



FACULDADE DE IPORÁ – FAI
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIAS
BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL

**GABRIEL HENRIQUE BALDUINO DA SILVA, SANTIAGO FRADE DE
SOUZA, VALDENIR DE ALMEIDA BARROS**

**ANÁLISE DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA
MICROBACIA DO CÓRREGO JATOBÁ, LOCALIZADA NA CIDADE DE
PIRANHAS, GOIÁS**

IPORÁ-GO
JUNHO DE 2022



FACULDADE DE IPORÁ – FAI
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIAS
BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL

**GABRIEL HENRIQUE BALDUINO DA SILVA, SANTIAGO FRADE DE
SOUZA, VALDENIR DE ALMEIDA BARROS**

**ANÁLISE DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA
MICROBACIA DO CÓRREGO JATOBÁ, LOCALIZADA NA CIDADE DE
PIRANHAS, GOIÁS**

Projeto de conclusão de curso apresentado à
Faculdade de Iporá, como exigência parcial
para a conclusão do curso de Engenharia
Civil.

Orientador: Prof. Me. Rafael Gomes Pereira

IPORÁ-GO
JUNHO DE 2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus pelo entendimento, discernimento e sabedoria para a realização deste trabalho. Sem ele nada, em hipótese alguma, teria sido feito e realizado.

Em seguida, gostaria de agradecer ao nosso orientador Rafael Gomes Pereira, na qual nos guiou e orientou ao caminho certo e eficaz quanto ao nosso trabalho.

Gostaria de agradecer também a FAI – Faculdade de Iporá pela oportunidade que nos deu ao proporcionar o suporte e dedicação para a realização de nossos cursos.

Logo após, aos nossos familiares e amigos pelo apoio e torcida para nosso melhor desempenho em meio a todo o trabalho.

Também estendo os agradecimentos a nossa banca avaliadora, Wender Vitor Martins dos Santos e Santiago Soares da Silva na qual aceitaram nosso pedido para a participação do mesmo.

Por fim, mais não menos importante, também gostaria de agradecer ao professor Jefferson E. S. Miranda e Marcela Christofoli por todo o ensinamento passado através das atividades integradoras.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

MAPA 01.....	12
MAPA 02.....	19
FOTO 01.....	20
FOTO 02.....	21

LISTA DE TABELAS

TABELA 01.....	15
TABELA 02.....	15

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1	16
EQUAÇÃO 2.....	17
EQUAÇÃO 3.....	22
EQUAÇÃO 4.....	24

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	9
2 - METODOLOGIA.....	11
2.1 - Área de estudo	11
2.2 - Etapas da pesquisa	13
2.3 – Métodos utilizados	13
2.4 - Coleta e análise dos dados.....	14
2.5 - Coeficiente de escoamento e método racional	16
2.6 - Cálculo de coeficiente utilizando a estimativa (CURB).....	16
2.7 - Cálculo de coeficiente utilizando a estimativa (CDET)	17
2.8 - Levantamento dos dados	17
3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
3.1 - Córrego Jatobá	18
3.2 - Cálculo usando a estimativa em (CURB).....	22
3.3 - Cálculo usando a estimativa em (CDET)	24
3.4 - Resultados finais	26
3.5 - Valor adquiridos usando a estimativa CURB.....	27
3.6 - Valor adquiridos usando a estimativa CDET	27
4 - CONCLUSÃO.....	28
5 - REFERÊNCIAS.....	29

ANÁLISE DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA MICROBACIA DO CÓRREGO JATOBÁ, LOCALIZADA NA CIDADE DE PIRANHAS, GOIÁS.

SILVA, Gabriel Henrique Balduino da¹

SOUZA, Santiago Frade de²

BARROS, Valdenir de Almeida³

PEREIRA, Rafael Gomes⁴

Resumo: Neste estudo, realizou-se o cálculo do coeficiente de escoamento superficial na microbacia do Córrego Jatobá, localizada na cidade de Piranhas, Goiás. Foi realizado o cálculo para a estimativa de C pelas características gerais de urbanização (Curb) e pelas características detalhadas da superfície (Cdet), ambos os modelos se encontram dentro dos parâmetros do método racional ao qual é conhecido como um método indireto. Os valores estimados para Cn correspondem a área A obtidos de tabelas, cujo os autores Villela e Mattos (1980) e Wilken (1978). Calculou-se o coeficiente de escoamento superficial de vazão da área acertada para o estudo e estimou-se os valores de C, 0,6443 e 0,5367 em relação ao local determinado, cada valor sendo respectivo ao seu modelo de estimativa, 0,6443 pela estimativa de urbanização (Curb) e 0,5367 pela estimativa de detalhamento da superfície (Cdet), além de serem relativos à sua área. Ademais, uma análise detalhada do tema que envolve o ciclo hidrológico e o manifesto do assunto de forma a especificar o tópico abordado, pontuando de maneira clara e objetiva todo o entendimento da temática, com levantamento de dados da região em pauta. Por fim, de forma acessível e direta os objetivos propostos, resultados obtidos e conclusões finais.

Palavras-chave: Água, Córrego Jatobá, Ciclo Hidrológico, Método Racional.

ANALYSIS OF THE SURFACE FLOW COEFFICIENT IN THE MICROBASIN OF CÓRREGO JATOBÁ, LOCATED IN THE CITY OF PIRANHAS, GOIÁS.

Abstract: In this study, the surface runoff coefficient was calculated in the Córrego Jatobá microbasin, located in the city of Piranhas, Goiás. The calculation for the estimation of C was performed by the general characteristics of urbanization (Curb) and by the detailed characteristics of the surface (Cdet), both models are within the parameters of the rational method which is known as an indirect method. The estimated values for Cn correspond to the area A obtained from tables, whose authors Villela and Mattos (1980) and Wilken (1978). The surface runoff coefficient of the flow of the area chosen for the study was calculated and the values of C, 0.6443 and 0.5763 were estimated in relation to the determined location, each value being respective to its estimation model, 0, 6443 for the urbanization estimate (Curb) and 0.5367 for the surface detail estimate (Cdet), in addition to being related to its area. In addition, a detailed analysis of the theme that involves the hydrological cycle and the manifest of the subject in order to specify the topic addressed, punctuating in a clear and objective way all the understanding of the theme, with data collection of the region in question. Finally, in an accessible and direct way the proposed objectives, results obtained and final conclusions.

Keywords: Water, Jatobá Stream, Hydrological Cycle, Rational Method.

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Iporá-FAI. gabrielhenriquebalduino@gmail.com

² Graduando do Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Iporá-FAI. santiagofradecpa@gmail.com

³ Graduando do Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Iporá-FAI. valdeniralmeidabarros@gmail.com

⁴ Orientador, Prof. Esp. da Faculdade de Iporá, Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Goiás. rafaelgomesr500@gmail.com.

1 - INTRODUÇÃO

O escoamento superficial corresponde a fase do ciclo hidrológico que se desloca na superfície terrestre por meio da gravidade e está relacionado às precipitações atmosféricas (GARCEZ; ALVAREZ, 1988). Tem por vez a funcionalidade de escoar superficialmente parte da precipitação que atinge o solo, onde em seu curso parte é retida em depressões do solo, sofrendo infiltração, evaporação ou sendo absorvida pela vegetação. O “restante” desse escoamento continua a seguir para rios, lagos e oceanos, governada pela gravidade.

Esse fenômeno ocorre em qualquer área ou região, basta que haja precipitações que venham a atingir determinada duração, sendo elas de classificação leve, média ou alta (classifica-se como leve, média ou alta o nível milimétrico que essa venha a atingir). Em aspecto de intensidade e veemência, tem-se que a denominação de precipitações intensas leva em consideração o conjunto de chuvas originadas de uma mesma perturbação meteorológica cuja intensidade ultrapasse um certo valor (chuva mínima) (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

Cidades grandes e não planejadas sofrem mais com questões ligadas a escoamento superficial, um exemplo é a cidade de São Paulo sendo uma metrópole de elevado grau de urbanização em seus espaços e nem tão bem planejada ao se tratar de sistemas de drenagem, águas pluviais, esgotos, etc. Tais problemas vêm a ser causados pela falta de planejamento quanto a parte de saneamento básico e são mais recorrentes em períodos chuvosos. Segundo Hirata et al (2013), alagamentos e inundações são fenômenos que costumam ocorrer no verão e acarretam diversas consequências para a população, tais como: transtornos e perdas materiais.

Porém, muitas vezes não somente depende de medidas de precauções tomadas pelas gestões atuais ou passadas. De acordo com Tucci e Bertoni (2003) muitos alagamentos ocorrem, não devido à falta de capacidade projetada do condutor hidráulico, mas por causa de obstruções provocadas por material sólido (lixos, plásticos, etc.) na rede de drenagem. Levando então a uma disparidade que interfere no funcionamento dos meios que combatem a escoação de forma desordenada por parte da ação humana.

A ocupação urbana resulta no desenvolvimento de áreas impermeáveis como telhados, calçadas, ruas e estacionamentos, que alteram as características quantitativas e qualitativas do ciclo hidrológico (ARAÚJO, 2000). Esse autor também nos traz que a

interferência nas redes de água pluvial possa ser provinda de vários meios, entre eles tem-se o descarte incorreto de lixos em locais que são devidamente impróprios, tais como: dutos, canais, galerias, ruas, lotes baldios e até mesmo no próprio curso d'água. Desta forma há um aumento da magnitude e frequência das cheias que também aumentam a produção de resíduos e uma queda na qualidade da água.

Antemão, Batista e Boldrin (2018) vem com a seguinte explicação sobre condições que podem levar a um imprevisto indesejável ao se tratar de escoamento: a curta duração de chuvas intensas em bacias urbanas faz com que o pico de escoamento superficial seja atingido mais rápido. Complementando a fala dos autores acima, Tucci e Bertoni (2003) indaga a vertente que, quando, em uma precipitação intensa, a quantidade de água que chega ao rio é superior à capacidade de drenagem da sua calha normal haverá inundação.

Outro ponto a se destacar é que a ocupação das partes próximas aos cursos d'água (partes baixas) combinadas com ocupações nas partes mais altas, faz com que a velocidade e o volume d'água sejam maiores, resultado obtido pela conversão e incidência de várias águas em uma área menor. Essa desproporção geométrica entre áreas receptoras muito menores e áreas produtoras maiores, aliados às chuvas fortes e concentradas faz com que a frequência dos alagamentos cresça com o passar dos anos (NUNES; ROSA, 2020).

Os problemas gerados pelas inundações dependem da ocupação às margens e da ocorrência de inundações (TUCCI; BERTONI, 2003). Esses autores ainda falam que os principais impactos causados por alagamentos e inundações são: perdas materiais e humanas; interrupção da atividade econômica das áreas inundadas; contaminação por doenças de veiculação hídrica como leptospirose e cólera; contaminação da água pela inundação de depósitos de material tóxico.

Em contrapartida, áreas vegetadas auxiliam na redução do escoamento superficial, enquanto locais pavimentados podem causar aumento no coeficiente de escoamento superficial. Nesse sentido, a cobertura vegetal, por meio das árvores, demonstra grande relevância ao se tratar da redução do volume de escoamentos, em relação ao pico de vazão, ocasionando aumento de atraso na ocorrência deste (ALVES; FORMIGA, 2019).

No entanto, as populações mais vulneráveis e menos preparadas sofrem mais com inundações e alagamentos e, por isso, o país deve se preparar para reduzir riscos futuros (FREITAS; XIMENES, 2012). Nesse sentido, este trabalho visa a importância

de estudar o uso e ocupação do solo, tendo em vista que a sua cobertura influenciará diretamente no escoamento superficial.

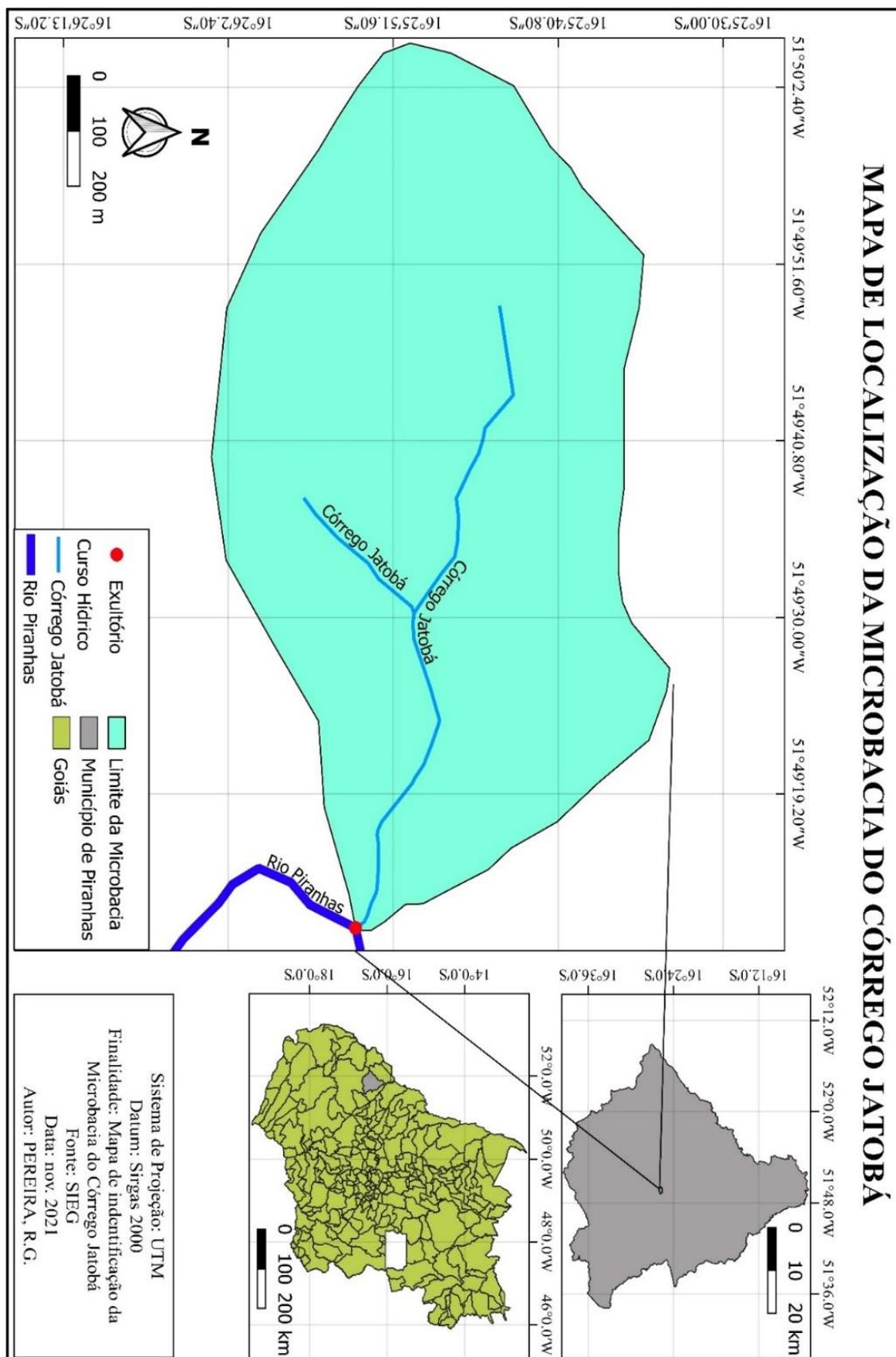
Não somente a cobertura influenciará, mas também tudo quanto tocar o solo em questão matéria, seja ela prima ou construída/inventada pelo homem, tais como plásticos, produtos de metais, aço e ferro, materiais de construção, etc. Todos os corpos que se encontram sobre a superfície podem ou não acarretar interferência no escoamento superficial de uma área ou região.

Por conseguinte, e com todos os parâmetros necessários como base, este estudo tem por objetivo mostrar e realçar a importância da análise do coeficiente de escoamento superficial em regiões urbanizadas. Analisando e levantando dados de determinadas áreas da cidade de Piranhas-GO como referência e exemplo, no intuito de conscientizar as pessoas a se voltarem a debates e discussões sobre a fase do ciclo hidrológico que corresponde ao escoamento superficial.

2 - METODOLOGIA

2.1 - Área de estudo

O presente estudo está localizado na cidade de Piranhas-GO, com uma população estimada de 10.161 habitantes e uma área territorial de 2.045,088 km² de acordo com IBGE-Cidades (2021), se encontra nas coordenadas Latitude: -16° 25'37" Sul e Longitude: -51°49'20" Oeste, a uma altitude de 389 metros. Foi estimado a análise de escoamento superficial da microbacia do Córrego Jatobá localizada na zona urbana da cidade de Piranhas-GO (Mapa 1).



Mapa 1: Mapa de localização da microbacia do Córrego Jatobá, localizada na área urbana de Piranhas-GO.
Autor: Adaptada pelo orientador - Rafael Gomes (2021).

2.2 - Etapas da pesquisa

A presente pesquisa foi desenvolvida com bases bibliográficas como sites e artigos de revistas. Além do uso de fontes bibliográficas, utilizou-se o emprego de geotecnologias para delimitação da microbacia em estudo, geração do mapa e cálculo de área. Na identificação dos dados necessário para o cálculo de coeficiente superficial, realizou-se visitas de campo no intuito de avaliar os critérios necessários, sendo eles: noção referencial da localização da microbacia, capacidade de volume do leito, urbanização presente ao entorno do córrego e avaliação crítica do atual estado de seu curso.

A primeira etapa da pesquisa foi voltada a buscas de fontes bibliográficas e escolha da metodologia, onde foi definido os métodos de escoamento superficial que seriam utilizados, segundo Garotti e Barbassa (2010). Na segunda etapa foi realizado a parte de delimitação da microbacia e criação dos mapas, utilizado o *software* Qgis 3.14. Já na terceira etapa ocorreu a verificação em campo, para coleta de informações necessárias para realização dos cálculos de coeficiente de escoamento superficial.

2.3 – Métodos utilizados

Os modelos utilizados tiveram embasamento total ao método racional, foram eles o modelo Curb que é a estimativa de C pelas características gerais de urbanização e o modelo Cdet que é a estimativa de C pelas características detalhadas da superfície, cujo os cálculos se baseiam em: coeficiente de escoamento superficial médio calculado para a bacia (C), coeficiente de escoamento superficial de área específica dentro da bacia (Cn) e área (A) que é relativa ao coeficiente Cn. Com as seguintes nomenclaturas: C, Cn, An, cada uma representando um item citado acima em ordem de escrita. Lembra-se que o modelo Curb utiliza da média ponderada em seu resultado final, enquanto o modelo Cdet usa as coordenadas de Cn como forma de cálculo para obter resultados mais específicos.

A estimativa pela urbanização (CURB) e pelo detalhamento (CDET) são dois dos três métodos utilizados por Garotti e Barbassa (2010) em seu artigo, cujo estamos pontuando como referência, sendo o outro a estimativa (CAIDC) - áreas impermeabilizadas diretamente conectadas dos lotes. Ambos os métodos têm seu embasamento em eficácia e precisão, porém, os métodos pelo detalhamento (CDET) e

pelas áreas permeáveis (C_{AIDC}) possuem maior exatidão quanto ao resultado final comparando com a realidade do local estudado.

Contudo, isso não significa que o método (C_{URB}) seja ineficaz ou impreciso, pelo contrário, possui tantos critérios quanto os outros, a questão como os próprios autores pontuam, é que no cálculo pela estimativa de urbanização (C_{URB}), as áreas A_i 's (pontos de coleta) foram definidas de acordo com as características gerais de urbanização da sub-bacia, conforme Tabela 1. Não obstante, foi realizado o cálculo com o método (C_{DET}) para a comparação final do resultado, visando uma exatidão maior da conclusão dos mesmos.

Desta maneira, as dificuldades em estipular a urbanização nas descrições dessa mesma tabela estão em saber quando iniciar uma área e finalizar outra, o que pode ocasionar erros no cálculo das áreas homogêneas A_i 's - áreas homogêneas A_i 's são as áreas que permeiam os locais de estudo. Além disso, as peculiaridades da urbanização descritas na Tabela 1, geralmente, são limitadas e vagas ao representar os loteamentos, usos e ocupações das condições brasileiras concluem Garotti e Barbassa (2010).

2.4 - Coleta e análise dos dados

Foi realizado os cálculos para estimar o coeficiente de escoamento superficial, que é definido como o caminho da água precipitada na superfície do terreno enquanto ela procura o leito do curso d'água, sem percolar ou infiltrar no solo (SILVA, 2000). O cálculo foi efetivado com base no artigo de Garotti e Barbassa (2010).

Para o cálculo utilizando a estimativa pela urbanização (modelo C_{URB}) é levantado a análise do tamanho e ocupação da área, posteriormente usa-se o valor de referência (C_n) contido na tabela 1 que se encontra no artigo de Garotti e Barbassa (2010) Apud Wilken (1978) onde estima-se o coeficiente (C_n) de cada área, por fim, é obtida a média ponderada das medidas em relação aos cálculos chegados.

Para o cálculo utilizando a estimativa pelo detalhamento da superfície (modelo C_{DET}) é levantado a análise do tamanho da área escolhida, posteriormente usa-se o valor de referência (C_n) contido na tabela 2 que se encontra no artigo de Garotti e Barbassa (2010) Apud Villela e Mattos (1980) para estimar o coeficiente (C_n) de cada área em específico, levando em conta âmbitos que o modelo (C_{URB}) não considera em seu cálculo. Por último, a comparação dos resultados finais.

Tabela 1 - Valores de C_n , conforme as características de urbanização da bacia.

Zonas	Valores de C
De edificação muito densa: partes centrais densamente construída de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas;	0,70 a 0,95
De edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitação, mas com ruas e calçadas pavimentadas;	0,60 a 0,70
De edificação com pouca superfície livre: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas;	0,50 a 0,60
De edificação com muitas superfícies livres: partes residenciais tipo cidade-jardim, ruas macadamizadas ou pavimentadas;	0,25 a 0,50
De subúrbios com alguma edificação: partes arrebalde com pequena densidade de construções;	0,10 a 0,25
De mata, parques e campos de esportes: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques e campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: Tabela retirada do artigo de Garotti e Barbassa (2010) Apud Wilken (1978).

Tabela 2 -Valores de C_n , baseados nas características detalhadas das diversas superfícies presentes na bacia.

Zonas	Valores de C
Telhados perfeitos sem fuga;	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas em bom estado;	0,85 a 0,90
Pavimentação de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas;	0,70 a 0,85
Para superfícies anteriores sem as juntas tomadas;	0,50 a 0,70
Pavimentação de blocos inferiores sem as juntas tomadas;	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas;	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulho;	0,15 a 0,30
Superfícies não-revestidas, pátios de estradas de ferro e terrenos descampados, parques, jardins, dependendo da declividade;	0,10 a 0,30
Do solo na natureza e do subsolo.	0,01 a 0,20

Fonte: Tabela retirada do artigo de Garotti e Barbassa (2010) Apud Villela e Mattos (1980).

2.5 - Coeficiente de escoamento e método racional

O método racional é um método indireto que foi apresentado pela primeira vez por Mulvaney em 1851 e, posteriormente, usado por Emil Kuichling em 1889, ele estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial, o mesmo também é conhecido como deflúvio.

O método racional caracteriza-se pela simplicidade dos mecanismos numéricos de quantificação que são utilizados, onde todos os processos hidrológicos para transformação da precipitação em vazão são englobados em apenas um coeficiente, o coeficiente de escoamento superficial (C).

Este método é amplamente usado, até que se foi colocado como uma regra no dimensionamento de pequenos sistemas de drenagem pluvial (GAROTTI; BARBASSA, 2010). Ainda na linha de raciocínio desses autores sobre o assunto, o coeficiente de escoamento superficial, quanto a relação entre as alturas efetiva e precipitada, se baseia em uma série de fatores, como as características da superfície, o tipo de solo, a umidade antecedente, a permeabilidade do solo, a ocupação da bacia e o tempo de concentração.

2.6 - Cálculo de coeficiente utilizando a estimativa (CURB)

A estimativa de C pelas características gerais de urbanização (modelo CURB), como o próprio nome já diz, consiste na estimativa das características gerais da urbanização. Nesse cálculo o coeficiente de escoamento superficial é calculado para ocupações de usos diversos em uma mesma bacia hidrográfica e pode ser estimado usando sua média ponderada.

Equação 1 - Modelo (CURB).

$$C = \frac{C1. A1 + C2. A2 + \dots + Cn. An}{A1 + A2 + \dots + An} \quad (01)$$

Onde:

C: coeficiente de escoamento superficial médio calculado para a bacia;

Cn: coeficiente de escoamento superficial de área específica dentro da bacia;

An: área (km²) relativa ao coeficiente Cn.

2.7 - Cálculo de coeficiente utilizando a estimativa (C_{DET})

A estimativa de C pelas características da superfície detalhada (modelo C_{DET}) consiste na estimativa de C pelas características específicas do local em questão, ou seja, é mais voltado ao detalhamento preponderante da superfície a ser estudada, uma estimativa que usa como referência cada área da bacia como um mesmo tipo de superfície, tais como: telhados, vias macadamizadas, não pavimentadas, estradas e passeios de pedregulho, quintais, etc.

Equação 2 - Modelo (C_{DET}).

$$C = \frac{C1. A1 + C2. A2 + \dots + Cn. An}{A1 + A2 + \dots + An} \quad (02)$$

Onde:

C : coeficiente de escoamento superficial médio calculado para a bacia;

Cn : coeficiente de escoamento superficial de área específica dentro da bacia;

An : área (km²) relativa ao coeficiente Cn .

É o mesmo cálculo da fórmula da equação 1, contudo, muda-se os valores de referência de Cn obtidos através agora da tabela 2. Onde, por sua vez, tem dados mais detalhados ao se tratar do local de estudo em relação a sua área e superfície.

2.8 - Levantamento dos dados

A coleta dos dados foi levantada com critérios a campo, esse levantamento teve seu fundamento em áreas urbanas da cidade de Piranhas-GO. O traço da região se caracteriza pela presença de árvores e curso hídrico no meio urbano. As visitas foram feitas de maneira presencial ao local e a estimativa da área contou com o auxílio de geotecnologias.

Primeiro foi estipulado a região a ser analisada com o uso de imagens de satélite do site *Google Earth e Software* de geoprocessamento (Projeção UTM e SIRGAS 2000), depois de escolhido o local ocorreu a verificação em campo do mesmo, logo após, houve

um debate sobre a possibilidade de acertos que teríamos caso fosse usada tal área, facilidade de coleta de dados e possível mapeação do terreno.

Logo após um consenso de equipe em relação a como seria as visitas em campo e o local exato, foi dado início a uma averiguação de qual modelo seria mais propenso a essa região escolhida. Revisamos literaturas, artigos e estudos que abrangessem o tema, coeficiente de escoamento superficial, para que assim fosse adquirido a melhor e mais eficiente fórmula e modelo para esse cálculo, que nos daria o coeficiente superficial de determinada área da cidade de Piranhas-GO.

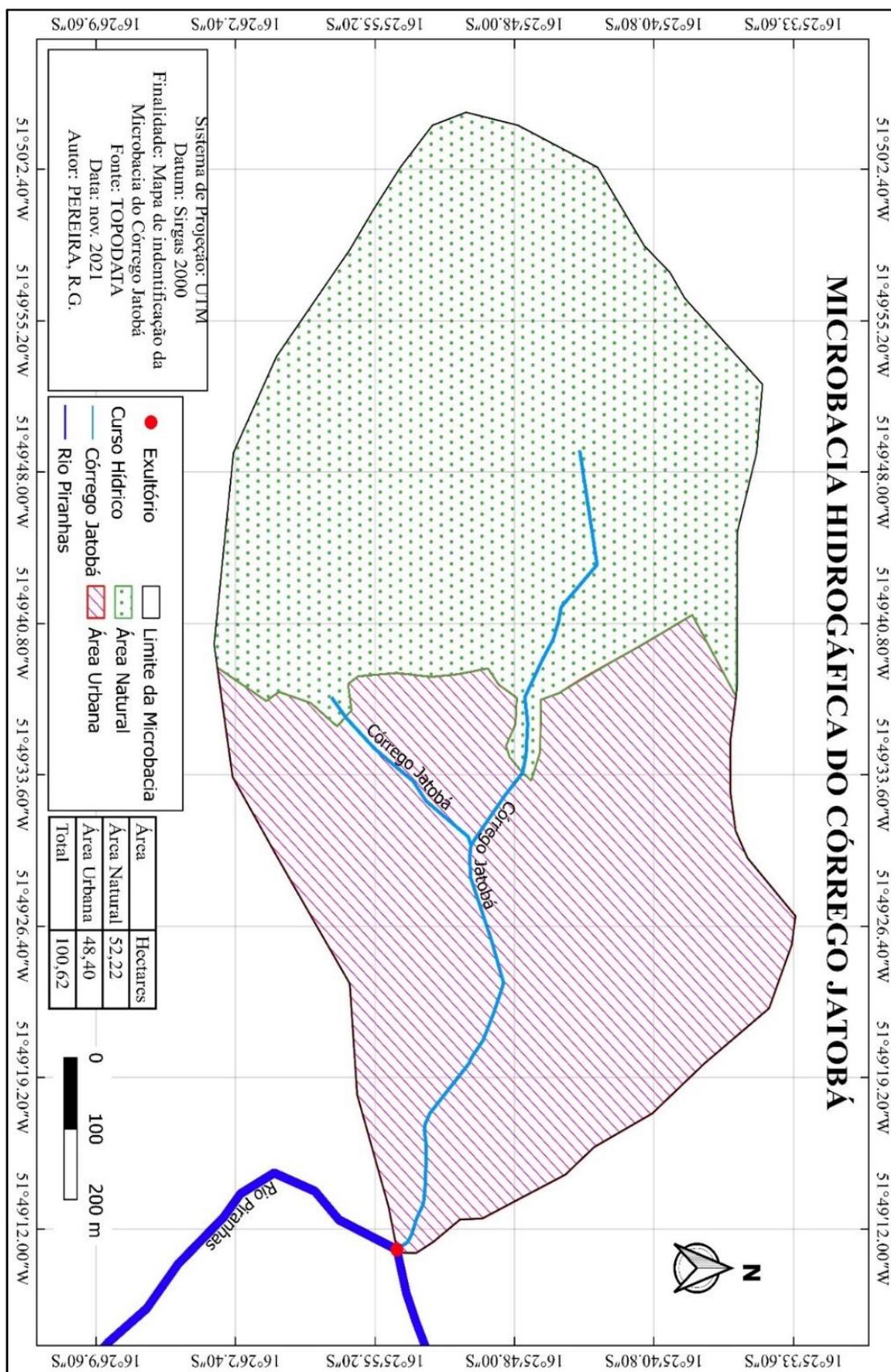
3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Córrego Jatobá

Com tudo avaliado e acertado (área de estudo e modelos de cálculo) determinamos o local, sendo esse, um percurso de um canal hídrico que passa dentro da zona urbana da cidade de Piranhas-GO e deságua no Rio Piranhas, esse mesmo canal hídrico é chamado pelos moradores local de Córrego Jatobá ao qual é um nome popular não registrado (mapa 2).

Esse canal tem seu início no setor Sudoeste e seu deságue no setor Sul, ambos setores da cidade de Piranhas-GO, onde se liga diretamente ao rio que corta a cidade, o Rio Piranhas. Sua canalização foi construída em quase todo o entorno do percurso, porém, o final do curso não foi canalizado na qual os motivos não sabemos, no entanto, segue de forma natural e direta até a divisa que o próprio rio Piranhas impõe.

Esse canal pertence a bacia hidrográfica do Rio Piranhas, por isso a nomenclatura “microbacia”, seu verdadeiro início se encontra bem acima da cidade, porém, fica mais nítido ao chegar no perímetro urbano onde colidi com uma mina d’água que fortalece seu curso. O córrego Jatobá apresenta fluxo perene de água (Foto 1 e 2).



Mapa 2: Mapa da Microbacia Hidrográfica do Córrego Jatobá, localizada em Piranhas-GO.

Autor: Adaptada pelo orientador - Rafael Gomes (2021)

Sua canalização foi realizada para que no período de chuva ou mais popularmente chamado “época das águas” não chegasse a transbordar e vir a causar possíveis transtorno, sendo eles civis e sanitários, entretanto, não sabemos ao certo em qual administração/gestão do município foi realizado essa canalização (Foto 1 e 2).

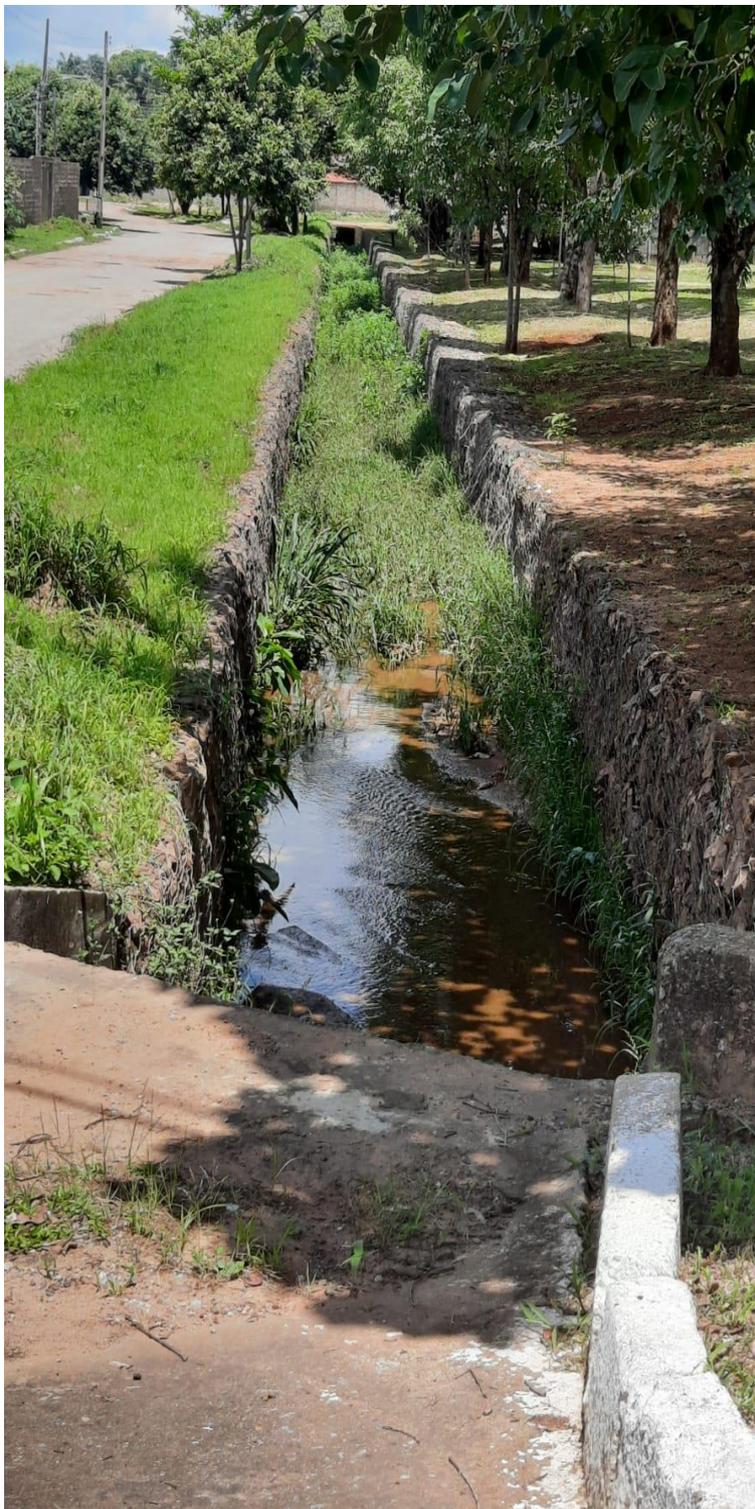


Foto 1: Córrego Jatobá - Local de Estudo e Análise – Piranhas-GO.

Fonte: Adaptada pelos autores (2021)

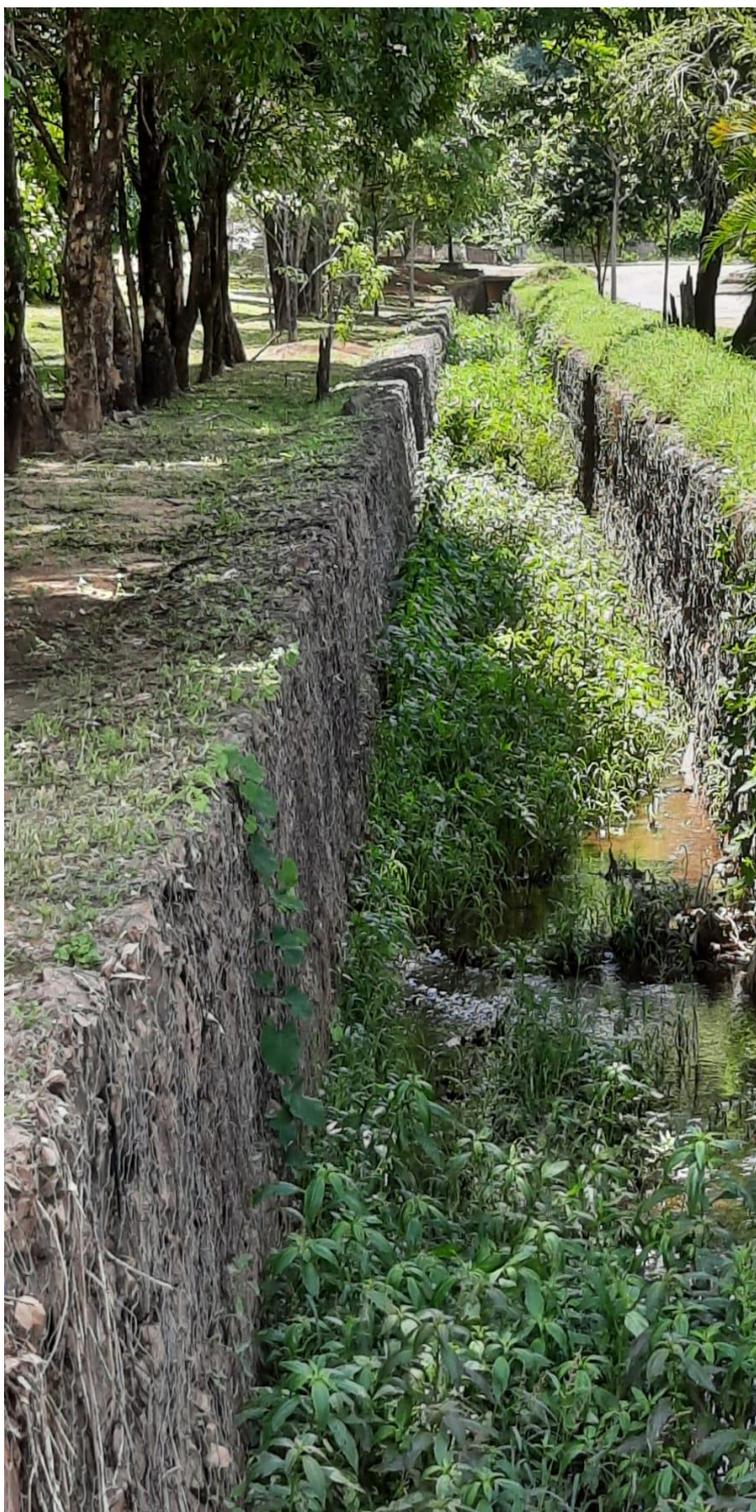


Foto 2: Córrego Jatobá - Local de Estudo e Análise – Piranhas-GO.

Fonte: Adaptada pelos autores (2021)

3.2 - Cálculo usando a estimativa em (C_{URB})

Equação 3 - Modelo (C_{URB})

$$C = \frac{C1. A1 + C2. A2 + \dots + Cn. An}{A1 + A2 + \dots + An}$$

Cálculo em relação a área total da microbacia com C_n estimado de 0,7

$$An(\text{área total}) = 100,62 \text{ hectares (via mapa 1)} \rightarrow 1,0062 \text{ Km}^2$$

$$Cn = 0,70 \text{ (via tabela 1)}$$

$$C = \frac{C1. A1 + C2. A2 + \dots + Cn. An}{A1 + A2 + \dots + An} \rightarrow C = \frac{0,70 * 1,0062}{1,0062}$$

$$C = \frac{0,70434}{1,0062} \rightarrow C = 0,7 \text{ em coeficiente de escoamento superficial}$$

C: 0,7 de coeficiente de escoamento superficial em relação a área total da microbacia (área urbana + área natural), usando C_n de referência de 0,7 e utilizando a estimativa de urbanização (modelo C_{URB}).

Cálculo em relação a área urbana da microbacia com C_n estimado de 0,8

$$An(\text{área urbana}) = 48,40 \text{ hectares (via mapa 1)} \rightarrow 0,4840 \text{ Km}^2$$

$$Cn = 0,80 \text{ (via tabela 1)}$$

$$C = \frac{C1. A1 + C2. A2 + \dots + Cn. An}{A1 + A2 + \dots + An} \rightarrow C = \frac{0,80 * 0,4840}{0,4840}$$

$$C = \frac{0,3872}{0,4840} \rightarrow C = 0,8 \text{ em coeficiente de escoamento superficial}$$

C: 0,8 de coeficiente de escoamento superficial em relação a área urbana, usando C_n de referência de 0,8 e a estimativa em relação a urbanização (modelo C_{URB}).

Cálculo em relação a área natural da microbacia com Cn estimado de 0,5

$$An(\text{área natural}) = 52,22 \text{ hectares (via mapa 1)} \rightarrow 0,5222 \text{ Km}^2$$

$$Cn = 0,50 \text{ (via tabela 1)}$$

$$C = \frac{C1. A1 + C2. A2 + \dots + Cn. An}{A1 + A2 + \dots + An} \rightarrow C = \frac{0,50 * 0,5222}{0,5222}$$

$$C = \frac{0,2611}{0,5222} \rightarrow C = 0,5 \text{ em coeficiente de escoamento superficial}$$

C: 0,5 de coeficiente de escoamento superficial em relação a área natural, usando Cn de referência de 0,5 e a estimativa em relação a urbanização (modelo CURB).

Como podemos observar acima, o coeficiente de escoamento superficial (C) em todas as ocasiões calculadas bate com a referência de Cn, isso acontece porque estamos usando somente uma área por vez para o cálculo, situando o Cn adequado para cada situação.

Cálculo em relação a área urbana e natural da microbacia com Cn respectivo

$$An1 (\text{área urbana}) = 48,40 \text{ hectares (via mapa 1)} \rightarrow 0,4840 \text{ Km}^2$$

$$An2 (\text{área natural}) = 52,22 \text{ hectares (via mapa 1)} \rightarrow 0,5222 \text{ Km}^2$$

$$Cn1 (\text{área urbana}) = 0,80 \text{ (via tabela 1)}$$

$$Cn2 (\text{área natural}) = 0,50 \text{ (via tabela 1)}$$

$$C = \frac{C1. A1 + C2. A2 + \dots + Cn. An}{A1 + A2 + \dots + An} \rightarrow C = \frac{(0,80 * 0,4840) + (0,50 * 0,5222)}{(0,4840 + 0,5222)}$$

$$C = \frac{0,3872 + 0,2611}{1,0062} \rightarrow C = \frac{0,6483}{1,0062}$$

C: 0,6443 em coeficiente de escoamento superficial

C: 0,6443 de coeficiente de escoamento superficial em relação a área urbana e natural, sem a soma de ambas em conjunto, usando C_n de referência respectivo a sua área (0,8 e 0,5) e a estimativa pela urbanização presente no local (modelo C_{URB}).

O valor encontrado de 0,6443 na conta final se dá em relação a área total da microbacia, calculada de forma parcial quanto aos dados fornecidos (área urbana + área natural), com seus respectivos valores de C_n via tabelas e região pontuada (Km²).

3.3 - Cálculo usando a estimativa em (C_{DET})

Equação 4 - Modelo (C_{DET})

$$C = \frac{C1. A1 + C2. A2 + \dots + Cn. An}{A1 + A2 + \dots + An}$$

Cálculo em relação a área total da microbacia com C_n estimado de 0,85

$$A_n(\text{área}) = 100,62 \text{ hectares (via mapa 1)} \rightarrow 1,0062 \text{ km}^2$$

$$C_n = 0,85 \text{ (via tabela 2)}$$

$$C = \frac{C1. A1 + C2. A2 + \dots + Cn. An}{A1 + A2 + \dots + An} \rightarrow C = \frac{0,85 * 1,0062}{1,0062}$$

$$C = \frac{0,85527}{1,0062} \rightarrow C = 0,85 \text{ em coeficiente de escoamento superficial}$$

C: 0,85 de coeficiente de escoamento superficial em relação a área total da microbacia (área urbana + área natural), usando C_n de referência de 0,85 e a estimativa em relação ao detalhamento da superfície (modelo C_{DET}).

Cálculo em relação a área urbana da micobracia com C_n estimado de 0,9

$$A_n(\text{área urbana}) = 48,40 \text{ hectares (via mapa 1)} \rightarrow 0,4840 \text{ Km}^2$$

$$C_n = 0,90 \text{ (via tabela 2)}$$

$$C = \frac{C1. A1 + C2. A2 + \dots + Cn. An}{A1 + A2 + \dots + An} \rightarrow C = \frac{0,90 * 0,4840}{0,4840}$$

$$C = \frac{0,4356}{0,4840} \rightarrow C = 0,9 \text{ em coeficiente de escoamento superficial}$$

C: 0,9 de coeficiente de escoamento superficial em relação a área urbana, usando C_n de referência de 0,9 e a estimativa em relação ao detalhamento da superfície (modelo C_{DET}).

Cálculo em relação a área natural da microbacia com C_n estimado de 0,2

$$A_n(\text{área natural}) = 52,22 \text{ hectares (via mapa 1)} \rightarrow 0,5222 \text{ Km}^2$$

$$C_n = 0,20 \text{ (via tabela 2)}$$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \rightarrow C = \frac{0,20 \cdot 0,5222}{0,5222}$$

$$C = \frac{0,10444}{0,5222} \rightarrow C = 0,2 \text{ em coeficiente de escoamento superficial}$$

C: 0,2 de coeficiente de escoamento superficial em relação a área natural, usando C_n de referência de 0,2 e a estimativa em relação ao detalhamento da superfície (modelo C_{DET}).

O mesmo caso torna a se repetir, em que o coeficiente de escoamento superficial (C) para todas as ocasiões calculadas bate com a referência de C_n, isso, como já explicado anteriormente, porque estamos usando somente uma área e C_n por vez para o cálculo, situando o C_n adequado para a determinada situação.

Cálculo em relação a área urbana e natural da microbacia com C_n respectivo

$$A_{n1}(\text{área urbana}) = 48,40 \text{ hectares (via mapa 1)} \rightarrow 0,4840 \text{ Km}^2$$

$$A_{n2}(\text{área natural}) = 52,22 \text{ hectares (via mapa 1)} \rightarrow 0,5222 \text{ Km}^2$$

$$C_{n1}(\text{área urbana}) = 0,90 \text{ (via tabela 2)}$$

$$C_{n2}(\text{área natural}) = 0,20 \text{ (via tabela 2)}$$

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \rightarrow C = \frac{(0,90 \cdot 0,4840) + (0,20 \cdot 0,5222)}{(0,4840 + 0,5222)}$$

$$C = \frac{0,4356 + 0,10444}{1,0062} \quad \rightarrow \quad C = \frac{0,54004}{1,0062}$$

C: 0,5367 em coeficiente de escoamento superficial

C: 0,5367 de coeficiente de escoamento superficial em relação a área urbana e natural, sem a soma de ambas em conjunto, usando Cn de referência respectivo a sua área (0,9 e 0,2) e a estimativa pelo detalhamento da superfície (modelo C_{DET}).

O valor encontrado de 0,5367 em seu resultado final se dá em relação a área total da microbacia, calculada de forma parcial quanto aos dados fornecidos (área urbana + área natural), com seus respectivos valores de Cn (para áreas urbana e área natural) via tabelas e território/região pontuada (Km²).

3.4 - Resultados finais

No caso em que foi calculado o valor de C utilizando o modelo C_{URB}, onde se usa a estimativa em relação a urbanização, os próprios autores Garotti e Barbassa (2010) nos dizem que, cada área, “An” como estamos chamando, apresenta características homogêneas em relação ao uso, também sobre sua localização em relação ao centro da cidade, no quesito densidade de edificações, na presença de superfícies livres, etc. O Cn que corresponde à área An pode ser obtido através de tabelas de diversas referências cita os autores. No entanto, a tabela base para nosso cálculo é a Tabela 1, extraída de Garotti e Barbassa (2010) Apud Wilken (1978).

A área de estudo foi pontuada e comparada de acordo com as referências citadas na Tabela 1, em seguida, na Tabela 2 ao qual seu tipo de urbanização e detalhamento da superfície foi considerado com ênfase na realidade do local, levando em conta a quantidade de vegetação, edificação e construções presentes, no mesmo, áreas permeáveis e não permeáveis na região e tipos de pavimentações presentes na região da microbacia em questão. Lembra-se que as propriedades variam de acordo com a região e local destinado, muda-se os valores que se utiliza em Cn para cada situação, sendo assim, cada área traz um tipo de escoamento superficial presente em seu solo quando a chuva o molha de forma a escoar.

Construções, pavimentações e grandes quantidades de concreto, aumentam, como foi pontuado na introdução, o índice de coeficiente de escoamento, o que, por consequência, podem acarretar em possíveis desastres civis, como deslizamentos de

terra, alagamentos e inundações, desaba-se construções, pontes, viadutos e obras de arte, entre tantos outros que acabam por efeito cascata podendo vir a causar danos a vidas de pessoas ao redor do país e do mundo.

3.5 - Valor adquiridos usando a estimativa C_{URB}

Nosso valor obtido utilizando a estimativa C_{URB} ou modelo C_{URB} foi de 0,7 de coeficiente de escoamento superficial em relação a área total calculada da microbacia de forma geral, onde foi utilizado o valor de C_n de 0,70. Em relação a área urbana da microbacia o valor obtido foi de 0,8 em coeficiente de escoamento superficial, onde se foi levado em conta somente a parte urbanizada da micorbacia, C_n de referência: 0,80. Em relação a área natural da microbacia o valor chegado foi o de 0,5 em coeficiente de escoamento superficial, onde, por sua vez, foi levado em conta a parte natural da superfície da região da microbacia, e C_n de 0,50. Por último, o valor obtido em relação a área urbana e natural da microbacia em questão com C_n 's respectivos foi de 0,6443 em coeficiente de escoamento superficial, sendo esse o valor mais importante e considerável em relação ao cálculo e objetivo do trabalho ao se usar a estimativa em prol da urbanização (modelo C_{URB}), os valores de C_n foram devidamente estimados em cima do local de estudo referente as áreas para o cálculo final utilizando o modelo C_{URB} , sendo eles 0,80 e 0,50

Todos os valores estão dentro da média ao se tratar da região analisada, cuja as propriedades foram de edificações não muito densas, ou seja, possuem partes adjacentes ao centro, de menor densidade habitacional, mas com ruas e calçadas pavimentadas para a área total. Para a região urbana as propriedades foram de edificações muito densa, ou seja, partes centrais densamente construída de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas. Já a região natural se constou com muitas superfícies livres, com partes residenciais tipo cidade-jardim, ruas macadamizadas e pavimentadas.

3.6 - Valor adquiridos usando a estimativa C_{DET}

Nosso valor obtido utilizando a estimativa C_{DET} ou modelo C_{DET} foi de 0,85 de coeficiente de escoamento superficial em relação a área total calculada da microbacia de forma geral, com valor de C_n para esse caso de 0,85. Em relação a área urbana da microbacia o valor chegado foi de 0,9 em coeficiente de escoamento superficial, onde

foi relacionado somente a parte urbana da microbacia pontuada, valor de Cn via tabela 2 foi de 0,90. Em relação a área natural da microbacia o valor estimado foi de 0,2 de coeficiente de escoamento superficial, resultado calculado em cima somente da parte natural da região onde se encontra a microbacia, valor de referência: 0,20. Em relação a área urbana e natural com Cn's respectivos o resultado obtido foi de 0,5367 em coeficiente de escoamento superficial, com valores de Cn de 0,90 e 0,20 via tabela 2 fazendo uso do modelo C_{DET}. Lembra-se que esse último valor de 0,5367 é o mais importante e considerável, uma vez que leva em conta cada área com seu respectivo valor em Cn de maneira detalhada.

Os valores estão dentro da média ao se tratar da região analisada, na qual os detalhes em sua superfície foram de superfícies asfaltadas (ruas pavimentadas) e em bom estado, pavimentação de paralelepípedos e ladrilhos, e do solo na natureza e do subsolo. Nota-se que essas referências se canalizam em descrever com maior teor de detalhamento a superfície do local em questão.

4 - CONCLUSÃO

Esse trabalho, o valor adquirido e as devidas averiguações, teve por vez mostrar e realçar a importância do estudo voltado às fases do ciclo hidrológico, que somam como critérios importantes para o desenvolvimento de cidades, estados e país. Pouco se é falado de assuntos com essa temática, mais pouco ainda os estudos voltados à estas áreas. Todo o saneamento urbano vem com a vertente desses ciclos, a água como um dos bens mais preciosos deste mundo em quesito matéria-prima essencial e mesmo assim é abordado de maneira rasa e não aprofundada.

O coeficiente de escoamento superficial não é somente um número ou valor que se chega, muito menos que não há importância neste, vai além de apenas um “conceito matemático”. Através deste, administradores e gestores regionais podem planejar, projetar e executar projetos, obras e meios para o aumento da qualidade e conforto na vida das pessoas e redução em perdas e transtornos.

Com o resultado estimado e visando os objetivos iniciais propostos, este estudo conclui tanto sua parte à campo quanto em referencial teórico e literário, nossa análise final sobre os dados levantados e apresentados tem-se por resultado o valor de 0,6443 em coeficiente de escoamento superficial utilizando o modelo C_{URB} para a região determinada da cidade de Piranhas, Goiás, uma média ponderada em relação a área

estudada, onde se foi levado em consideração o perímetro e o valor de Cn. Do mesmo modo, ao utilizar o modelo C_{DET} chegou-se ao devido valor de 0,5367 em coeficiente de escoamento superficial para essa mesma e determinada região da cidade de Piranhas, Goiás, um resultado em relação a área estudada, seu perímetro e detalhamento quanto sua superfície com base para o referencial do valor de Cn.

5 - REFERÊNCIAS

ALVES, Patrícia Layne; FORMIGA, Klebber Teodomiro Martins. Efeitos da arborização urbana na redução do escoamento pluvial superficial e no atraso do pico de vazão. **Ciênc. Florest.**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 193-207, Mar. 2019. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982019000100193&lng=en&nrm=iso. > Acesso 29 Out. 2020. Epub May 30, 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509825820>.

ARAÚJO, Paulo Roberto. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos.**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 21-29, Jul/Set. 2000. Disponível em < <http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/01/avaliacao-da-eficiencia-dos-pavimentos-na-reducao-de-escoamento-superficial.pdf>. > Acesso em 22 Abril. 2021.

BATISTA, José Anderson do Nascimento; BOLDRIN, Andressa Juliana. Avaliação do desempenho hidráulico de um sistema de drenagem de águas pluviais urbanas. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 263-273, Mar. 2018. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522018000200263&lng=en&nrm=iso. > Acesso em 12 Nov. 2020. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522018170663>.

FREITAS, Carlos Machado de; XIMENES, Elisa Francioli. Enchentes e saúde pública: uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1601-1616, June 2012. Disponível em , < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232012000600023&lng=en&nrm=iso. > Acesso em 19 Nov. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232012000600023>.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guilherme Costa. **Hidrologia**. 2 ed. Rev. e Atual. São Paulo: Blucher, 1988. ISBN 9788521201694.

GAROTTI, Leonardo Monteiro; BARBASSA, Ademir Paceli. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v.15, n.1, p.19-28, Mar. 2010. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522010000100003&lng=en&nrm=iso. > Acesso em 07 Maio de 2021.

HIRATA, Eliane et al. Mapeamento dinâmico e colaborativo de alagamentos na cidade de São Paulo. **Bol. Ciênc. Geod.**, Curitiba, v. 19, n. 4, p. 602-623, Dec. 2013. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-21702013000400006&lng=en&nrm=iso. > Acesso em 05 Nov. 2020. <https://doi.org/10.1590/S1982-21702013000400006>.

NUNES, Elizon Dias; ROSA, Lucas Espíndola. Compactação e impermeabilização do solo e implicações nos canais fluviais urbanos. **Mercator (Fortaleza)**, Fortaleza, v. 19, e19023, 2020. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-22012020000100223&lng=en&nrm=iso. > Access em 21 Apr. 2021. Epub Dec 02, 2020. <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19023>.

SILVA, Flávio Hugo Barreto da. Método de determinação do escoamento superficial de bacias hidrográficas a partir de levantamentos pedológicos. **Embrapa Solos**. Disponível em < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPS-2009-09/10524/1/doc212000metodeterminacao.pdf> > Acesso em 07 de Maio de 2021.

TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. ISBN: 85-88686-07-4.