; e área verde 0,18. Estes foram obtidos através da média entre os coeficientes de cada superfície na Tabela 01. Aplicando a Equação 02 obteve-se o coeficiente de 0,65 referente à área A. As áreas B e C na primeira fase permanecem sem melhoramento e foi adotado um coeficiente de 0,2 . Utilizando a Equação 2 pode-se fazer a média ponderada das áreas A, B e C para obtenção do coeficiente de escoamento.

Tabela 2 – Estimativa do coeficiente de escoamento superficial (C) para a Fase 1 de execução do projeto.

FASE 1			
Área	Tipo de superfície	Área (m ²)	Coefficiente
A	Telhado	5.233,7	0,85

FASE 1			
Área	Tipo de superfície	Área (m ²)	Coefficiente
	Passeio	3.586,82	0,80
	Asfalto	10.970,15	0,83
	Bloco	3.923,04	0,78
	Área verde	8.711,2	0,18
	Total	32.424,91	0,65
B	Áreas sem melhoramentos	20.624,36	0,20
C	Áreas sem melhoramentos	48.279,32	0,20
	Total	101.328,6	0,34

Por meio da equação para média ponderada encontrou-se o coeficiente para área B igual a 0,58. Nesta fase será considerado que a área A já construída com os resultados obtidos anteriormente e a área C sem melhoramento. Devido ao aumento de áreas impermeabilizadas com a expansão da obra, o coeficiente de escoamento superficial passou a ser 0,42 na segunda fase. A área B será construída na segunda fase e seu detalhamento está disposto na Tabela 3.

Tabela 3 – Estimativa do coeficiente de escoamento superficial (C) para a Fase 2 de execução do projeto.

FASE 2			
Área	Tipo de superfície	Área (m ²)	Coefficiente
A		32.424,91	0,65
B	Telhado	3.387,93	0,85
	Passeio	2.958,91	0,8
	Asfalto	4.521,58	0,83
	Bloco	1.982,12	0,78
	Área verde	7.773,82	0,18
	Total	20.624,36	0,58
C	Áreas sem melhoramentos	48.279,32	0,2
	Total	101.328,6	0,42

A terceira fase compreende todo o espaço construído. A área C está distribuída em 48279,32 m² que compreendem telhados, áreas verdes, entre outros, e coeficiente de 0,65, conforme se mostra na Tabela 4. Com a média ponderada das áreas A, B e C têm-se que o coeficiente de escoamento superficial da terceira fase que corresponde ao projeto final do Campus de Ananindeua é de 0,58.

Tabela 4 – Estimativa do coeficiente de escoamento superficial (C) para a Fase 3 de execução do projeto.

FASE 3			
Área	Tipo de superfície	Área (m ²)	Coeficiente
A		32.424,91	0,65
B		20.624,36	0,58
C	Telhado	5.258,88	0,85
	Passeio	4.884,84	0,8
	Asfalto	11.067,52	0,83
	Bloco	5.238,23	0,78
	Área verde	21.829,85	0,18
	Total	48.279,32	0,65
	Total	101.328,6	0,58

Utilizando a Equação 3 foi calculada a intensidade pluviométrica de 143,66 mm/h, que permanece constante em todo o projeto. Foi considerada a duração da precipitação intensa igual ao tempo de concentração da área ($t = t_c$), que de acordo com recomendações de projeto é de 10 minutos. O tempo de retorno é de 5 anos. Com o Método Racional (Equação 01) foram calculadas as vazões de escoamento (de projeto) referentes a cada área do projeto, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Estimativa das vazões de projeto referentes às áreas de execução do projeto.

Projeto	C	I (mm/h)	A (km ²)	Q (m ³ /s)
Área A	0,65	143,66	0,032425	0,84
Área B	0,58	143,66	0,020624	0,48
Área C	0,53	143,66	0,048279	1,02

Do mesmo modo, foram calculadas as vazões de escoamento referentes a cada fase do projeto, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Estimativa das vazões de projeto referentes à evolução do coeficiente de escoamento superficial (C) no decorrer da execução do projeto.

Projeto	C	I (mm/h)	A (km ²)	Q (m ³ /s)
Fase 1	0,34	143,66	0,1013286	1,37
Fase 2	0,42	143,66	0,1013286	1,70

Fase 3	0,58	143,66	0,1013286	2,35
--------	------	--------	-----------	------

Na primeira fase do projeto a vazão será de 1,37 m³/s, onde as construções se concentram na área A com vazão de 0,84 m³/s. A vazão da área A representa 61,31 % da vazão desta fase.

A vazão da área B de 0,48 m³/s equivale a 28,24 % da vazão da fase 2 de 1,70 m³/s. E a área C com vazão de 1,02 m³/s representa 43,40% da vazão da terceira fase de 2,35 m³/s.

Na primeira fase do projeto a área A possui alta representatividade na vazão de projeto. Fato decorrente da concentração das construções apenas nesta área na fase inicial de projeto, havendo o aumento das áreas impermeabilizadas que irão influenciar no escoamento superficial e consequentemente na vazão.

Com a evolução das fases construtivas houve o aumento do coeficiente e consequentemente das vazões de projeto. Da primeira para segunda fase houve um aumento 23,52% do escoamento superficial, refletindo em um aumento de 24,08 % da vazão de projeto. Da segunda para terceira fase houve um aumento 38,09 % do escoamento superficial, refletindo em um aumento de 38,23 % da vazão de projeto. Vale ressaltar que entre a primeira fase até a conclusão da obra houve um aumento de 70,58% do escoamento superficial refletindo em um aumento de 71,53% da vazão de projeto.

4. CONCLUSÕES

A metodologia desenvolvida possibilitou a estimativa do coeficiente de escoamento superficial no Campus de Ananindeua da Universidade Federal do Pará, de maneira prática, simplificada e eficaz.

Fica claro que quando se altera um espaço sem infraestrutura, com somente áreas verdes, para a execução de projetos urbanísticos (regularização de terreno, edificações, vias, calçadas, estacionamentos, etc), os conceitos conhecidos a respeito dos impactos da urbanização sobre a impermeabilização do solo e o aumento do volume de escoamento na superfície, mostram-se na prática.

Os resultados obtidos para coeficiente de escoamento superficial comprovam que no decorrer do avanço da execução do projeto, o escoamento superficial sofrerá um aumento expressivo entre as fases de início e fim da obra. Este aumento implica em aumentos muito semelhantes nas vazões de projeto, utilizadas como referência para o dimensionamento dos projetos de drenagem envolvidos. Vale ressaltar que a ocorrência de alagamentos é possível, caso haja ocorrência de chuvas intensas com períodos de retorno maiores que o utilizado para a definição desta chuva em projeto.

Apesar do aumento expressivo do escoamento superficial, o projeto mostra-se eficiente sob o ponto de vista da evolução deste escoamento na área em estudo, tendo em vista que as áreas urbanas geralmente possuem solos muito impermeabilizados (C entre 0,90 a 0,95), ainda assim, estima-se que 58% das chuvas incidentes escoem superficialmente sobre o Campus, devido a utilização de pavimentos com melhor absorção para infiltração, como áreas gramadas e bloquetes, evidenciando que seu planejamento está norteado com o emprego de medidas não-estruturais.

REFERÊNCIAS

- BARBASSA, A. P.; GAROTTI, L. M.** Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. *Eng Sanit Ambient, São Carlos, SP, v.15, n.1, p.19-28, jan/mar 2010.*
- CHABAEVA, A., CIVCO, D.L., HURD, J.D.** Assessment of impervious surface estimation techniques. *J. Hydrol. Eng. 14 (4), 377–387, 2009.*
- GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P.** Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. *Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 15 (1), p. 19-28, 2010.*
- GENOVEZ, A. M.** Avaliação dos métodos de estimação das vazões de enchente para pequenas bacias rurais do Estado de São Paulo. *Tese (Doutorado) em Universidade Estadual de Campinas. 1991.*
- JANKE, B., GULLIVER, J. S., WILSON, B. N.** Development of techniques to quantify effective impervious cover. *Report No. CTS 11-20, Center for Transportation Studies, University of Minnesota, Minneapolis, MN. 2011.*
- KLEIN, C.; KLEIN; V. A.** Influência do manejo do solo na infiltração de água. *REMOA (Revista Monografias Ambientais), Santa Maria, RS, v.13, n.5, p.3915-3925, dez. 2014.*
- LAGADEC, L-R.; PIERRE PATRICE, P.; BRAUD, I.; CHAZELLE, B.; MOULIN, L.; DEHOTIN, J.; HAUCHARD, E.; BREIL, P.** Description and evaluation of a surface runoff susceptibility mapping method. *Journal of Hydrology, 541, 495–509, 2016.*
- LIMA, H. M.; SILVA, E. S.; RAMINHOS, C.** Bacias de retenção para gestão do escoamento: métodos de dimensionamento e instalação. *REM: R. Esc. Minas, v. 59 (1), p. 97-109, 2006.*
- LIMA, H. M.; VARGAS, H.; CARVALHO, J.; CONÇALVES, M.; CAETANO, H.; MARQUES, A.; RAMINHOS, C.** Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. *REM: R. Esc. Minas, v. 60 (3), p. 525-536, 2007.*
- PORTO, R. L. L.** Escoamento Superficial Direto in *TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. (Org.), Drenagem Urbana. Porto Alegre. ABRH/Editora da Universidade/UFRGS. 1995.*
- RODRIGUES, R. S. S.; BITTENCOURT, G. M.; FERNANDES, L. L.; MENDONÇA, N. M.; TEIXEIRA, L. C. G. M.** Eficiência da macrodrenagem de bacias urbanizadas na Amazônia - o caso do bairro do Reduto em Belém do Pará. *Revista Engenharia e Tecnologia, v. 8 (3), p. 131-153, 2016.*
- SANTOS, A. L. C.; SANTOS, F.** 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, 2010.*

SILVA, J. M. A.; PRUSKI, F. F.; RODRIGUES, L. N.; CECÍLIO, R. A. *Modelo para a obtenção do hidrograma de escoamento superficial em bacias hidrográficas. 2. Avaliação. Rev. Bras. Ciênc. Agrár., v.4 (2), p.192-197, 2009.*

SOUZA, R. S. *Estudo das relações intensidade, duração e frequência de chuvas intensas em Belém, Pará. 1985. 100f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil), Orientador: Miguel Agostinho de Lator Imbiriba – Universidade Federal do Pará, Belém/PA, 1985.*

TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. N.; DIAS, N. W.; MATOS, F. C. *Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. Ambi-Agua, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 120-142, 2012.*

TEIXEIRA, S. N. *Sistemas de drenagem urbana: estudo de caso para a macrodrenagem do município de Arcos-MG. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) Centro Universitário de Formiga – UNIFOR – MG. 2014.*

TUCCI, C. E. M. *Coefficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5 (1), p. 61-68, 2000.*

TUCCI, C. E. M. *Inundações Urbanas in TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. (Org.), Drenagem Urbana. Porto Alegre. ABRH/Editora da Universidade/UFRGS. 1995.*

VAEZA, R. F., OLIVEIRA, P. C., MAIA, A. G., DISPERATI, A. A. *Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. Floresta e Ambiente, 12(1), 23-29, 2010.*

VASCONCELOS, A. F.; MIGUEZ, M. G.; VAZQUEZ, E. G. *Critérios de projeto e benefícios esperados da implantação de técnicas compensatórias em drenagem urbana para controle de escoamentos na fonte, com base em modelagem computacional aplicada a um estudo de caso na zona oeste do Rio de Janeiro. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21 (4), p. 655-662, 2016.*

WHITFORD, V.; ENNOS, A. R.; HANDLEY, J. F. *“City form and natural process” - indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. Landsc. Urban Plan. 57 (2), 91–103, 2001.*

ZAHED FILHO, K. *Águas em ambientes Urbanos: medidas não-estruturais de drenagem urbana. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. 2006.*