

**Estudo da Cobertura Vegetal e Modelo Chuva x Vazão na Sub-Bacia do
Córrego do Luciano Município de Jardinópolis-SP**

*Study of Cover Vegetation and Hydrologic Model of Sub-Basin Luciano Stream Located
in the municipality of Jardinópolis-SP*

*Estudio de la Cobertura Vegetal y el Modelo Hidráulico de la Subcuenca del Arroyo
Luciano del Municipio de Jardinópolis-SP*

Sâmia Momesso Marques

Mestranda em Engenharia Civil (Recursos Hídricos e Tecnologia Ambiental), UNESP, Brasil
samia.momesso@gmail.com

Gustavo Zitei Vicente

Mestrando em Engenharia Civil (Recursos Hídricos e Tecnologia Ambiental), UNESP, Brasil
gustavo.zitei@gmail.com

César Gustavo da Rocha Lima

Professor Doutor, UNESP, Brasil.
etaugustus@hotmail.com

RESUMO

As infraestruturas verdes podem oferecer inúmeros benefícios, pois desempenham papel de grande importância no equilíbrio do ambiente urbano com o meio natural. Por isso, elas devem ser implementadas de forma organizada e estratégica, através do planejamento do uso e ocupação do solo. Este trabalho objetivou estudar os efeitos sobre o regime hidrológico na Sub-bacia do Córrego do Luciano gerados pelas alterações no uso e ocupação do solo. Para isso foram considerados os anos de 1995, 2005 e 2015 e aplicado o método SCS para obter a relação *Chuva-Vazão*. Os resultados obtidos possibilitaram comprovar a importância da infraestrutura verde para a drenagem da região, pois o acréscimo de áreas de vegetação arbórea proporcionou um amortecimento significativo dos escoamentos superficiais gerados pela urbanização, a qual teve um aumento de aproximadamente 138% no período estudado. Sendo assim, a composição de áreas de vegetação arbórea, assim como o ambiente agrícola, podem atuar de forma a mitigar os impactos dos avanços da urbanização sobre a drenagem da sub-bacia.

PALAVRAS-CHAVE: Cobertura Vegetal. Modelo Chuva x Vazão. Infraestrutura Verde.

ABSTRACT

Green infrastructure may provide numerous benefits, so plays an important role in balancing the urban environment with the natural environment. This research aimed to study the effects under hydrologic regime of Sub-basin Luciano Stream caused by changes in the soil use and occupation. In this regard, the years of 1995, 2005 and 2015 have been considered and applied the SCS method for find the Hydrologic Model. The results noticed the importance of green infrastructure for the region drainage, because the arboreal vegetation increasing brought a significant reduction in the surface runoff generated by the urbanization, which have an expansion of approximately 138% in the studied period. Therefore, the composition of the areas of arboreal vegetation, as well as the agricultural environment, can act to mitigate the impact of urbanization progress on the sub-basin drainage.

KEY-WORDS: Cover Vegetation. Hydrologic Model. Green Infrastructure.

RESUMEN

La infraestructura verde puede ofrecer numerosos beneficios, causa desempeña papel importante en el equilibrio del medio ambiente urbano con el entorno natural. Por lo tanto, deben ser implementadas de una manera organizada y estratégica por la planificación del uso y aprovechamiento de la tierra. El objetivo del trabajo fue estudiar los efectos en el régimen hidrológico de la subcuenca del Arroyo Luciano generados por el uso y ocupación del sitio. Para eso fueran considerados los años 1995, 2005 y 2015 y fue aplicado el método SCS para ver el Modelo Hidráulico. Los resultados obtenidos hicieron posible demostrar la importancia de la infraestructura verde para el drenaje en el local, debido a la adición de áreas de vegetación proporciona una amortiguación significativa de drenaje superficial causada por la urbanización, la cual tuvo un aumento de aproximadamente 138% durante el período estudiado. Por lo tanto, la composición de las áreas de vegetación densa, así como el entorno agrícola pueden actuar para mitigar el impacto del progreso de urbanización del drenaje de la subcuenca.

PALABRAS-CLAVE: Cobertura Vegetal. Modelo Hidráulico. Infraestructura Verde.

INTRODUÇÃO

Embora tenha seu valor negligenciado pelas autoridades públicas e sociedade em geral, as áreas verdes desempenham papel tão importante para os ambientes urbanos quanto a infraestrutura construída, chamada de infraestrutura cinza (VASCONCELLOS, 2011; SCHÄFFLER e SWILLING, 2013).

Essas áreas, de acordo com CCAP (2011), podem trazer diversos benefícios dentre os quais podemos citar o equilíbrio térmico em ambientes urbanos, a melhoria da qualidade do ar, o combate a enchentes e a redução do potencial de erodibilidade das chuvas, pela redução da velocidade dos escoamentos superficiais.

As chamadas Infraestruturas Verdes têm papel fundamental na restauração do equilíbrio ambiental frente à crescente urbanização. Elas podem ser definidas, conforme Vasconcellos (2011), como redes interconectadas e estrategicamente planejadas compostas por áreas naturais, ambientes rurais e outras áreas livres que têm como papel a conservação dos valores e funções dos ecossistemas naturais, proporcionando benefícios à vida humana e silvestre.

Assim sendo, a infraestrutura verde demanda de uma abordagem holística do uso e ocupação do solo de bacias hidrográficas urbanizadas, enfatizando a integração dos objetivos ambientais e econômicos no planejamento da paisagem. (VASCONCELLOS, 2011).

Nesse contexto, o mapeamento de uso e ocupação do solo e o monitoramento de sua dinâmica são etapas importantes para fins de planejamento e manejo sustentável dos recursos naturais (BRASIL, 2003).

A associação de tecnologias de sensoriamento remoto com Sistemas de Informações Geográficas (SIG) serve como ferramenta no processo de análise da dinâmica de uso e ocupação do solo já que, segundo Nardini (2009), oferecem uma representação fiel das características da paisagem em um dado momento.

Além disso, o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica pode ser afetado por ações antrópicas, uma vez que as alterações provocadas pelas atividades econômicas e sociais na paisagem interferem nos processos do ciclo hidrológico (TONELLO, 2005).

Portanto, a integração do SIG com modelos hidrológicos permite a realização de simulações da contribuição da infraestrutura verde perante às alterações antrópicas do regime hidrológico.

OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo fazer um estudo das alterações de uso e ocupação do solo na Sub-bacia do Córrego do Luciano, avaliada nos anos de 1995, 2005 e 2015, para entender como a existência da infraestrutura verde pode impactar no ambiente urbanizado.

No que tange aos efeitos das alterações da paisagem sobre o regime hidrológico da região, foi empregado o modelo *Chuva x Vazão* auxiliado por análises de uso e ocupação do solo.

MÉTODO DE ANÁLISE**Caracterização da Área**

O presente estudo foi realizado na Sub-bacia Hidrográfica do Córrego do Luciano, que está localizada no município de Jardinópolis-SP. O Córrego do Luciano se encontra entre as coordenadas 20º 59' 42" S; 47º 51' W e 21º 01' 30" S; 47º 45' W, drena uma área de aproximadamente 18,4 km², tem seu exutório no Ribeirão São Pedro, que por fim deságua no Rio Pardo.

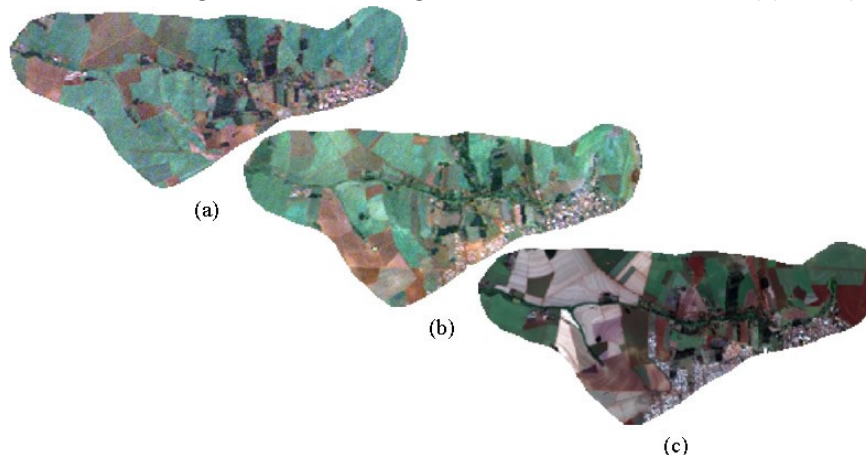
O município de Jardinópolis registrou no período de 1995 a 2015 um acréscimo populacional na ordem de 13.500 habitantes, o que motivou uma expansão urbana do município e, por sua vez, afetou a sub-bacia do córrego do Luciano provocando o surgimento de novos empreendimentos imobiliários e loteamentos.

Procedimentos Metodológicos**Uso e Ocupação**

Como materiais foram utilizadas as cartas topográficas da região, obtidas a partir do banco de dados do IBGE, imagens de satélite para os anos de 1995, 2005 e 2015, nas quais tomou-se o cuidado de escolher imagens do mesmo período do ano, todas do mês de julho e obtidas a partir do banco de imagens do INPE. Para os anos de 1995 e 2005 foram usadas imagens do sensor TM do Landsat-5, nas bandas 1(b), 2(g) e 3(r) para os espectros de azul, verde e vermelho respectivamente. Já para o ano de 2015 o sensor OLI do Landsat-8 com imagens das bandas 2(b), 3(g) e 4(r) nas faixas de azul, verde e vermelho, respectivamente.

As imagens foram georreferenciadas no *Software Spring 5.2.7* e os limites da bacia hidrográfica foram traçados com auxílio da carta topográfica da região. Posteriormente, as imagens de satélite foram recortadas de forma a conter apenas a sub-bacia hidrográfica em estudo, a fim de evitar interferências das áreas circundantes no processo de classificação das imagens (Figura 1).

Figura 1 - Sub-bacia do Córrego do Luciano em imagens de satélite nos anos de 1995 (a), 2005 (b) e 2015 (c)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim, as imagens foram classificadas de acordo com 5 classes distintas de uso e ocupação do solo, sendo elas: pós-colheita, solo exposto, agricultura, vegetação arbórea e urbano. A classificação foi feita de forma supervisionada com auxílio do método de segmentação das imagens, adotando em todos os casos o valor 2 para o grau de similaridade. Após as atividades de treinamento realizadas, com o máximo de precisão na coleta de regiões, procedeu-se a classificação final com o emprego do algoritmo *Bhattacharya*.

Ao final do processo de classificação das imagens, foram medidas as áreas ocupadas por cada classe de uso e ocupação do solo, para que se pudesse aplicar o modelo hidrológico da curva número.

Modelo Hidrológico *Chuva x Vazão*

O Serviço de Conservação dos Solos dos Estados Unidos sugeriu em 1986, por meio da publicação técnica "*Urban Hydrology for Small Watersheds (TR-55)*" (USDA, 1986), um método para estimativa do escoamento superficial direto em pequenas bacias hidrográficas, que ficou conhecido como SCS ou Curva Número. O método se relaciona diretamente com o tipo de solo da bacia hidrográfica, suas coberturas e condições de umidade por meio da classe hidrológica do solo e da curva número, respectivamente.

Segundo Tucci (1993), as classes hidrológicas dos solos podem ser resumidas pelo quadro que segue.

Quadro 1 - Classificação hidrológica dos solos brasileiros

Classe	Classificação hidrológica do solo
A	Solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. Solos arenosos profundos com pouco silte e argila.
B	Solos menos permeáveis do que o anterior, solos arenosos menos profundos do que o tipo A e com permeabilidade superior à média.
C	Solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundos.
D	Solos contendo argilas expansivas, pouco profundos e com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial.

Fonte: Adaptado de Tucci (1993).

Para cada conjunto de classe hidrológica e cobertura do solo, são atribuídos diferentes valores de CN. Além disso, as condições de umidade influenciam diretamente nesses valores. O solo pode estar em três condições de umidade: seco, normal (capacidade de campo) ou saturado. Sendo assim, é necessário primeiramente definir o valor de CN na condição normal do solo para posteriormente corrigir o valor encontrado por meio de tabelas que relacionam o valor de CN com as condições normais e seus respectivos valores nas condições seca e saturada. Em uma bacia hidrográfica, onde existem diversos tipos e usos do solo, o CN é calculado conforme a Equação 1:

$$CN = \frac{\sum_{i=1}^n CN_i \cdot A_i}{A} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

CN: Curva número da bacia hidrográfica;

CN_i: curva número da região;

A_i: área da região; e

A: área total da bacia hidrográfica.

De posse do valor de CN para a bacia hidrográfica, é possível determinar o parâmetro denominado S, que diz respeito às condições de cobertura e do tipo de solo.

$$S = \frac{24500}{CN} - 254 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

S: Condição de cobertura e tipo de solo.

O método define para as condições observadas nas bacias hidrográficas estudadas nos Estados Unidos que a abstração inicial, ou seja, volume de água retido pelas plantas e na superfície da bacia é da ordem de 20% do valor S , além disso, define que para precipitações inferiores a este valor, não é gerado escoamento, porém, para valores superiores de precipitação, o escoamento gerado pode ser calculado conforme a Equação 3.

$$P \leq 0,2.S \rightarrow Q = 0$$

$$P > 0,2.S \rightarrow Q = \frac{(P - 0,2.S)^2}{P + 0,8.S} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

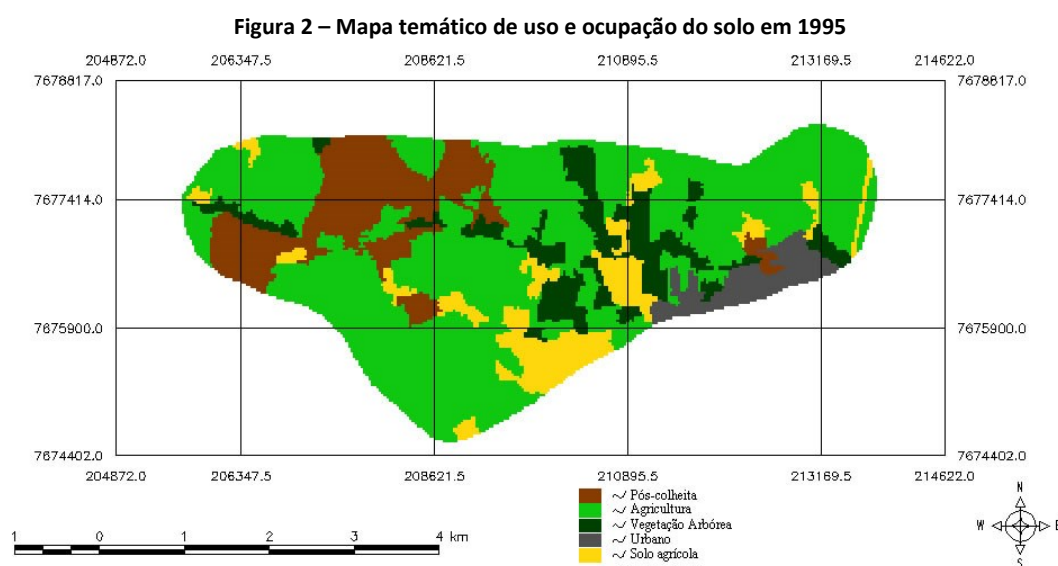
P : Lâmina precipitada (mm); e

Q : lâmina escoada (mm).

Para que se possa aplicar o modelo hidrológico da Curva Número em uma bacia hidrográfica, além do conhecimento do solo da região a ser estudada, é muito importante a determinação dos usos do solo da bacia em questão. E para isso, foram elaborados mapas temáticos que indicam o uso e ocupação do solo da sub-bacia em estudo.

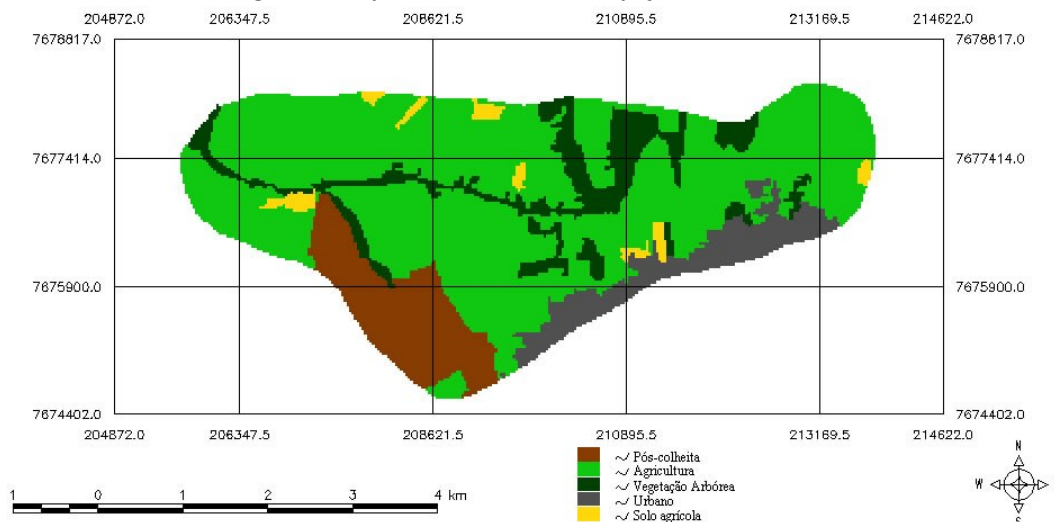
RESULTADOS

Os mapas temáticos que indicam as paisagens na Sub-bacia do Córrego do Luciano para os anos de 1995 (Figura 2), 2005 (Figura 3) e 2015 (Figura 4) estão apresentados na sequência e têm seus valores de áreas de cobertura do solo sintetizados pela Tabela 1.



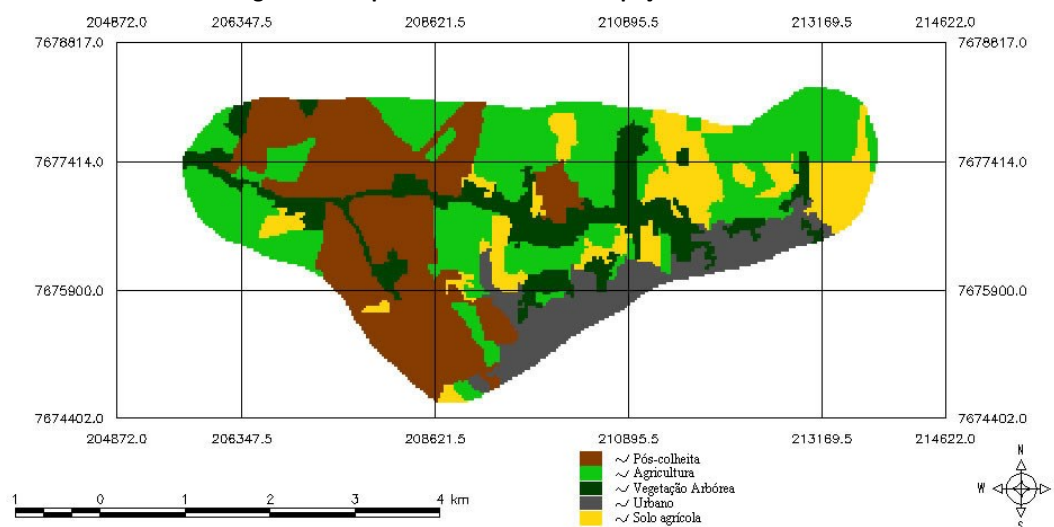
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3 – Mapa temático de uso e ocupação do solo em 2005



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 4 – Mapa temático de uso e ocupação do solo em 2015



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 1 - Áreas das classes de uso e ocupação do solo

Classe \ Área	1995		2005		2015	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Pós-colheita	2,8	15,2	2	10,9	5,3	28,8
Agricultura	10,9	59,2	12,3	66,9	6,2	33,7
Vegetação arbórea	2	10,9	2,2	11,9	2,6	14,1
Urbano	0,8	4,4	1,5	8,1	1,9	10,3
Solo Exposto	1,9	10,3	0,4	2,2	2,4	13,1
Total	18,4	100	18,4	100	18,4	100

Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo dados do site de Informação dos Municípios Paulistas (IMP, 2016), a população do município de Jardinópolis passou de 26.999 em 1995 para 40.493 habitantes em 2015. Com base nesse dado, a Tabela 1 permite observar o crescimento das áreas urbanas em detrimento das áreas de agricultura, resultado do processo de loteamento que a região sofreu no período analisado em detrimento ao crescimento populacional.

De acordo com Conselho Regional de Desenvolvimento Rural Sustentável (CRDR, 2011), o solo da região onde a Sub-bacia do córrego do Luciano está inserida recebe a classificação pedológica Latossolo Roxo. Segundo Sartori et al. (2005) o Latossolo Roxo encontra-se, em termos hidrológicos, na Classe A, descrita no Quadro 1.

Levando-se em consideração que a classe definida como pós-colheita é referente às áreas de solo exposto devido à colheita da cana-de-açúcar, que pode ser considerada uma cultura anual e, sendo assim, estas áreas estarão cobertas por esta cultura durante a maior parte do ano, foram elaborados dois cenários: o cenário 1 (C1), onde as regiões de pós-colheita foram consideradas como regiões de solo exposto e o cenário 2 (C2), no qual as regiões de pós-colheita foram consideradas regiões de agricultura, o que deve ser mais notado ao longo do ano.

Desta forma foi possível escolher os valores de CN para cada classe de uso do solo na sub-bacia conforme USDA (1986), esses valores são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de CN adotados para a região (USDA, 1986)

Cobertura do solo	C1	C2
	CN _i	CN _i
Pós-colheita	77	62
Agricultura	62	62
Vegetação arbórea	45	45
Urbano	77	77
Solo Exposto	77	77

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para cada cenário e cada ano, foram calculados os valores do CN da bacia, utilizando-se a Equação 1 e os valores de S, pela Equação 2. Os valores calculados estão apresentados na Tabela 3.

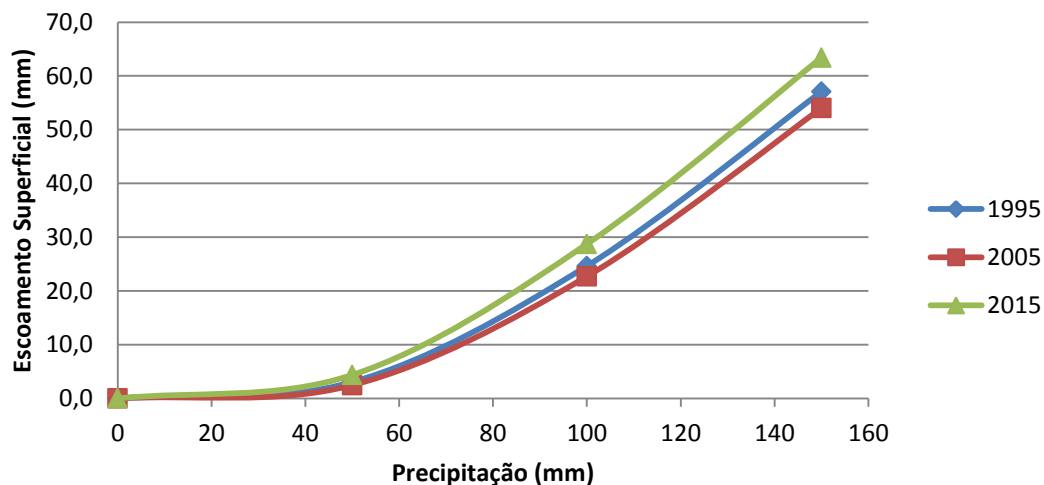
Tabela 3 - Valores calculados de CN e S

Ano	C1		C2	
	CN	S	CN	S
1995	64,60	139,2	62,28	153,8
2005	63,19	148,0	61,53	158,8
2015	67,42	122,7	63,08	148,6

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com os valores de CN e S calculados e empregando-se a Equação 3, foram elaborados gráficos de Precipitação x Vazão para os cenários 1 e 2, que estão representados pelos Gráficos 1 e 2, respectivamente.

Gráfico 1 - Precipitação x Vazão para C1



Fonte: Elaborado pelos autores.

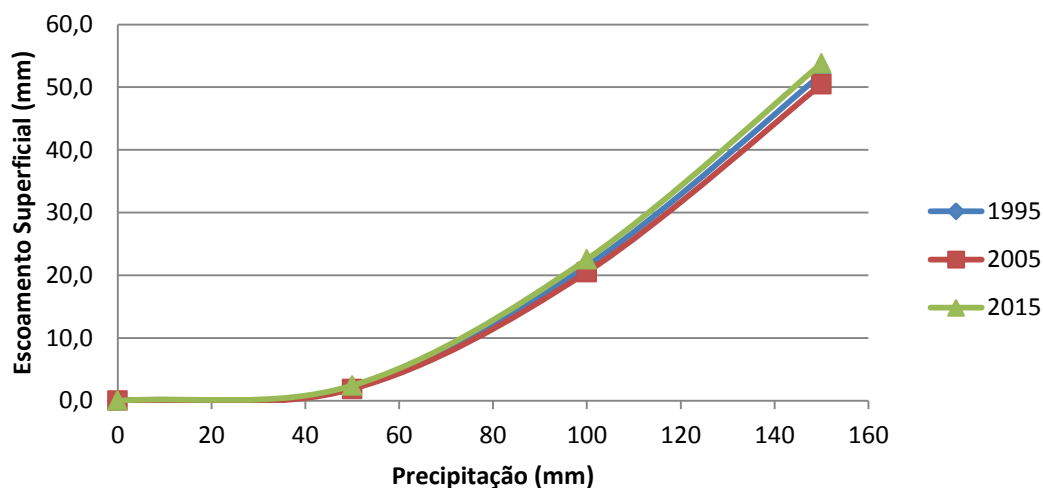
Quando analisado o

1 comparando as curvas de 1995 e 2005, é possível notar que apesar dos avanços da urbanização na sub-bacia (crescimento de 80,9%), houve redução no escoamento superficial direto em virtude da redução das áreas de solo exposto, em aproximadamente 78,3%, e principalmente pelo acréscimo de áreas de vegetação arbórea, a qual compensou o efeito da expansão urbana no regime hidrológico da região.

Isso demonstra a importância da conservação e avanço da infraestrutura verde e das áreas de vegetação densa, devido à proteção da qualidade dos recursos hídricos e também à conservação dos solos.

Já quando analisada, a curva obtida para o ano de 2015, fica evidente o efeito que grandes áreas de solo exposto provocam no comportamento hidrológico da bacia. Apesar de existir um avanço urbano importante no período de 2005 para 2015, há um sensível aumento das áreas de solo exposto, 65%, por isso deve-se creditar a variação na lâmina escoada entre os dois anos às grandes áreas de solo exposto.

Gráfico 2 : Precipitação x Vazão para C2



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao analisar o **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, é possível notar que há um incremento na lâmina escoada quando comparados os anos de 1995 e 2015, porém o aumento não é tão significativo quando comparado ao apresentado no cenário 1. Apesar da infraestrutura cinza ter aumentado em quase 138% no período, houve um acréscimo significativo de áreas de vegetação arbórea, na ordem de 30%, o que possibilitou que os comportamentos hidrológicos não apresentassem grandes alterações no período estudado.

Novamente o ano de 2005 apresentou decréscimo da lâmina escoada em relação a 1995, o que ocorreu devido a dois fatores: a redução de aproximadamente 78,3% das áreas de solo exposto, e ao aumento das áreas de vegetação arbórea colaborando para a infraestrutura verde.

Quando comparamos os cenários 1 e 2, podemos notar uma diferença alarmante: para uma precipitação de 150 mm no ano de 2015, as respostas são de 63,4 mm (C1) e 53,8 mm (C2), ou seja, um acréscimo de aproximadamente 18% na lâmina escoada nos períodos pós-colheita, quando as áreas cultivadas ficam completamente expostas.

Tal acréscimo pode desencadear danos, devido ao aumento do potencial de erosividade das chuvas, podendo levar ao assoreamento do córrego e a perda de potencial agrícola da região. Além disso, caso a seção do exutório não suporte toda a vazão escoada nos períodos de cheia, podem gerar alagamentos de regiões nos arredores trazendo transtornos para os agricultores da região.

CONCLUSÕES

A Sub-bacia do Córrego do Luciano não apresentou alteração quanto a sua paisagem predominante entre os anos de 1995 e 2015. Seus solos permanecem principalmente voltados à agricultura. Apesar disso, houve uma elevação no valor referente à área urbana, que indicou um aumento de 137,5% ao longo dos 20 anos.

Quanto ao regime hidrológico não foram observadas grandes alterações, pois assim como a urbanização do local estudado, a vegetação arbórea apresentou um importante crescimento, na ordem de 30%, contribuindo para uma infraestrutura verde mais efetiva, o que permitiu a geração de um impacto positivo significativo. Graças a esse aumento, elevou-se a retenção de água dentro da sub-bacia amenizando o acréscimo de volume escoado decorrente da impermeabilização gerada pela taxa de urbanização.

Por fim, o método SCS permitiu relacionar as alterações na paisagem e as consequências no comportamento hidrológico, comprovando, através de simulações, a importância da infraestrutura verde em bacias urbanizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. EMBRAPA. (Org.). **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 22: Mapeamento do Uso Atual e Cobertura Vegetal dos Solos do Estado Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 45 p. 45 f.

CÂMARA, Gilberto *et al.* **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE, São José dos Campos, 2004.

CCAP - CENTER FOR CLEAN AIR POLICY. **THE VALUE OF GREEN INFRASTRUCTURE FOR URBAN CLIMATE ADAPTATION**. Washington, D. C., 2011. 52 p.
<http://dev.cakex.org/sites/default/files/Green_Infrastructure_FINAL.pdf>.

CRDR - Conselho Regional de Desenvolvimento Rural Sustentável, **Plano Regional De Desenvolvimento Rural Sustentável: Regional Ribeirão Preto**. Ribeirão Preto, 2011.

GONÇALVES, Stela Rosa Amaral *et al.* **Caracterização Fisiográfica e Hidrológica da Bacia do Manancial do Rio Santo Anastácio**. VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 8, n.2, p. 139-150, 2012.

IMP – Informação dos Municípios Paulistas. **Portal de estatísticas do Estado de São Paulo**, Município de Jardinópolis. <http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/perfil>.

MACHADO, Ronalton Evandro *et al.* **Simulação de Escoamento e de Produção de Sedimentos em uma Microbacia Hidrográfica Utilizando Técnicas de Modelagem e Geoprocessamento**, Tese de Doutorado em Agronomia, Irrigação e Drenagem pela ESALQ, Piracicaba, Janeiro, 2002.

NARDINI, Rafael Calore. **Determinação do conflito de uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente da microbacia do Ribeirão Água-Fria, Bofete(SP) visando a conservação dos recursos hídricos**. Dissertação de Mestrado em Agronomia, Irrigação e Drenagem, 61 f. Botucatu, 2009.

NUNES, Fabrizia Gioppo et al. Estimativa de coeficientes de escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Atuba: Curitiba e região metropolitana – Paraná/ Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, 2011, Volume 64-65, p 27-39.

PEREIRA, Leonardo Marini **Modelagem Hidrológica Dinâmica Distribuída Para Estimativa do Escoamento Superficial em uma Microbacia Urbana**. Dissertação de Mestrado, 93p. INPE -Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos – SP, 2009.

PORTO, Monica Ferreira do Amaral; PORTO, Rubens La Laina **Gestão de bacias hidrográficas**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, nº 63 p. 43-60, 2008.

SARTORI, Aderson et al. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 4, p.5-18, 2005.

SCHÄFFLER, Alexis; SWILLING, Mark. Valuing green infrastructure in an urban environment under pressure – The Johannesburg case. **Ecological Economics**, [s.l.], v. 86, p.246-257, fev. 2013.

TEODORO, Valter Luiz **O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local**, **Revista UNIARA**, N.20, 2007, p 137-156.

TONELLO, Kelly Cristina **Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas**. Tese Doutorado em Ciências Florestal – Universidade Federal de Viçosa. Guanhões, MG. 2005. 69p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: EDUSP. Editora da UFRGS; ABRH, 952p, 1993.

USDA – United States Department of Agriculture. **Natural Resources Conservation Service**. Urban Hydrology for Small Watersheds: TR-55. 2. ed. Estados Unidos, 1986.

VASCONCELLOS, Andréa Araujo de. **Infraestrutura verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana na bacia ambiental do córrego d'antas, Nova Friburgo (RJ)**. 2011. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental, Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

VICENTINI, Telma Aparecida **Análise do Efeito da Urbanização nas Cheias Urbanas: Monitoramento de Bacias Experimentais**, Defesa de Doutorado em Engenharia Civil, Recursos Hídricos, Unicamp, Campinas, SP, 2000.