

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E NÚMERO DE CURVA (CN) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO MATILDE CUÊ, MARECHAL CÂNDIDO RONDON (PR)

Silmara Forner CALZAVARA¹

Oscar Vicente Quinonez FERNANDEZ²

RESUMO

As atividades antrópicas são grandes responsáveis pelas mudanças no uso e na ocupação dos solos nos últimos anos. Dessa forma, a determinação do uso e da cobertura se tornou uma importante ferramenta e subsídio à orientação e tomada de decisão. O objetivo deste trabalho é mapear o uso e ocupação do solo e estimar o número de curva (CN) na Bacia Hidrográfica do Córrego Matilde Cuê para o ano de 2013, localizada na porção sudeste da sede urbana de Marechal Cândido Rondon-Paraná. Na metodologia adotou-se o Sensoriamento Remoto como ferramenta para elaboração do mapa de uso e ocupação e para a estimativa do número de curva utilizou-se do método desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* (SCS), dos Estados Unidos da América (1973). De maneira geral, constatou-se uma concentração de atividades urbanizadas mais ao norte e centro da bacia, áreas topograficamente mais altas e planas. E no setor sul encontra-se as áreas rurais voltadas para atividades de culturas temporárias predominantes na região (soja, milho, trigo, etc.), onde ocorrem vertentes com declividades mais acentuadas. Portanto, o tipo de uso e a classe de solo influenciam diretamente na variação do número de curva.

Palavras chave: Uso e ocupação do solo. Número de Curva. Bacia Hidrográfica.

¹ Formada em Geografia (Licenciatura) pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) – Marechal Cândido Rondon. Mestre em Geografia pela UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon.

² Geólogo pela Universidade Nacional de Assunção, Doutor pela Unesp (Campus de Rio Claro). Professor Associado no curso de Geografia da Unioeste (Campus de Mal. C.Rondon).

SOIL USE AND OCCUPATION AND CURVE NUMBER (CN) IN WATERSHED MATILDE CUÊ, MARECHAL CÂNDIDO RONDON (PR)

ABSTRACT

Human activities are great responsible for changes in the land use and occupation in the last few years. That way, determining the use and coverage has become a significant tool benefit to the orientation and decision making. The aim of this work is to map the land use and occupation and estimate the number of curve (CN) in the Watershed Matilde Cuê for the year 2013, located in the urban center southeastern portion of Marechal Cândido Rondon- Paraná. In the methodology was adopted the Remote Sensing as a tool for drawing up the use and occupation map and to estimate the number of curve we used a method developed by the *Soil Conservation Service* (SCS), the United States of America (1973). In general, there was a concentration of urban activities further north and basin center, topographically higher and flat areas. And in the southern sector there are country areas with temporary crops as the predominant activities (soybeans, corn, wheat, etc.), where it was found slopes with more evident declivities. Therefore, the type of use and the soil class directly influence the varying number of curve.

Keywords: Land use and occupation. Curve number. Watershed.

1 INTRODUÇÃO

O avanço desordenado da urbanização em pequenas bacias hidrográficas tem se caracterizado pela falta de planejamento do uso do solo, o que compromete as redes de drenagem e seu entorno. A atividade antrópica altera as condições naturais de infiltração causando o aumento do escoamento superficial e alteração no ciclo hidrológico.

Dessa forma, a falta de planejamento urbano, ao longo de anos, ocasiona a redução de florestas e o aumento de áreas agricultáveis e urbanizadas. Essas alterações, no meio ambiente, afetam diretamente os cursos hídricos e a estrutura do solo. Em que, sem a vegetação o solo diminui a capacidade de infiltração num certo período de chuva, gerando maior volume de água escoada superficialmente.

Nesse sentido, a região Oeste do estado do Paraná sofreu uma intensa ocupação e uso do solo nos últimos 50 anos, principalmente com a implantação e expansão das atividades agropecuárias. Como consequência, a vegetação nativa foi removida drasticamente, até mesmo nas margens de rios e córregos, o que fez gerar o intenso processo de alteração nas condições hidrológicas nas bacias hidrográficas da região.

O município de Marechal Cândido Rondon localizado no extremo oeste do Paraná, apresentou um significativo processo de urbanização nos últimos anos. Este acelerado crescimento gerou uma ocupação desordenada não obedecendo muitas vezes o planejamento urbano, avançando em direção as redes de drenagem.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho é mapear o uso e ocupação do solo e estimar a vazão de projeto na Bacia Hidrográfica do Córrego Matilde Cuê - Marechal Cândido Rondon (Paraná) através da metodologia desenvolvida pelo *Soil Conservation Service* (SCS), dos Estados Unidos da América (EUA).

1.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO SOB OS PROCESSOS HIDROLÓGICOS

Estudos sobre uso e ocupação do solo, em escala de bacias hidrográficas, vêm se tornando, nos últimos anos, cada vez mais importantes para as pesquisas, principalmente quanto ao uso correto e incorreto, tanto pelas atividades urbanas, como de suas utilizações em atividades

agrícolas. Esses estudos têm possibilitado a compreensão da atual espacialização dos sistemas agrícolas, industriais, urbanos, entre outros.

Rosa (1990) enfatiza que o mapeamento de uso e ocupação do solo em uma determinada região tornou-se aspecto de interesse essencial para a compreensão dos padrões de organização do espaço, espaço este cada vez mais alterado pelo homem e pelo desenvolvimento tecnológico.

O estudo do uso e ocupação do solo consiste em buscar conhecimento de toda sua utilização por parte da ação antrópica ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização dos tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas localizações. De forma resumida, a expressão “uso da terra ou uso do solo” pode ser entendida como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (ROSA, 2007). Sendo assim, é importante levar em conta a forma que este espaço está sendo ocupado, ou seja, se é explorado de forma organizada e produtiva, o que varia de região para região.

Dessa forma, estudos pautados na análise do mapeamento entre o meio urbano/rural podem indicar e alertar para os possíveis problemas gerados pela expansão desordenada, como também podem subsidiar o diagnóstico das possíveis irregularidades do uso da terra.

Rosa (2007) afirma que há necessidade de um conhecimento atualizado da distribuição e da área ocupada pela agricultura, vegetação, áreas urbanas, bem como informações sobre as proporções de suas mudanças, informações importantes e necessárias aos legisladores e planejadores, seja ao nível de governo federal, estadual ou municipal, para permitir a elaboração da melhor política de uso e ocupação do solo.

Aliado ao mapeamento de uso e ocupação do solo, a utilização de *softwares* de Sistemas de Informações Geográficas permite a visualização e identificação direta dos elementos representados em produtos cartográficos. Utilizando-se de softwares capazes de analisar imagens de satélites é possível o monitoramento eficaz das bacias hidrográficas à distância.

O uso, ocupação e cobertura do solo podem ser sintetizados através de mapas feitos a partir da identificação, caracterização e mensuração de fenômenos. Estes que indicam a distribuição espacial da tipologia da ação antrópica que pode ser identificada pelos seus padrões homogêneos característicos na superfície terrestre através de análise em imagens remotamente sensoriadas (LEITE & ROSA, 2012).

Rosa & Brito (1996, p. 99) evidenciam que “o sensoramento remoto possibilita a obtenção de dados de forma rápida, confiável e repetitiva, em diferentes faixas espectrais e escalas,

e os SIG's permitem a ligação dessas informações com outros tipos de produtos, tornando estas duas tecnologias complementares”.

De acordo com o IBGE (2006) a interpretação da imagem de satélite auxilia na espacialização dos eventos, enquanto os dados estatísticos compreendem uma transposição de fenômenos da realidade para escalas adequadas às nossas análises. Neste sentido, informações abstratas à realidade, que não é mensurável, são transformadas em valores qualitativos e quantitativos.

Assim, ferramentas do geoprocessamento, como o sensoriamento remoto, destacam-se, permitindo a análise do uso e da ocupação do solo de maneira rápida, prática e econômica.

Neste contexto, a confecção do mapa de uso e ocupação do solo é de fundamental importância para o presente estudo, uma vez que se trata de uma análise do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica em conjunto com estimativa do escoamento superficial.

1.2 METODOLOGIA DO SCS

Existem vários modelos hidrológicos que têm sido desenvolvidos para a determinação do escoamento superficial voltado a análise dos principais efeitos da urbanização nos recursos hídricos. No entanto, ao longo dos anos alguns se popularizam entre os pesquisadores. Esse é o caso do método do número de curva (CN) apresentado em 1947 pelo *Soil Conservation Service* (SCS), do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA) (SCS, 1973), atualmente conhecido por Serviço de Conservação dos Recursos Naturais (NRCS) dos EUA, que se popularizou devido a sua simplicidade de aplicação.

O método do Número de Curva (CN) ou Números Hidrológicos é um método sintético (estimativa da Precipitação Efetiva) para o cálculo da transformação da precipitação total em escoamento direto, ou seja, para determinar a vazão máxima. (TASSI et al., 2006).

De acordo com Tassi et al. (2006), o método foi desenvolvido para pequenas bacias rurais dos Estados Unidos, e posteriormente vem sendo aprimorado para aplicação em pequenas bacias urbanas e em outros países, como é o caso da adaptação feita por Sartori (2004).

Para Mata-Lima et al. (2007) & Sartori (2004), o parâmetro CN procura definir, mediante um valor numérico, a influência da cobertura do terreno no comportamento do escoamento

superficial. A atribuição do valor do CN está associada à constituição pedológica da área e ao tipo de ocupação do solo, ou seja, a caracterização do uso e cobertura do solo é definida pelo CN.

Contudo, Sartori et al. (2005a) apontam algumas dificuldades de sua aplicação e apresentam uma sugestão para a classificação hidrológica dos solos do Brasil tomando como base o trabalho de Lombardi Neto et al. (1989).

Essa preocupação deu-se em razão de que a classificação original foi criada em condições ambientais e solos diferentes. Dessa forma, a preocupação em adaptar o método as características dos solos brasileiros teve início em 1979, com a publicação do trabalho de Setzer e Porto (1979), no qual propunham cinco classes hidrológicas do solo para o Estado de São Paulo. Posteriormente em 1989, foi apresentada por Lombardi Neto et al., usando quatro classes de solos, uma nova abordagem para o enquadramento dos solos, no estudo sobre cálculo de espaçamento entre terraços.

Apesar disso, Tassi et al. (2005) afirma que o método SCS pode ser aplicado em áreas de diferentes tipos de ocupação, apresentando resultados confiáveis, amplamente usados por pesquisadores que almejam alcançar resultados de escoamento superficial com variados tipos de uso do solo.

Outro trabalho bastante interessante foi de Sartori et al. (2005a) e (2005b) que discutiram as classificações hidrológicas de solo proposto por Lombardi Neto et al. (1989) relacionando-as com a original do SCS e com as principais características dos solos para o Estado de São Paulo. Pode-se verificar no estudo que, no Brasil, existem solos argilosos que se comportam de maneiras diferentes daqueles para onde a classificação hidrológica do solo foi primeiramente desenvolvida.

Jabur (2010) aplicou a metodologia para o Rio Ligeiro - Pato Branco (PR), com adaptação das tipologias de solo e, conseqüentemente, os valores da CN. Na região oeste, Arndt (2009) utilizou desse método para estimar o escoamento superficial na Bacia hidrográfica do Córrego Cascavel – Pr.

2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Marechal Cândido Rondon localiza-se no Extremo Oeste do Terceiro Planalto Paranaense, entre os paralelos de 24° 26' e 24° 46' latitude Sul e 53° 57' e 54° 22' longitude Oeste, com área de 748,002 km² (MINEROPAR, 2001). Conforme o IBGE (2013), a população

total é de aproximadamente 49.773 habitantes. A bacia hidrográfica do Córrego Matilde Cuê (ver Figura 1), localiza-se no sudeste da sede urbana municipal.

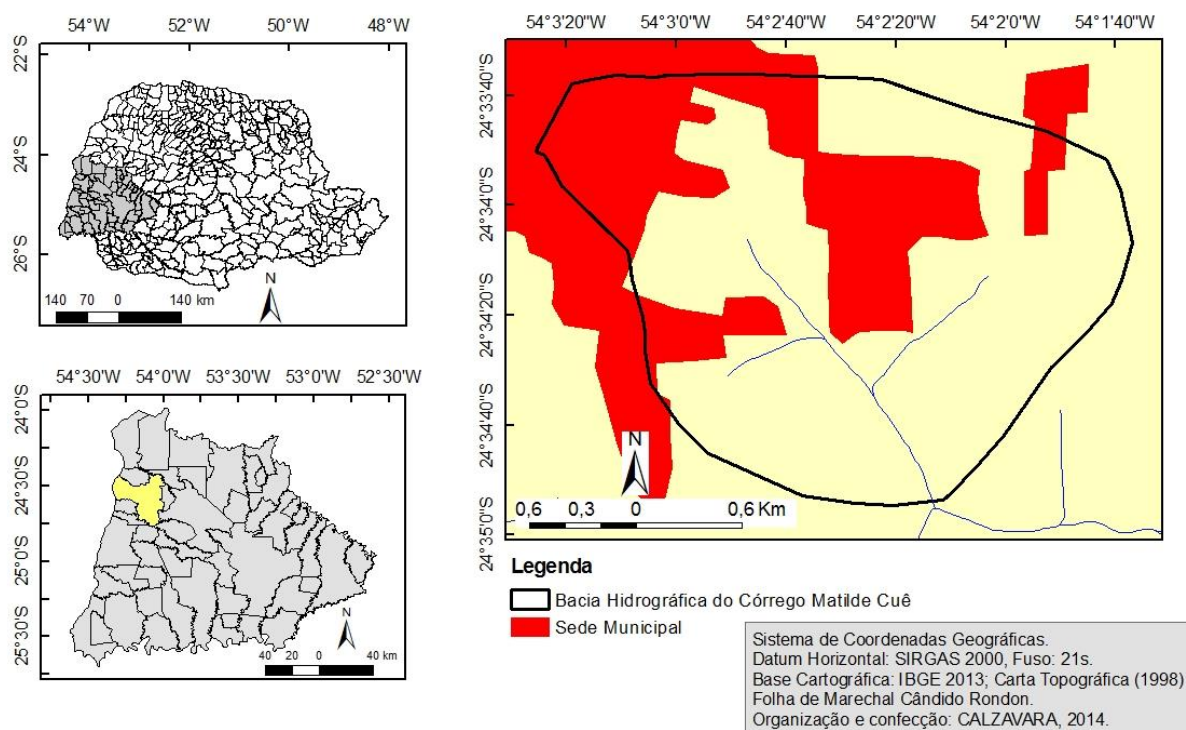


Figura 1: Localização do município de Marechal Cândido Rondon e da Bacia Hidrográfica do Córrego Matilde Cuê.

Fonte: Elaborada pela autora.

Dentre os aspectos físicos de Marechal Cândido Rondon, a geologia é em sua totalidade representada pelas rochas vulcânicas basálticas da Formação Serra Geral (Grupo São Bento) constituída por derrames em camadas (*Trapp*) de Idade Cretácea (MAACK, 2002). As rochas vulcânicas da Formação Serra Geral deram origem a uma cobertura pedológica formada por solos muito argilosos como o Latossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho, além de Neossolos Litólicos na classificação brasileira (EMBRAPA, 2006),

Quanto à geomorfologia, é decorrente da homogeneidade geológica, caracterizada pelos sucessivos derrames basálticos. O relevo municipal apresenta morfologia simples, marcada por um platô tubular em processo de dissecação (erosão) por ação hídrica dos rios que drenam a região (MARECHAL CÂNDIDO RONDON, 2007).

O município de Marechal Cândido Rondon está localizado na subunidade morfoescultural do planalto de Foz do Iguaçu e São Francisco (MINEROPAR, 2001). A topografia pode ser

considerada plana, apresentando leves ondulações ou elevações, as quais formam divisores de água, que originam vales cortados por rios, sangas, córregos e lajeados (IAPAR, 1994). Porém, são encontradas em algumas áreas do município formas topográficas com altitudes elevadas, como é o caso do Distrito de São Roque (491 m) e a Colina Baitaca (495 m).

As formas de relevo suavizadas, os solos com boa fertilidade e o clima com pluviosidade bem distribuída, fazem com que as atividades agrícolas sejam realizadas de maneira ampla e intensa pelo município, o que restringe as áreas de matas apenas nos fundos de vales (mata ciliar) e em algumas cotas altimétricas mais elevadas, especialmente onde ocorrem os solos Neossolos Litólicos, evidenciados nos estudos de Moresco (2007).

Referindo-se ao clima, conforme classificação de Wladimir Koeppen é o tipo Cfa (clima subtropical úmido, com verões quentes e ocorrência de até 3 geadas anuais) (MAACK, 2002). Existe tendência de concentração das chuvas durante os meses de verão, mas sem uma estação seca definida.

A vegetação nativa que existia no município é a Floresta Estacional Semidecidual. Atualmente estas aparecem em reservas legais averbadas e ao longo das drenagens compondo a mata ciliar. Na maioria das vezes, estas áreas de mata estão localizadas isoladamente nas propriedades agrícolas, com poucas espécies características da floresta nativa, como por exemplo, a peroba, ipê, canafistula, palmito, entre outras. No geral, são formadas por matas secundárias, originárias de reflorestamento (MAGALHÃES, 2008).

A rede hidrográfica no município de Marechal Cândido Rondon drena exclusivamente em direção ao Rio Paraná, com convergência dos canais principais no sentido para oeste. Apresenta-se com um grande número de córregos e rios em que predomina o padrão de drenagem dendrítico subparalelo (IAPAR, 1994).

3 METODOLOGIA

Para a realização do presente trabalho, foram necessárias as seguintes etapas:

Primeiramente realizou-se o levantamento e o mapeamento de dados referentes aos tipos de solos e cobertura superficial do terreno, uma vez que, o método de SCS utiliza-se da técnica de

quantificação de áreas impermeáveis e da representação das características do uso e ocupação do solo.

A delimitação da bacia hidrográfica foi realizada com o auxílio da carta topográfica: Folha de Marechal Cândido Rondon SG.21-X-B-VI-2 (MI – 2816/2) escala 1:50.000 e do software Global Mapper (12). Posteriormente, o mapa de uso e ocupação do solo foi confeccionado a partir da interpretação de fotografias aéreas do ano de 2013, fornecidas pelo sistema Google Earth e georreferenciadas e classificadas manualmente pelo software Global Mapper (12) e ARCGis 9.3 (2009).

Os diferentes tipos de uso do solo presentes nas bacias hidrográficas urbanas de Marechal Cândido Rondon, foram classificadas de acordo com as categorias mais expressivas definidas pela metodologia SCS (1986) e de acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013). Estes que ficaram divididos em: área comercial, área industrial, áreas residenciais consolidadas, áreas residenciais em expansão, cultura permanente, cultura temporária, campo aberto ou pastagens, estradas e rodovias, parques, sedes de propriedades agrícolas e vegetação (mata ciliar + reserva legal). As classes de uso e cobertura foram identificadas, espacializadas, caracterizadas e quantificadas. Os dados referentes às classes de solo para a Bacia do Córrego Matilde Cuê foram extraídos do mapa de solos confeccionado por Bade (2011).

Segundo Porto (1995) para a aplicação do método SCS a primeira etapa é a escolha de saturação do solo de acordo com as seguintes condições de umidade antecedente do solo:

- CONDIÇÃO I: solos secos – as chuvas, nos últimos cinco dias, não ultrapassaram 15 mm;
- CONDIÇÃO II: situação média na época das cheias – as chuvas, nos últimos cinco dias, totalizaram de 15 a 40 mm;
- CONDIÇÃO III: solo úmido (próximo a saturação) – as chuvas, nos últimos cinco dias, foram superiores a 40 mm, e as condições meteorológicas foram desfavoráveis a altas taxas de evaporação.

Segundo SCS (1973), o método SCS distingue quatro grupos hidrológicos de solos, de acordo com as características hidrológicas dos Estados Unidos da América. No entanto, não abarca os diferentes tipos de solos brasileiros e suas respectivas características. Dessa forma, visando melhorar a aplicabilidade desse método, Sartori et al. (2005a) propuseram a classificação para os

solos brasileiros (Tabela 2), a qual foi utilizada para o presente trabalho. Sendo retirados alguns itens que não se encaixam nos solos da região Oeste do Paraná.

Posteriormente a classificação de cada de grupo hidrológico de acordo com os diferentes usos, foi definido o valor do CN em função de sua cobertura de acordo com a Tabela 3 (PORTO, 1995).

Tabela 1 - Classificação hidrológica de solos para as condições brasileiras.

Continua...

Grupo Hidrológico A
- Solos muito profundos (prof. > 200 cm) ou profundos (100 a 200 cm); - Solos com alta taxa de infiltração e com alto grau de resistência e tolerância à erosão; - Solos porosos com baixo gradiente textural (<1,20); - Solos de textura média; - Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione alta macroporosidade em todo perfil; - Solos bem drenados ou excessivamente drenados; - Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1; - A textura dos horizontes superficial e subsuperficial podem ser: média/média, argilosa/argilosa e muito argilosa/muito argilosa. Enquadram-se neste grupo: LATOSSOLO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO, ambos com textura argilosa ou muito argilosa e com alta macroporosidade. LATOSSOLO AMARELO E LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos com textura média, mas com horizonte superficial não arenoso.
Grupo Hidrológico B
- Solos profundos (100 a 200 cm); - Solos com moderada taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância a erosão; - Solos porosos com gradiente textural variando entre 1,20 e 1,50; - Solos com textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione boa macroporosidade em todo perfil; - Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1; - A textura dos horizontes superficial ou subsuperficial podem ser: arenosa/arenosa, arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa e argilosa/muito argilosa. Enquadram-se neste grupo: AMARELO E LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSO VERMELHO; NEOSSOLO QUARTIZARÊNICO; ARGISSOLO VERMELHO OU VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.

Tabela 1 - Classificação hidrológica de solos para as condições brasileiras.**Conclusão.**

Grupo Hidrológico C	
- Solos profundos (100 a 200 cm) ou pouco profundos (50 a 100 cm); - Solos com baixa taxa de infiltração e baixa resistência e tolerância à erosão; - São solos com gradiente textural maior que 1,50 e comumente apresentam mudança textural abrupta; - Solos associados à argila de atividade baixa (Tb); - A textura nos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: arenosa/média e média/argilosa apresentando mudança textural abrupta, arenosa/argilosa e arenosa/muito argilosa.	
Enquadram-se neste grupo: ARGISSOLO pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO AMARELO E ARGISSOLO AMARELO, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; CAMBISSOLO de textura média e CAMBISSOLO HÚMICO, mas com características físicas semelhantes aos LATOSSOLOS (latossólico); ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO; NEOSSOLO FLÚVICO.	
Grupo Hidrológico D	
- Solos com taxa de infiltração muito baixa oferecendo pouquíssima resistência e tolerância a erosão; - Solos rasos (prof. < 50 cm); - Solos pouco profundos, associados à mudança textural abrupta ou solos profundos apresentando mudança textural abrupta aliada à argila de alta atividade (Ta), minerais de argila 2:1; - Solos argilosos associados à argila de atividade alta (Ta); - Solos orgânicos.	
Enquadram-se neste grupo: NEOSSOLO LITÓLICO; ORGANOSSOLO; GLEISSOLO; CHERNOSSOLO; PLANOSSOLO; VERTISSOLO; ALISSOLO; LUVISSOLO; PLITOSSOLO; SOLOS DE MANGUE; AFLORAMENTOS DE ROCHA; demais CAMBISSOLOS que não se enquadram no grupo C; CAMBISSOLO; ARGISSOLO VERMELHO AMARELO E ARGISSOLO AMARELO, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.	

Fonte: adaptado de Sartori et al. (2005a).

Tabela 2 - Valores de CN em função de cobertura e do tipo hidrológico de solo (condição II de umidade).**Continua...**

Tipo de uso do solo / tratamento / condições hidrológicas		Grupo hidrológico			
		A	B	C	D
Uso residencial:					
Tamanho médio do lote	% Impermeável				
Até 500 m ²	65	77	85	90	92
1000 m ²	38	61	75	83	87
1500 m ²	30	57	72	81	86
Estacionamentos pavimentados, telhados		98	98	98	98
Ruas e estradas:					
pavimentadas, com guias e drenagem		98	98	98	98
com cascalho		76	85	89	91
de terra		72	82	87	89

Tabela 2 - Valores de CN em função de cobertura e do tipo hidrológico de solo (condição II de umidade).

		Conclusão.			
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)		89	92	94	93
Tipo de uso do solo / tratamento / condições hidrológicas		Grupo hidrológico			
		A	B	C	D
Distritos industriais		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
Culturas em fileira:					
Linha reta	Condições ruins	72	81	88	91
	Boas	67	78	85	89
Curva de nível	Condições ruins	70	79	84	88
	Boas	65	75	82	86
Cultura de grãos:					
Linha reta	Condições ruins	65	76	84	88
	Boas	63	75	83	87
Curva de nível	Condições ruins	63	74	82	85
	Boas	61	73	81	84
Pasto					
Linha reta	Condições ruins	68	79	86	89
	Médias	49	69	79	84
	Boas	39	61	74	80
Curva de nível	Condições ruins	47	67	81	88
	Médias	25	59	75	83
	Boas	06	35	70	79
Campos	Condições boas	30	58	71	78
Florestas	Condições ruins	45	66	77	83
	Boas	36	60	73	79
	Médias	25	55	70	77

Fonte: Porto (1995).

A aplicação do método SCS pode ser feita a partir do uso da tabela 3 que leva em conta os tipos de ocupação do solo. No entanto, a utilização dessa tabela é de áreas urbanas, assim, como as bacias em estudos são de diversos tipos de uso e ocupação, o valor do CN será obtido pela média ponderada dos diversos CN's, técnica utilizada para bacias com diferentes condições de uso e ocupação (Equação 1).

$$CN = \frac{A_x.CN_x + A_y.CN_y + A_z.CN \dots}{A_{total}} \quad (1)$$

Em que:

$A_x (y,z)$ = área em km^2 de cada tipo de uso do solo;

$CN_x (y,z)$ = valor do CN, obtido com base na Tabela 5;

A_{total} = área da bacia hidrográfica (Km^2).

Uma vez definido o valor da CN, temos a representação do S conforme Equação 2:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

O potencial máximo de retenção (S) depende do tipo de solo e da ocupação do solo e é calculado e função de um parâmetro único, o número de curva (CN), que de acordo com que de acordo com Tassi et al. (2006), são valores tabelados e podem ser encontrados em manuais e livros de Hidrologia.

A equação para determinação da chuva excedente pelo método SCS é (SARTORI et al., 2005a; PORTO, 1995; e SCS, 1986):

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \text{ para } P \geq 0,2S \quad (3)$$

Em que:

Q = chuva excedente gerada pelo escoamento superficial direto em mm;

P = precipitação em mm;

S = retenção potencial do solo em mm.

Para o cálculo da chuva excedente é necessário conhecer a precipitação e fazer a sua distribuição ao longo do tempo. Esses dados de distribuição da precipitação ao longo do tempo e da precipitação a partir de curvas de intensidade – duração – frequência (Ver Quadro 1 e 2) foram utilizados de acordo com o banco de dados criado e fornecido por Arndt et al. (2008).

Em seguida, adotou-se o procedimento utilizado por SCS (1972) para a obtenção da vazão de pico. A vazão de pico foi estimada a partir do parâmetro do hidrograma unitário sintético, que

consiste na transformação do escoamento superficial direto em vazão de pico (q_p) de acordo com um determinado tempo (t). O hidrograma unitário utilizado pelo SCS (1972) foi desenvolvido por Mockus (1957 apud SCS, 1972). É derivado de um grande número de hidrogramas de bacias de drenagem variando muito em tamanho e localizações geográficas.

DURAÇÃO (h)	PERÍODO DE RETORNO (ANUAL)							
	2		5		10		15	
	h^* (mm)	$i^* =$ mm/h	h (mm)	$i =$ mm/h	h (mm)	$i =$ mm/h	h (mm)	$i =$ mm/h
0,08	11,6	138,7	14,6	175,6	16,7	200,0	17,8	213,8
0,17	18,4	110,1	23,2	139,4	26,5	158,8	28,3	169,8
0,25	23,8	95,2	30,1	120,5	34,3	137,3	36,7	146,7
0,33	27,5	82,6	34,9	104,6	39,7	119,1	42,4	127,3
0,42	30,9	74,2	39,2	94,0	44,6	107,1	47,7	114,4
0,5	34,0	68,0	43,0	86,1	49,0	98,0	52,4	104,8
1	45,9	45,9	58,2	58,2	66,2	66,2	70,8	70,8
6	78,8	13,1	99,7	16,6	113,6	18,9	121,4	20,2
8	85,3	10,7	108,0	13,5	123,0	15,4	131,5	16,4
10	89,7	9,0	113,5	11,4	129,3	12,9	138,2	13,8
12	93,0	7,7	117,7	9,8	134,1	11,2	143,3	11,9
24	109,4	4,6	138,5	5,8	157,7	6,6	168,6	7,0

* h = Precipitação acumulada (mm).

* i = Intensidade pluviométrica (mm/h).

Quadro 1. Período de retorno anual.

Fonte: Arndt et al (2008).

DURAÇÃO (h)	PERÍODO DE RETORNO (ANUAL)					
	25		50		10	
	h (mm)	$i =$ mm/h	h (mm)	$i =$ mm/h	h (mm)	$i =$ mm/h
0,08	19,2	230,9	21,1	253,8	23,0	276,5
0,17	30,6	183,3	33,6	201,5	36,6	219,6
0,25	39,6	158,4	43,5	174,1	47,4	189,7
0,33	45,8	137,5	50,4	151,1	54,9	164,7
0,42	51,5	123,6	56,6	135,8	61,7	148,0
0,5	56,6	113,2	62,2	124,4	67,8	135,5
1	76,5	76,5	84,0	84,0	91,6	91,6
6	131,1	21,8	144,1	24,0	157,0	26,2
8	142,0	17,8	156,1	19,5	170,1	21,3
10	149,3	14,9	164,1	16,4	178,8	17,9
12	154,8	12,9	170,1	14,2	185,3	15,4
24	182,1	7,6	200,1	8,3	218,0	9,1

Quadro 2 - Período de retorno anual.

Fonte: Arndt et al (2008).

Dessa forma, uma vez definido a chuva excedente (Q) utiliza-se da equação 4 para a determinação da vazão de pico:

$$q_p = 0.208 \frac{A Q}{T_p} \quad (4)$$

Em que:

A = área da bacia (km²);

Q = Chuva excedente (mm);

q_p = vazão de pico (m³/s);

T_p = tempo de pico (h).

O tempo de pico é obtido através da equação 5, e o mesmo representa o tempo que a vazão atinge o seu tempo máximo.

$$T_p = 0,7 T_c \quad (5)$$

Em que:

T_c = tempo de concentração (min).

Para obter o T_c utilizou-se a equação de Kirpich (1940):

$$T_c = 0,02 L^{0,77} S^{-0,385} \quad (6)$$

Em que:

T_c = tempo de concentração (min);

L = comprimento do curso d'água, medido desde a seção de projeto até o ponto mais afastado da bacia de drenagem (m);

S = declividade média do curso d'água.

A declividade média é um valor obtido a partir da amplitude altimétrica da bacia hidrográfica pelo comprimento do curso d'água (Equação 7):

$$S = \frac{\Delta H}{L} \quad (7)$$

Em que:

H: variação da cota entre os dois pontos extremos;

L: comprimento em linha reta do rio principal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO MATILDE CUÊ, MARECHAL CÂNDIDO RONDON (PR).

O mapeamento a partir das imagens de satélite da respectiva bacia permite realizar a análise e localizar as áreas dos seus diferentes usos e ocupações do solo, assim como, sua cobertura vegetal. A partir da metodologia apresentada, foram mapeadas as classes mais significativas do uso do solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Matilde Cuê (Figura 2).

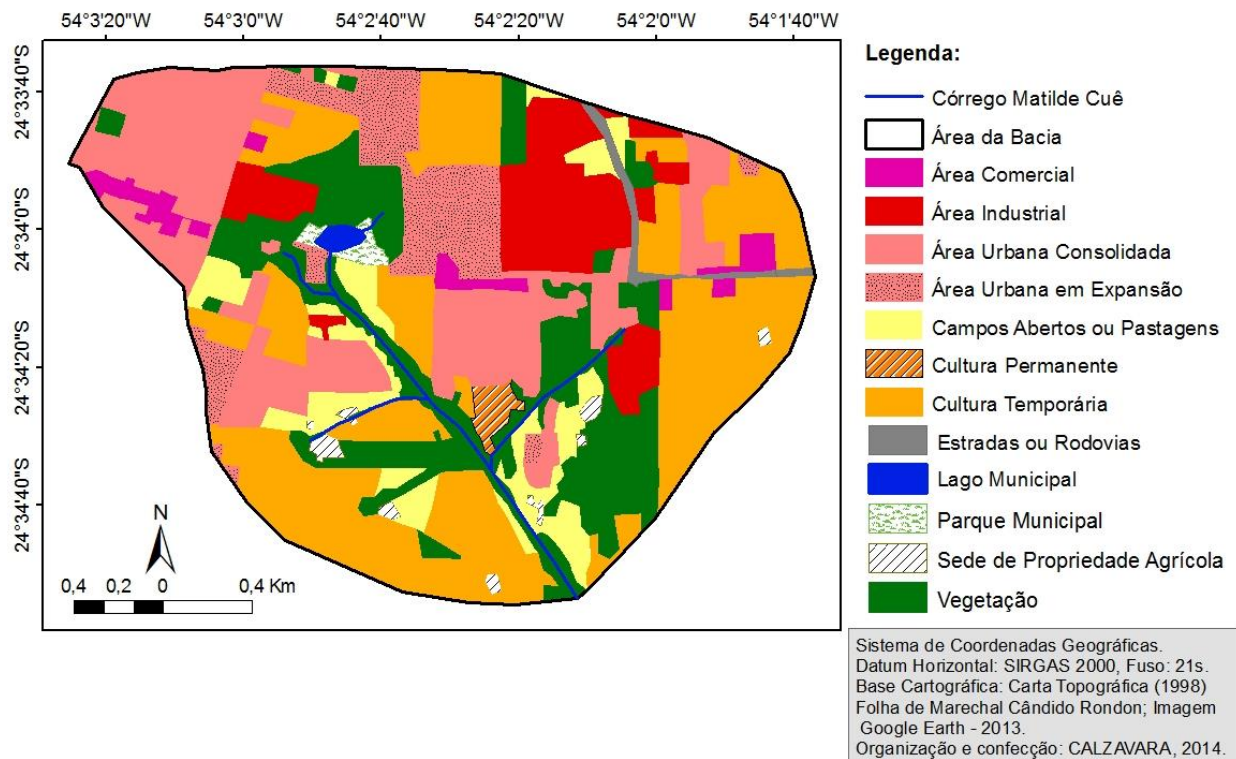


Figura 2: Uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Matilde Cuê para o ano de 2013.

O córrego Matilde cuê desemboca no Arroio Fundo, compreende uma área de 5,175 km² e constitui uma bacia de 2ª ordem na classificação de Strahler. Aproximadamente 39 % da área da bacia é ocupada pelas áreas industrial e urbana e 29 % pelas culturas temporárias (Tabela 3 e figura 2).

Tabela 3 - Categorias do uso do solo e suas respectivas áreas de abrangências do Córrego Matilde Cuê, Marechal Cândido Rondon - PR.

Uso do solo	Área	
	Km ²	%
Área comercial	0,118	2,28
Área industrial	0,471	9,10
Área urbana consolidada	1,025	19,81
Área urbana em expansão	0,422	8,15
Campos abertos e pastagens	0,375	7,25
Cultura permanente	0,038	0,73
Cultura temporária	1,520	29,37
Estradas e rodovias	0,051	0,99
Parques	0,046	0,89
Sede de propriedades agrícolas	0,149	2,88
Vegetação	0,960	18,55
Total	5,175	100

Fonte: Elaborado pela autora.

As áreas urbanizadas concentram-se ao norte e centro da bacia, associadas às áreas topograficamente mais altas e planas e no setor sul, encontra-se as áreas rurais voltadas ao cultivo temporário. A maior parte do parque industrial está instalada em áreas distantes dos cursos d'água e nascentes (Figura 3). Entretanto, a usina de beneficiamento Sperafico, ao sul da bacia, tem suas instalações próximas aos cursos d'água. A indústria Agrícola Horizonte localiza-se próxima aos pontos de captação do Serviço Autônomo de água e Esgoto (SAAE) e do Parque Ecológico Rodolfo Rieger (Lago artificial e pequena área de lazer e esportes).

A área urbana consolidada encontra-se, em maior proporção, no setor noroeste da bacia. Cabe alertar que a expansão dessa área para as cabeceiras de drenagem podem comprometer a qualidade da água e a preservação das reservas legais e matas ciliares. Essa área em expansão representa uma das áreas com maior potencial de crescimento, tanto pela localização do Parque Ecológico, como sua topografia plana.

A expansão urbana, na direção das cabeceiras e das nascentes do córrego pode comprometer os recursos naturais (reserva legal, mananciais e matas ciliares). Nesses setores são

encontrados solos rasos, como os Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólicos, considerados inadequados para esse tipo de ocupação, conforme ressalta Bade (2011).

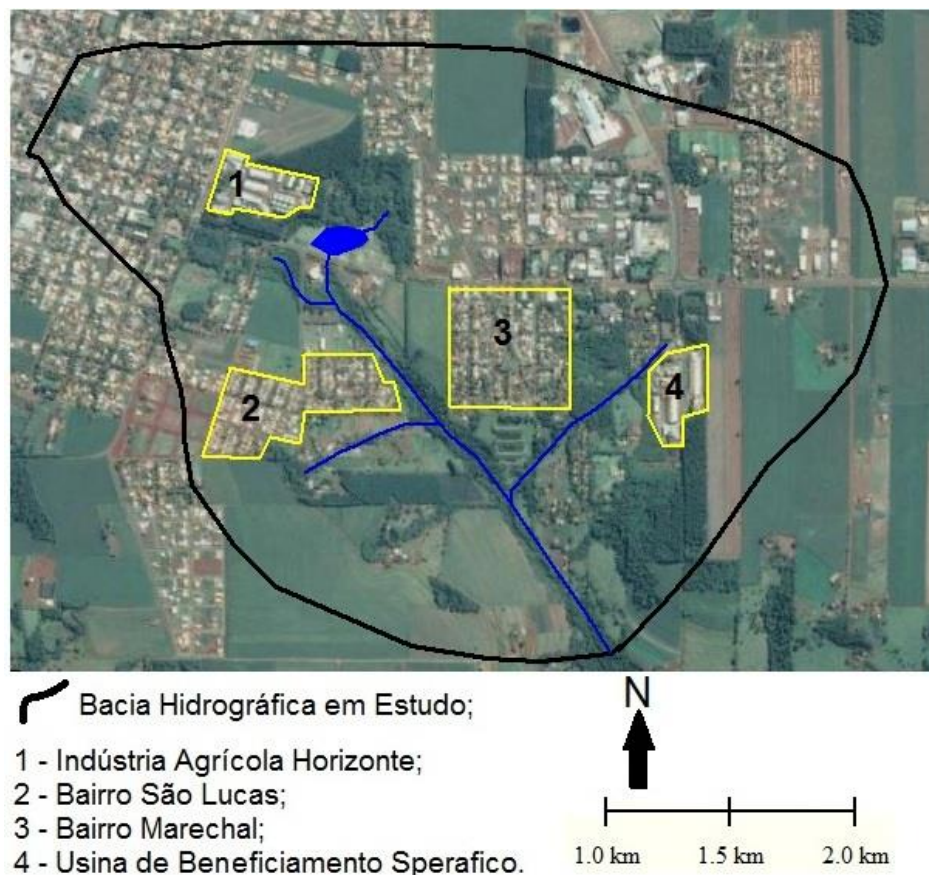


Figura 3: Localização das indústrias e bairros na Bacia do Córrego Matilde Cuê.

Fonte: Elaborado pela autora.

Bade (2011) afirma que nos bairros Marechal e São Lucas (Figura 3) evidenciou-se processos erosivos (sulcos e ravinas) originários tanto do elevado grau de declividade, quanto pelo resultado do escoamento superficial, oriundo das águas pluviais.

As culturas permanentes e temporárias situam-se no setor sul e leste da bacia, onde predominam solos do tipo Latossolos Vermelhos e Nitossolos Vermelhos. As pastagens estão situadas principalmente nos fundos de vale e por muitas vezes, chegando bem próximas as áreas de vegetação (mata ciliar). Essa prática ocorre devido ao fato de que são áreas com declividade acentuada e solos rasos. A área correspondente à vegetação (reserva legal e mata ciliar) ocupa um total de 18,55% da área da bacia.

As matas ciliares estão localizadas nos fundos de vale e próximos à rede de drenagem, em sua maioria. Essas áreas encontram-se parcialmente conservadas, abaixo do recomendado pelo Código Florestal. Atualmente, a vegetação natural é encontrada em áreas isoladas nos segmentos de alta vertente e topos de solos rasos. Algumas reservas legais são formadas por matas secundárias originárias de reflorestamento, como é o caso da prática de silvicultura (cultura de eucaliptos e de pinos). A redução da vegetação nativa se deve principalmente à introdução das atividades econômicas.

No que diz respeito aos tipos de solos, a Bacia Hidrográfica do Córrego Matilde Cuê dota-se de diversos tipos de solos característicos da região. De acordo com Bade (2011), essa bacia apresenta as seguintes classes de solos: Latossolos Vermelhos, Nitossolos Vermelhos, Neossolos Regolíticos, Neossolos Litólicos e Cambissolos Flúvicos (Vide figura 4). Os Latossolos Vermelhos ocupam a maior parte da área da bacia (54,3 %), associados aos setores de alta e média vertente. Os Nitossolos Vermelhos estão a partir da média baixa vertente e no setor oeste da rede de drenagem se estendem até os fundos de vale. Os Neossolos e/ou Cambissolos, de modo geral, situam-se em setores de média-baixa vertente e fundos de vale.

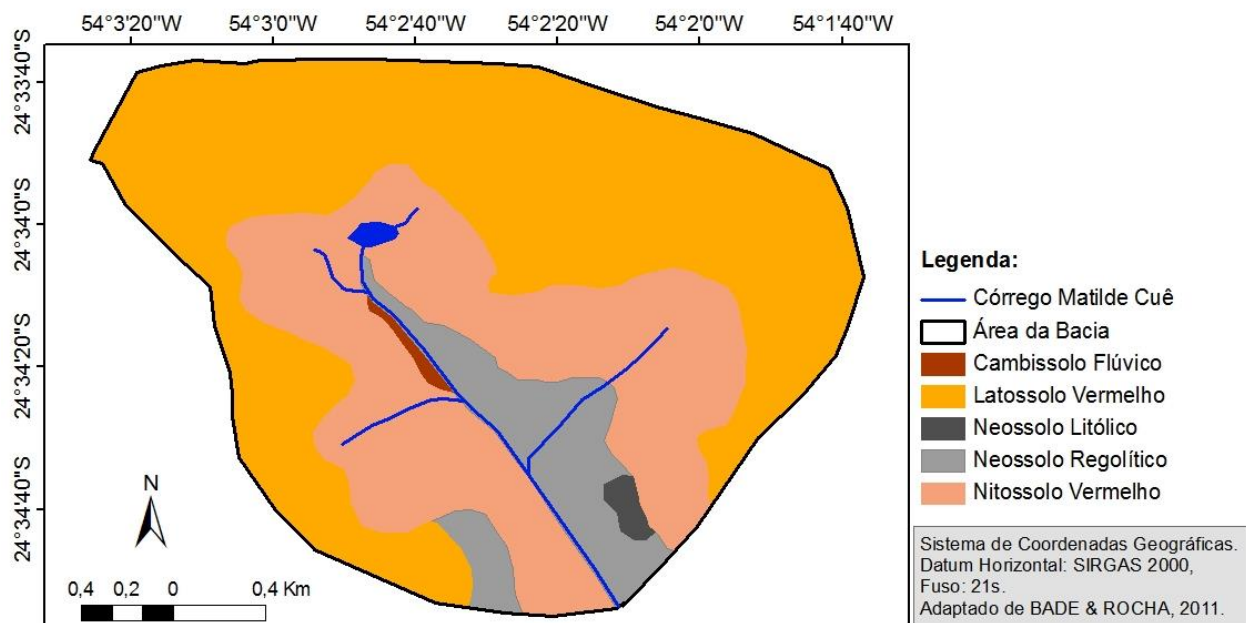


Figura 4: Mapa de solos da Bacia Hidrográfica do Córrego Matilde Cuê.

Posteriormente conhecendo a área de cada classe de uso do solo presente na bacia, foi aplicada a Equação 1 para obter o CN representativo para toda a área da bacia (Tabela 4).

Definindo, para a ocupação do ano de 2013 da bacia, o valor CN de 70,57 (condição II de umidade antecedente).

Na tabela 4 são expostos os valores referentes as classes de solos representativas de cada uso, a área de acordo com cada uso, o CN médio dos respectivos e o CN médio da bacia.

Tabela 4 - Número de Curva médio para as categorias de uso do solo e o CN representativo para a Bacia Hidrográfica do Córrego Matilde Cuê.

Uso do solo	% de solo	Grupo Hidrológico	Área (Km ²)	CN	CN médio por área
Área Comercial	84	A	0,099	89	8,81
	16	B	0,019	92	1,75
Área Industrial	87	A	0,408	81	33,05
	13	B	0,063	88	5,54
Área residencial consolidada	78	A	0,801	77	61,68
	16	B	0,164	85	13,94
	6	D	0,060	92	5,52
Área residencial em expansão	84	A	0,354	57	20,18
	16	B	0,068	72	4,89
Cultura permanente	100	B	0,038	65	2,47
Cultura temporária	67	A	1,013	61	61,79
	33	D	0,507	84	42,58
Campos abertos e pastagens	18	A	0,069	49	3,38
	48	B	0,178	69	12,28
	36	D	0,128	84	10,75
Estradas e rodovias	90	A	0,046	98	4,51
	10	B	0,005	98	0,49
Parques	100	B	0,051	61	3,11
Sede de propriedades agrícolas	3	A	0,004	57	0,23
	94	B	0,141	72	10,15
	3	D	0,004	86	0,34
Vegetação	17	A	0,163	36	5,87
	61	B	0,583	60	34,98
	22	D	0,214	79	16,91
Total			5,175		365,2
CN Médio: 70,57					

Fonte: Elaborado pela autora.

Dessa forma, de acordo com SCS (1973) o CN é adimensional e pode variar de 0 a 100, indicando a altura de escoamento, ou seja, quanto menor o CN, menor o escoamento superficial e

maior a infiltração no solo. Quanto maior ou mais próximo de 100, maior será o escoamento superficial e menor a infiltração, a bacia esta impermeabilizada.

A partir da obtenção do CN, calculou-se vários dados (Tabela 5) necessários para a obtenção da vazão de pico.

A partir dos dados que representam as condições hidrológicas fornecidos por Arndt et al. (2008), foi possível calcular a precipitação excedente (Q, mm) (Equação 3), e a vazão de pico decorrente dessa precipitação (Qp) (Equação 4) para as precipitações de cada período de retorno estipulado para o ano de 2013 (Figura 5).

Tabela 5 - Dados básicos da bacia hidrográfica do córrego Matilde Cuê.

Área (km ²)	CN	S	0,2.S (mm)	D (m/m)	Tp (h)	Tc (h)
5,175	70,57	105,93	21,18	0,02878	0,4815	0,337

Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 8 mostra o comportamento da vazão de pico, na condição normal de umidade do solo (NII), nos diferentes tempos de recorrência para o ano de 2013.

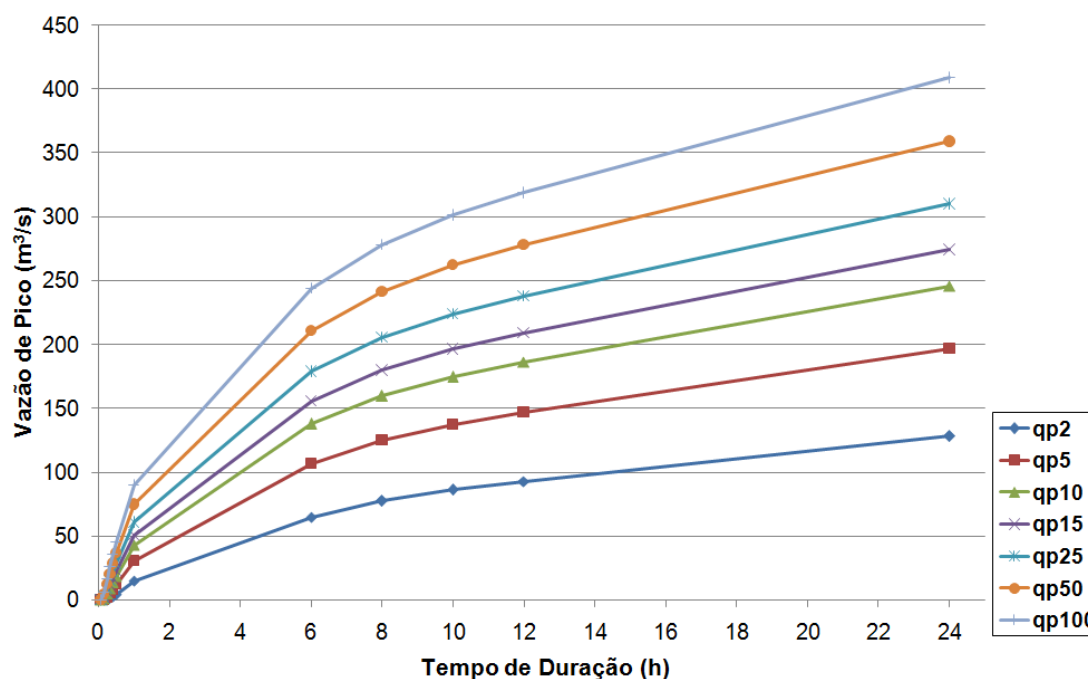


Figura 5: Comportamento da vazão de pico para a bacia hidrográfica do córrego Matilde Cuê.

Fonte: Elaborado pela autora.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos pautados na escala da bacia hidrográfica têm permitido uma análise simultânea de fatores econômicos, sociais e ambientais, ao mesmo tempo em que subsidiam a possibilidade de planejamento e administração do uso correto e ordenado de seus recursos naturais, como solo, água e vegetação. Em que, a análise do uso e ocupação destaca-se como um fator primordial na avaliação ambiental, que não pode ser realizada apenas do ponto de vista físico, uma vez que deve ser entendida de forma integrada, considerando-se a relação existente entre a degradação natural e as formas de uso e ocupação pela sociedade.

6 REFERÊNCIAS

ARNDT, M.A; GOMES, B.M; FERNANDEZ, O.V. Q. **Avaliação do Escoamento Superficial em uma Bacia Hidrográfica com Ocupação Mista: Córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon (PR).** Anais do Seminário Científico de Sistemas Agroindustriais Sustentáveis. PGEAGRI. Unioeste – Campus de Cascavel. 2008.

ARNDT, M.A. **Uso e ocupação do solo e Escoamento Superficial na Bacia Hidrográfica do córrego Cascavel. 2009.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel- PR, 2009.

BADE, M.R. **Mapeamento da fragilidade potencial na Bacia Hidrográfica do Córrego Matilde Cuê, Marechal Cândido Rondon – Pr.** 2011. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2011.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos.** Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos/ serviço de Produção e Informação, 2006. 306p.

IAPAR - FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná,** Londrina: IAPAR, 1994. 49p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2013.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 de julho de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de uso da terra**. Manual técnico de geociências. Nº7. 2ed. Divisão de Geociências. Rio de Janeiro, 2006. 171p.

JABUR, A.S. **Estudo Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Ligeiro, Pato Branco, PR**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba- PR, 2010.

KIRPICH, Z.P. **Time of concentration of small agricultural watersheds**. Civil Engineering, IO, 6, pp. 362. 1940.

LEITE, E.F. & ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. OBSERVATORIUM: **Revista Eletrônica de Geografia**, v.4, n.12, dez. p. 90-106. 2012.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; GALETI, P. A.; BERTOLINI, D.; LEPSCH, I.F.; OLIVEIRA, J.B. Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. **Simpósio sobre terraceamento agrícola**. Campinas, Fundação Cargill. p. 99-124. 1989.

MAACK, Reinhard. *Geografia física do Estado do Paraná*. 3 Ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002. 440p.

MAGALHÃES, V.L. **Os sistemas pedológicos e paisagem na bacia da Sanga Clara Marechal Cândido Rondon-PR**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 2008.

MARECHAL CÂNDIDO RONDON. **Plano diretor**. Disponível em: <HTTP: www.mcr.pr.gov.br> Acesso em 02 de abril de 2014.

MATA-LIMA, H.; VARGAS, H.; CARVALHO, J.; GONÇALVES, M.; CAETANO, H.; MARQUES, A.; RAMINHOS, C. Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. **Revista de Engenharia de Minas – REM**, Ouro Preto, n. 60, p. 525-536, jul./set.2007.

MINEROPAR – MINERAIS DO PARANÁ S.A. **Projeto Riquezas Minerais – Avaliação do Potencial Mineral e Consultoria Técnica no Município de Marechal Cândido Rondon**. Relatório Final, 2001.

MORESCO, M.D. **Estudo de paisagem no município de Marechal Cândido Rondon - PR.** 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, 2007.

PFLUCK, L.D. **Mapeamento geo-ambiental e planejamento urbano: Marechal Cândido Rondon-PR / 1950-1997.** Cascavel, PR: Edunioeste, 2002. 128p.

PORTO, R.L.L. Escoamento superficial direto. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: ABRH, Vol. 5, p.107-162. 1995.

ROSA, R. & BRITO, J.L.S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica.** Uberlândia, 1996.

ROSA, Roberto. **A utilização de imagens TM/Landsat em levantamento de uso de solo.** In: VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE: São José do Rio Preto, p. 419-425. 1990.

ROSA, Roberto. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** 6 ed. Uberlândia: EDUFU, 2007.

SARTORI, A. **Avaliação da Classificação Hidrológica do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, 2004.

SARTORI, A.M.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A.M. **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. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p.05-18, out/dez 2005a.

SARTORI, A.; GENOVEZ, A M.; LOMBARDI NETO, F. **Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos.** Parte 2: Aplicação. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 19-29, out/dez 2005b.

SCS (Soil Conservation Service). **National engineering handbook**, Section 4, Hydrology. Department of Agriculture, Washington, 762 p. 1972.

SCS (Soil Conservation Service). **A Method for Estimating Volume and Rate of Runoff in Small Watersheds**. Technical Paper: SCS-TP-149. Revisado em Abril de 1973. Disponível em: <<ftp://ftp.wcc.nrcs.usda.gov/wntsc/H&H/TRsTPs/TP149.pdf>> Acesso em: 10 de Março de 2014.

SCS (Soil Conservation Service). **Urban hydrology for small watersheds**. Technical Release 55. Washington, DC. US: Departamento of Agriculture Soil Conservation Service, 1986.

SETZER, J.; PORTO, R. L. L. Tentativa de avaliação do escoamento superficial de acordo com o solo e seu recobrimento vegetal nas condições do Estado de São Paulo. **Boletim Técnico DAAE**, São Paulo, SP, v. 2, n. 2, p. 81 – 103, Maio/Ago. 1979.

TASSI, R.; ALLASIA, D. G.; MELLER, A.; MIRANDA, T. C.; HOLZ, J.; SILVEIRA, A. L. L.. **Determinação do Parâmetro CN para Sub-bacias Urbanas do Arroio Dilúvio – Porto Alegre/RS**. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, Curitiba. 2006. Disponível em: <<http://www.rhama.net/download/artigos/artigo46.pdf>> Acesso em: 22 de abril de 2014.