

# XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

## **ESTUDO AMBIENTAL E HIDROLÓGICO PARA O PLANEJAMENTO URBANO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO SALTO EM UBERLÂNDIA-MG**

*Luciana Alves Sá<sup>1</sup> & Ana Clara Mendes Caixeta<sup>1</sup>; Adrian Franco Silva<sup>1</sup>; Vanessa Maria Frasson<sup>1</sup>;  
Carlos Eugenio Pereira<sup>2</sup>*

**Resumo** – O Rio Uberabinha está inserido na área urbana do município de Uberlândia, esse rio apresenta grande importância para o desenvolvimento da cidade e se encontra fortemente antropizado. Um de seus afluentes, o córrego do Salto é objeto de diversos estudos ambientais, pois em parte dessa bacia hidrográfica foi implantado o setor industrial, existe a presença de mineradoras, do aterro sanitário e parte se encontra loteada, com várias residências. Tendo em vista as fortes modificações ambientais ocorridas nesta bacia hidrográfica, realizou-se baseado em estudos anteriores e visitas no local uma análise ambiental atual da bacia, observando as ações antrópicas sobre o meio. Tendo em vista a importância dessa bacia para a cidade de Uberlândia, também se analisou com base em três cenários distintos da área (1965, 2002 e 2008), uma estimativa de hidrogramas de cheia, baseado em chuvas extremas dos anos de 2002 e 2008, utilizando-se dos métodos de obtenção de Hidrogramas Unitários Sintéticos, tais como, o método de Chicago e o método do Hidrograma Triangular do SCS. Os resultados apresentaram-se confiáveis para os dois métodos utilizados.

**Abstract** – The Uberabinha river is inserted in the urban area of Uberlândia. This river has great importance for the development of the city and is strongly anthropic. One of its affluents, the Corrego do Salto, is the subject of several environmental studies, partly because some industries were deployed on its margins, with the presence of mining companies, landfill and part is subdivided in lots, with many homes built. Due the strong environmental changes occurred in this watershed, based on older studies and local visits, an environmental analysis of the basin was made, observing human actions on the environment. Given the importance of this basin to the city of Uberlândia, it was analyzed, on three different scenarios of the area (1965, 2002 and 2008), an estimation of flood hydrographs based on extreme rainfall for the years 2002 and 2008, using the methods of obtaining Synthetic unit hydrograph, such as Chicago's method and the SCS Triangular Hydrograph method. The results were reliable for both methods.

**Palavras-Chave** – Meio ambiente; Hidrogramas Unitários Sintéticos (HUS), Drenagem urbana.

---

1: Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2121, Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38408-100, 34 3239 4170, [lasa\\_eng@yahoo.com.br](mailto:lasa_eng@yahoo.com.br)

2: Professor Adjunto da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2121, Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38408-100, 34 3239 4170, [carloseeugenio@feciv.ufu.br](mailto:carloseeugenio@feciv.ufu.br)

## INTRODUÇÃO

Com o crescimento do meio urbano como um impacto no meio natural é de fundamental importância o planejamento das cidades. Este pode ter como base diferentes unidades territoriais, como o estado, o município, a bacia hidrográfica, entre outros. Sendo os recursos hídricos a base para a perpetuação da raça humana tem-se como análise territorial a bacia hidrográfica.

Com a escassez e a contaminação da água torna-se cada vez mais um desafio para a sociedade o aumento da preservação, principalmente dos lagos e rios (que são menores que 0,01% da distribuição de água no planeta) que são mais baratos para utilizar. Porém, falta o manejo adequado destes recursos com o abastecimento de água potável e o saneamento ambiental, que são fundamentais na redução de até 75% nas taxas de mortalidade e enfermidades da população. (TEIXEIRA, 2000)

No estudo da análise desses recursos utiliza a bacia geográfica, que é uma unidade geográfica. De acordo com Teixeira (2000) esta é “definida como uma área de captação de água de precipitação, demarcada por divisores topográficos, onde toda água captada converge para um único ponto de saída, o exutório (TEIXEIRA, 2000, p. 116).

De acordo com Sperling (1996), mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas subterrâneas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. O impacto das mesmas é dependente do contato da água em escoamento ou infiltração com partículas, substâncias e impurezas no solo. A interferência do homem, quer na forma concentrada, como na geração de despejos domésticos, quer de uma forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribui na introdução de compostos na água, afetando sua qualidade. Portanto, a forma em que o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação direta na qualidade da água.

No estudo dos fatores naturais e antrópicos que atuam na bacia hidrográfica tem-se a quantificação pela hidrologia. A hidrologia possui vários vertentes, sendo uma das suas principais a Macrodrenagem. Esta aborda a unidade sistêmica da bacia hidrográfica, com o seu uso do solo, os impactos antrópicos, além de buscar um equilíbrio da drenagem.

A urbanização acelerada brasileira e a falta de planejamento, principalmente a drenagem urbana, propiciam uma impermeabilização do solo, com o aumento do pico de cheia, aumento da velocidade do escoamento superficial e a redução do escoamento sub-superficial, canalizações de corpo d'água, entre outros impactos. Com isso, é necessário o aumento da sensibilização ambiental da população para os problemas urbanos, como as enchentes e quais problemas de saúde são ocasionados a falta de saneamento básico. (CANHOLI, 2005)

Embora responsável por um conjunto de impactos ambientais ainda não muito conhecidos, a industrialização no município de Uberlândia- MG, cuja gênese remonta de meados XX, foi até pouco tempo entendida como um elemento gerador de desenvolvimento e bem estar para a sociedade. O progresso baseado na produção industrial e agrícola ignorou durante muitos anos inúmeras externalidades que começam a ser visualizadas.

A acelerada urbanização, uma das grandes responsáveis pela degradação dos recursos naturais em áreas urbanas traduz hoje, impactos de variadas ordens, que comprometem a qualidade de vida e geram riscos à saúde e a qualidade ambiental. Essa situação decorre, em parte, pela ausência de instrumentos de planejamento e gestão do uso do solo, que não tem conseguido acompanhar as transformações dos ambientes urbanos.

Com isso, este trabalho é fundamental para o planejamento urbano como uma ferramenta para o ordenamento territorial dos agentes formadores do espaço e uma otimização da aplicabilidade dos métodos hidrológicos na drenagem urbana. Pois, nos países desenvolvidos a drenagem urbana tem uma significativa importância. E nos países em desenvolvimento propiciam um problema nos centros urbanos com a chegada do período de chuva. De acordo com Canholi (2005) “Anualmente, nos períodos de chuvas de verão, chega a centenas o número de casos de leptospirose associados às inundações na cidade de São Paulo; a taxa de mortalidade, por sua vez, atinge cerca de 20% dos casos. (CANHOLI, 2005, p.17)

Um dos principais eixos de interesse para ocupação industrial no município de Uberlândia – MG corresponde a Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto, constituído por um pequeno curso d'água que nasce a noroeste da mancha urbana de Uberlândia e possui um trajeto de aproximadamente 6,0 km no sentido sudoeste, até desaguar no Rio Uberabinha.

O processo de urbanização desta Bacia Hidrográfica se deve principalmente às atividades industriais ali desenvolvidas desde a implantação do Distrito Industrial. As atividades antrópicas desenvolvidas durante seu processo de ocupação supõem que grande parte da Bacia seja alvo de ampliação do distrito industrial nos próximos anos, o que pode comprometer ainda mais a qualidade ambiental e a capacidade de transporte de vazão e o escoamento superficial da mesma, o que conseqüentemente conduzirá a uma maior intensidade nos processos erosivos e assoreamento do Córrego do Salto.

Neste sentido, este trabalho objetiva apresentar o estudo dos aspectos hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto localizado no município de Uberlândia - MG, através de métodos de obtenção de Hidrogramas Unitários Sintéticos (HUS) em cenários distintos, num período espaçado de 6 (seis) anos, para uma possível análise de um cenário futuro para essa Bacia Hidrográfica. Com isso, tem-se a relação da aplicabilidade a teórica na prática no diagnóstico de um crescimento urbano e seus efeitos e conseqüências na bacia.

## MÉTODOS EMPÍRICOS PARA HIDROGRAMAS

O método utilizado foi hipotético dedutivo com base na hipótese da expansão urbana. Utilizou-se o HUS na quantificação da dedução de uma futura ocupação e seus componentes hidrológicos. Inicialmente, com base na hipótese realizou uma pesquisa bibliografia e a busca dos dados iniciais para os dados necessários para o HUS. Seguido pelo diagnóstico da área de estudo relacionado com os dados adquiridos. Após, tem-se a análise da relação do diagnóstico com o do Método Unitário Sintético.

### Hidrograma Unitário Sintético triangular do SCS

A partir de um estudo com um grande número de bacias e de hidrogramas unitários nos EUA, técnicos do Departamento de Conservação de Solo (Soil Conservation Service – atualmente Natural Resources Conservation Service) verificaram que os hidrogramas unitários podem ser aproximados por relações de tempo e vazão estimadas com base no tempo de concentração e na área das bacias (COLLISCHONN, 2011).

Para simplificar ainda mais, o hidrograma unitário pode ser aproximado por um triângulo, definido pela vazão de pico, pelo tempo de pico e pelo tempo de base, conforme a figura 1.

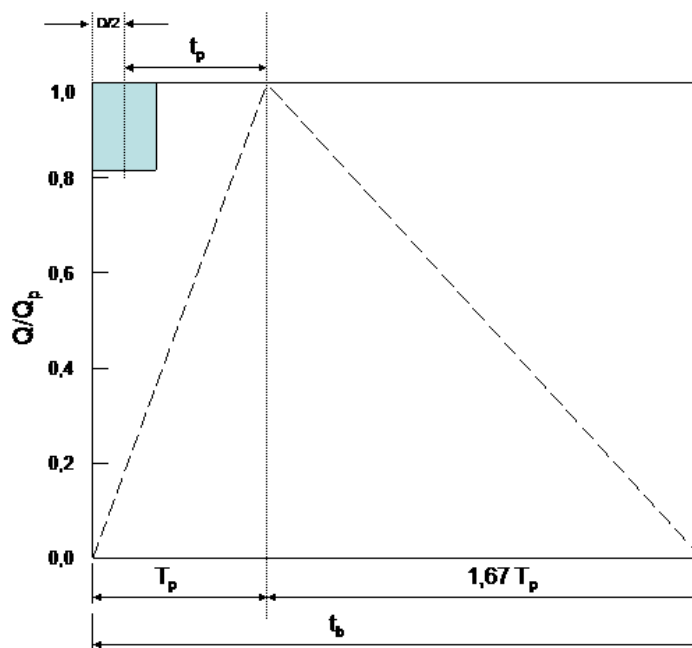


Figura 01: Forma do hidrograma unitário sintético triangular do SCS.

(Fonte: COLLISCHONN, 2011)

As relações identificadas, que permitem calcular o hidrograma triangular são descritas abaixo, de acordo com o texto de Chow et al (1988) citado em Collischonn (2011) e Tucci (2000).

A área do triângulo é igual ao volume precipitado  $Q$ , ou seja:

$$\left(\frac{Q_p \cdot T_p}{2}\right) + \left(\frac{Q_p \cdot t_e}{2}\right) = Q \quad (1)$$

O tempo de pico  $tp$  (figura 1) do hidrograma pode ser estimado como 60% do tempo de concentração:

$$tp = 0,6.tc \quad (2)$$

em que:

$tc$ : é o tempo de concentração da bacia.

O tempo de subida do hidrograma  $T_p$  pode ser estimado como o tempo de pico  $tp$  mais a metade da duração da chuva  $D$ , assim:

O tempo  $T_p$  é o tempo contado do início da precipitação e é igual a

$$T_p = \frac{D}{2} + 0,6.t_c \quad (3)$$

em que:

$D$  : é a duração da precipitação, em horas,

$t_c$ : tempo de concentração em horas.

O tempo de base do hidrograma ( $tb$ ) é aproximado por:

$$tb = T_p + 1,67.T_p$$

O que significa que o tempo de recessão do hidrograma triangular, a partir do pico até retornar a zero, é 67% maior do que o tempo de subida.

$$Q_p = \frac{2.Q}{T_p + t_e} \quad (4)$$

sendo  $t_e = H.T_p$ , a equação acima fica descrita como:

$$q_p = \frac{2.Q}{(H+1).t_p} \quad (5)$$

Para uma precipitação de 1 cm, a equação da vazão de pico do hidrograma unitário triangular é estimada por:

$$Q_p = \frac{2,08.A}{T_p} \quad (6)$$

em que:

$T_p$ : é dado em horas,

A: é a área da bacia, dada em  $\text{Km}^2$  e,

$q_p$ : é a vazão de pico por mm de chuva efetiva.

### Método de Chicago

Apresentado por Keifer & Chu (1957) citado em Righetto (1998) e Tucci (2000), o método Chicago, descreve uma metodologia para distribuir no tempo uma precipitação  $i$  de projeto. Sendo necessário, inicialmente definir um valor para o parâmetro  $\gamma$ , que varia de 0 a 1, dentro do qual é especificado o tempo em que ocorre a intensidade pluviométrica máxima, dada por,  $t_{\text{máx}} = \gamma.t$ .

Adotando-se  $\gamma = 0$ , a intensidade máxima do hietograma ocorre logo no início da precipitação, assim, a curva da relação i-d-f (curva escura) e o hietograma de projeto (curva cinza) podem ser vistos na figura 2 do trabalho de Pereira e Salla (2010).

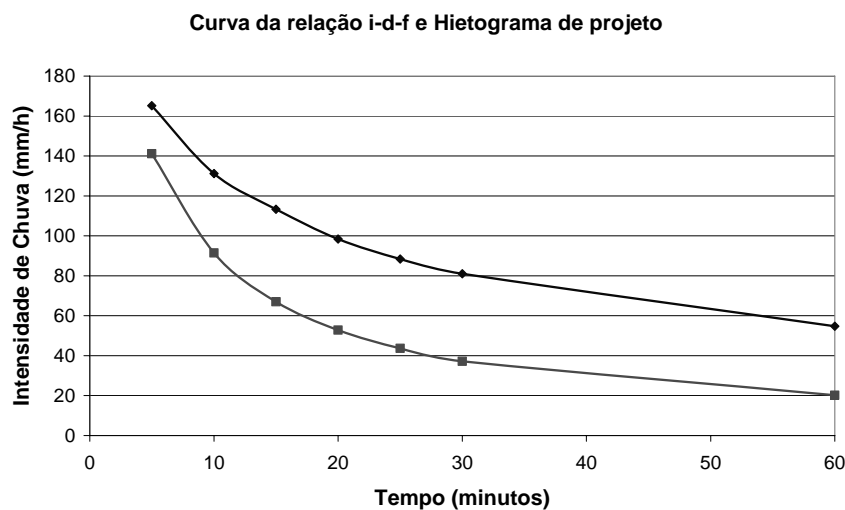


Figura 02: Curva da equação i-d-f e Hietograma de projeto (Fonte: PEREIRA & SALLA, 2010).

O hietograma de projeto pode ser expresso pela seguinte equação:

$$i_{\gamma=0} = \frac{a.T^b}{(c+t)^d} - d.t. \frac{a.T^b}{(c+t)^{d+1}} \quad (7)$$

em que:

$T$ : é o período de retorno, em anos;

$t$ : é o tempo de concentração, em minutos ou horas;

$a, b, c, d$ : são constantes;

Quando o parâmetro  $\gamma$  é diferente de zero, o hietograma de projeto é construído pela subdivisão do tempo  $t$  em dois tempos  $t_1$  e  $t_2$ , assim tem-se:

$$t_1 = \gamma.t \quad \text{e} \quad t_2 = (1 - \gamma).t \quad (8)$$

Por fim, definindo-se um valor de  $\gamma$  e ajustando-se as equações, tem-se:

$$i(t) = i_{\gamma=0} \left( t_c - \frac{t}{\gamma} \right) \quad \text{para } 0 \leq t \leq t_{\text{imáx}} \quad (9)$$

$$i(t) = i_{\gamma=0} \left( \frac{t}{1 - \gamma} + \frac{\gamma}{1 - \gamma} . t_c \right) \quad \text{para } t_{\text{imáx}} \leq t \leq t_c \quad (10)$$

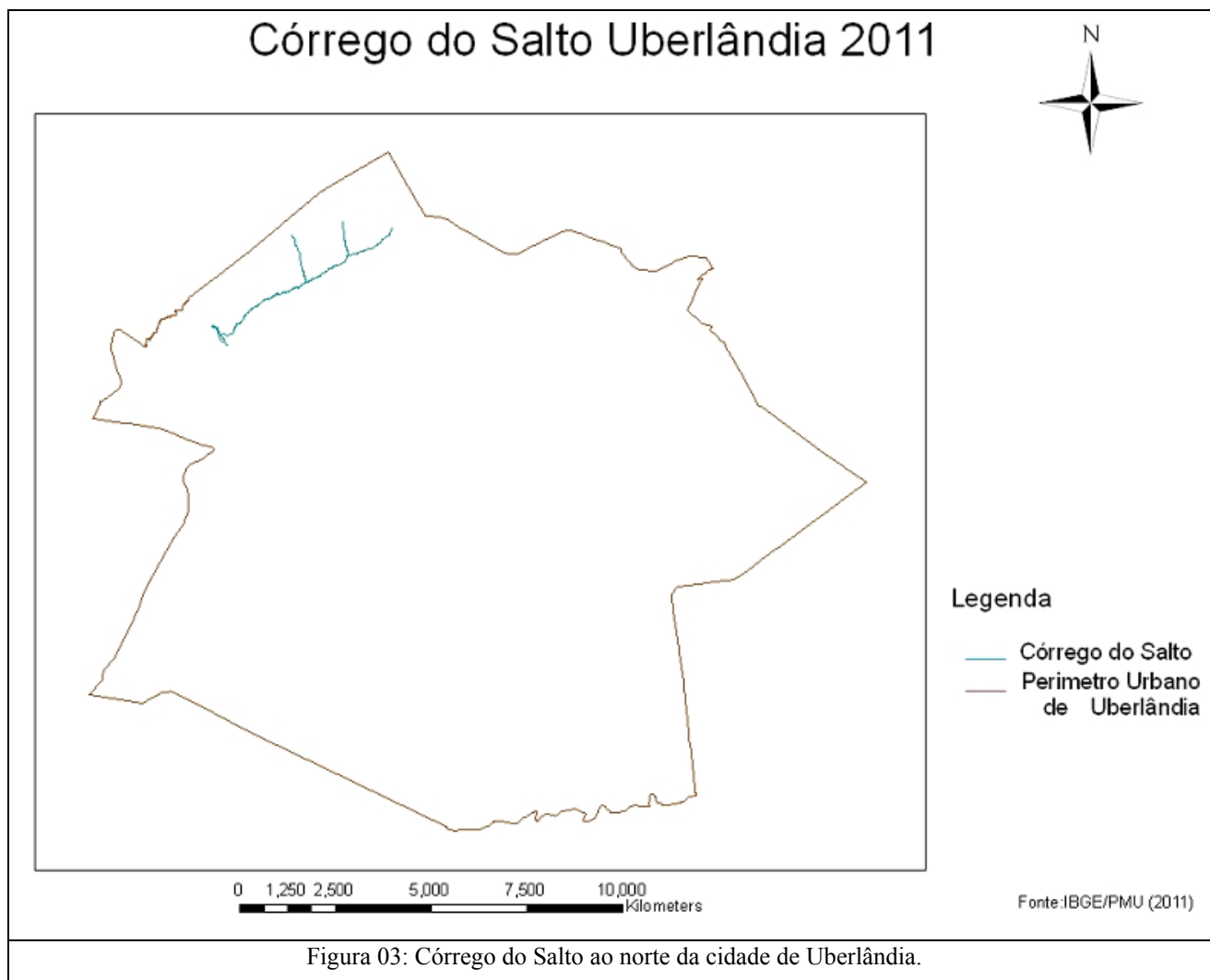
em que:

$t_c$ : é o tempo de concentração, em minutos.

$t$ : é um tempo qualquer menor que  $t_c$

## ANÁLISE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA

A área de estudo escolhida para este trabalho foi o Córrego do Salto (Figura 03), que apresenta área de 12,8Km<sup>2</sup> e extensão de aproximadamente 6Km, situado ao norte da cidade de Uberlândia no interior do seu perímetro urbano, apresentando, portanto, a necessidade de uma abordagem hidrológica. Esta é fundamental para o planejamento urbano, sendo ainda está não totalmente urbanizada, mas com alta periculosidade de contaminação, por causa das indústrias que atuam na área.



Segundo EIA/RIMA apresentado para o aterro sanitário, o Córrego do Salto tem seu médio curso relevo dissecado, com altitudes entre 740 e 900 metros na maior parte, com formas convexas e vertentes entre 1 e 2,5 graus de declividade. Entre as cotas de 830 e 840 metros, suas vertentes (figura 04) encontram-se entalhadas em forma de “V”, e na parte inferior, onde as declividades são maiores, ocorre a presença de rampas côncavas coluviais. No baixo curso da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto predominam os tipos de vertente convexa e retilínea, sendo que a última aparece também próxima ao fundo do vale no médio e no alto curso. A vertente côncava aparece tanto no médio quanto no alto curso.



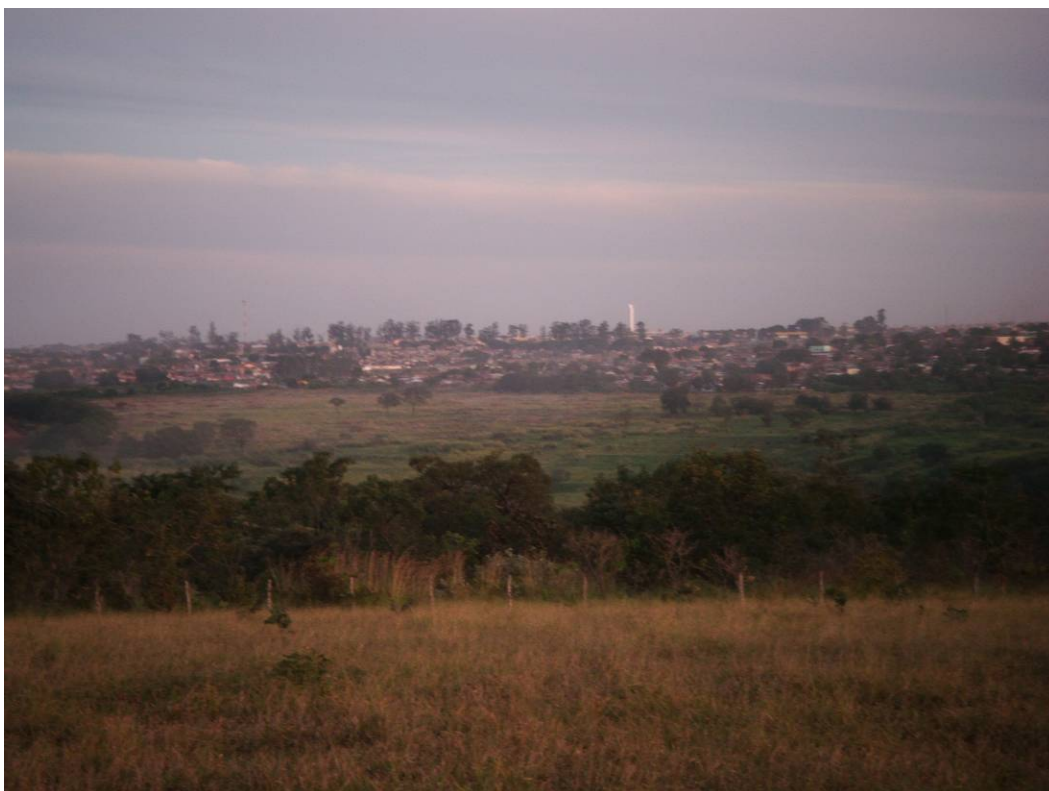


Figura 04: Vertente convexa com pouco inclinação. Fonte: AUTORES, 2011

A superfície aplainada representa a maior parte da área da Bacia Hidrográfica do Córrego do Salto, estando distribuída em quase toda a borda da mesma, especialmente no baixo e no alto curso da bacia hidrográfica. As maiores declividades de sua bacia encontram-se entre 2 e 5 %, localizados na parte inferior e, perdendo sua convexidade, transformando-se em topos aplainados (Figura 05) na direção superior da mesma.



Figura 05: topo aplainado. Fonte: AUTORES, 2011

No leito do córrego do salto tem-se a ausência de vegetação (figuras 06 e 07) arbórea nas margens o que provoca o assoreamento do canal, também se percebe em loco um desequilíbrio ambiental pelos impactos já existentes na bacia.



Figura 06: ausência de vegetação nas margens esquerda. Fonte: AUTORES, 2011



Figura 07: ausência de vegetação nas margens direita. Fonte: AUTORES, 2011

Outro fator fundamental na análise da situação atual do Córrego em questão é a utilização destes por animais. Foi encontrado bovinos tomando água (figura 08), propiciando a comprovação que a água não está totalmente poluída. Porém, grande quantidade de matéria orgânica também atrai os animais, possibilitando a presença de esgoto doméstico, com os peixes (Figura 09) que foram encontrados no local, contudo com uma aparência suspeita para o consumo humano.



Figura 08: Bovinos tomando água no Córrego do Salto. Fonte: AUTORES, 2011



Figura 09: peixe encontrado no Córrego do Salto. Fonte: AUTORES, 2011

O assoreamento (figura 10) é um processo o qual o leito do córrego vai aumentando a sua profundidade vai reduzindo formando ilhas de areia ao centro, dificultando a vida do canal. Além disso, no período da seca os bancos de areia aumentam e á dificuldade da passagem da água do



canal também. Com isso, a área para peixes e animais fica menor propiciando uma nova dinâmica para o curso d' água, mas com os seus impactos aumentando a sua magnitude e se não realizar um manejo adequado o canal pode ser extinto. Mas como os estudos hidrológicos realizaram uma situação crítica de vazão largura do canal crítica para a mitigação para a recuperação do canal.



Figura 10: topo aplainado. Fonte: AUTORES, 2011

Outro problema encontrado foi a grande presença de lixo na região tanto próximo ao Córrego como na sua área demarcada como APP (Área de Preservação Permanente). Comprovando a falta de sensibilização da população para não jogar lixo em áreas naturais, devido a decomposição dos mesmos ler lenta. Além disso, o lixo (figura 11 e 12) é levando no período de chuva para os Córregos, ocasionando a poluição o que atinge diretamente a dinâmica hídrica. Devido algumas áreas que anteriormente eram direcionadas a escoamento com o lixo passa a estar entupidas e propiciando enchentes.



Figura 11: lixo próximo ao Córrego do Salto. Fonte: AUTORES, 2011



Figura 12: lixo na APP do Córrego do Salto. Fonte: AUTORES, 2011

Outra intervenção foi o estrangulamento do leito do Córrego para a construção de uma estrada para a ocupação da outra margem. Ocasionalmente, uma variação na vazão do canal modificou a velocidade e o assoreamento em algumas partes do leito e o carregamento em outras (figura 13), propiciando a formação de erosão (figura 14).



Figura 13: Carregamento de vegetação no Córrego do Salto. Fonte: AUTORES, 2011



Figura 14: Formação de erosão no Córrego do Salto. Fonte: AUTORES, 2011

Próximo ao Rio Uberabinha, jusante do Córrego do Salto, tem uma indústria que possui a área de APP (figura 15) como de sua propriedade demarcada, percebendo um fragmento de mata conservada e também a presença de animais silvestres, como a carcaça de tatu (figura 16) encontrada na bacia do Córrego do Salto. Com isso, se percebe a necessidade de uma preservação da dinâmica hídrica local.





Figura 15: Bovinos tomando água no Córrego do Salto. Fonte: AUTORES, 2011



Figura 16: peixe encontrado no Córrego do Salto. Fonte: AUTORES, 2011

Com a ocupação da bacia é necessário uma planejamento urbano, devido que a área do Córrego do Salto está dentro do perímetro urbano de Uberlândia, mas não está totalmente urbanizado (figura 17). Com isso, a área do salto faz parte da área industrial (figura 18) do distrito industrial, mas não possui um manejo adequado, devido a sua drenagem sofrer com a dinâmica do uso do solo e a área serem de alta periculosidade. Sendo necessário um estudo da drenagem alem de remedição de poluição das indústrias.

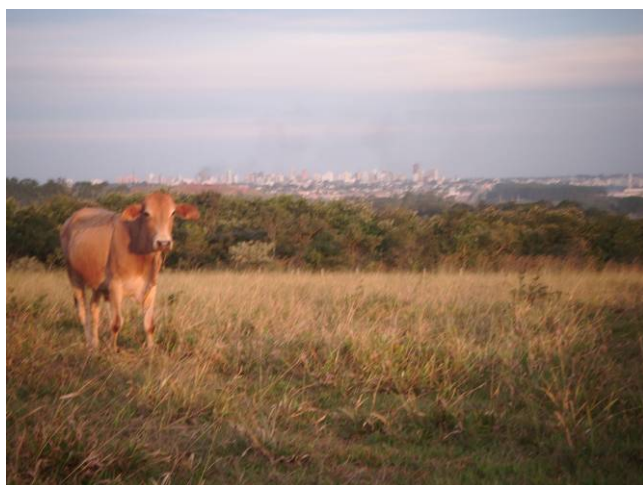


Figura 17: Bacia do Córrego do Salto. Fonte: AUTORES, 2011



Figura 18: Industria da Bacia Córrego do Salto. Fonte: AUTORES, 2011

Diante da situação da bacia tem-se a aplicação dos métodos de triangular SCS e o Método de Chicago como uma ferramenta no planejamento urbano, evitando que ocorram problemas já elencados e evitando casos lastimáveis como o que ocorrente que em Uberlândia é o Córrego São Pedro (Avenida Rondon Pacheco) com alagamentos anualmente na cidade no período de chuva e imobilizando a cidade, sendo esta uma das principais vias da cidade.

## ANÁLISE DOS MÉTODOS SINTÉTICOS PARA HIDROGRAMAS

A análise hidrológica realizada para a bacia do córrego do Salto teve como base a aplicação de dois métodos sintéticos para obtenção dos hidrogramas de cheia em dois cenários separados por 6 anos, sendo eles 2002 e 2008. Inicialmente pelo método do Hidrograma Unitário Sintético Triangular (HUT) do SCS e pelo Método de Chicago de Keifer & Chu (1957).

O tempo de concentração estimado para a bacia em estudo foi de 60,57 minutos, determinado pela fórmula de Kirpich, considerando os dados da área da bacia e do desnível entre a nascente e sua exutório no rio Uberabinha.

### Estimativa da Precipitação Excedente e o Número de Curva (CN) para os três cenários analisados

Na análise do Hidrograma Unitário Sintético Triangular (HUT) utilizou-se as precipitações máximas ocorridas nos dois anos de maneira distinta, sendo 147mm em 2.002 e 71,8mm para o ano de 2.008, com tempo máximo de precipitação de 2 horas.

A precipitação excedente na bacia de estudo foi estimada pelo método tradicional do “Soil Conservation Service” (SCS), sendo o Número de Curva (CN) determinado para três cenários diferentes, com o intuito de se verificar a evolução desse número a medida que a ocupação da bacia passou a sofrer fortes alterações, os resultados podem ser vistos nas tabelas 1 e 2. A chuva excedente para o ano de 1.965 não foi estimada devido a falta de informações de precipitação para aquele ano.

Com a definição do CN foi possível estimar a chuva excedente para o período de tempo estudado.

Tabela 1: Características da região do córrego do Salto e Número de Curva Médio para o ano de 1.965.

<b>1.965</b>	<b>Área (%)</b>	<b>CN</b>	<b>CN Médio</b>
Cerrado degradado	30,5%	91	27,76
Cerrado	57,0%	81	46,17
Mata ciliar	4,5%	77	3,47
Mineração	0,0%	95	0,00
Ocupação Urbana	0,0%	93	0,00
Pastagem	6,0%	89	5,34
Estrada e Rodovia	0,0%	98	0,00
Sítios	0,0%	91	0,00
Outros	2,0%	89	1,78
	100,0%	CN	<b>84,51</b>

Tabela 2: Características da região do córrego do Salto e Número de Curva médio para os anos de 2.002 e 2.008.

<b>2.002</b>	<b>Área (%)</b>	<b>CN</b>	<b>CN Médio</b>	<b>2.008</b>	<b>Área (%)</b>	<b>CN</b>	<b>CN Médio</b>
Cerrado degradado	3,1%	91	2,82	Cerrado degradado	1,0%	91	0,91
Cerrado	19,9%	81	16,12	Cerrado	13,2%	81	10,69
Mata ciliar	1,4%	77	1,08	Mata ciliar	0,8%	77	0,62
Mineração	3,1%	95	2,95	Mineração	3,6%	95	3,42
Ocupação Urbana	25,0%	93	23,25	Ocupação Urbana	34,2%	93	31,81
Pastagem	32,8%	89	29,19	Pastagem	42,7%	89	38,00
Estrada e Rodovia	7,0%	98	6,86	Estrada e Rodovia	1,3%	98	1,27
Sítios	5,4%	91	4,91	Sítios	1,1%	91	1,00
Outros	2,3%	89	2,05	Outros	2,1%	89	1,87
	100,0%	CN	<b>89,23</b>		100,0%	CN	<b>89,59</b>

### Hidrograma Unitário Triangular e Hidrograma Total

Tendo como dados o tempo de concentração ( $t_c$ ) e o período de duração da chuva, determinou-se o tempo de pico ( $T_p$ ), o tempo de base ( $T_b$ ) e a vazão de pico ( $Q_p$ ). Com esses resultados foi possível traçar os gráficos dos hidrogramas triangulares dos anos de 2002 e 2008 e que podem ser observados nas figuras 19 e 20 (tratam-se dos hidrogramas menores nas duas figuras).

Como o método triangular depende basicamente do tempo de concentração e da área da bacia, as vazões de pico encontradas foram da ordem de  $42,0 \text{ m}^3/\text{s}$  para as duas situações, diferenciando somente no tempo de início da chuva excedente, já que o começo do hidrograma Triangular para 2002 é em 0,04h e para 2008 é de 0,08h.

Cada uma das chuvas máximas observadas em cada ano de estudo foi distribuída aplicando-se o método de Huff 1º Quartil, para um período de chuva de 2 horas.

O hidrograma total para a bacia do córrego do Salto foi alcançado aplicando-se sobre o HUT às precipitações efetivas e, efetuando-se a convolução necessária. Este hidrograma foi traçado juntamente nos mesmos gráficos que o HUT. Vale ressaltar, que foram desprezadas neste trabalho as vazões de base e, que essas podem ser muito importantes. No caso de trabalhos futuros será necessário verificar se essa bacia apresenta grande regularização quanto à vazão de contribuição do aquífero, assim a vazão de base deve ser acrescentada.

O resultado alcançado para o ano de 2.002 é apresentado na figura 19. Verifica-se que nesse ano a máxima chuva observada foi de 147mm, considerando uma chuva de 2 horas de duração, verifica-se que é uma chuva de período de retorno de 10 anos e que gera uma vazão de pico no hidrograma total da ordem de  $320 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## Hidrograma 2002

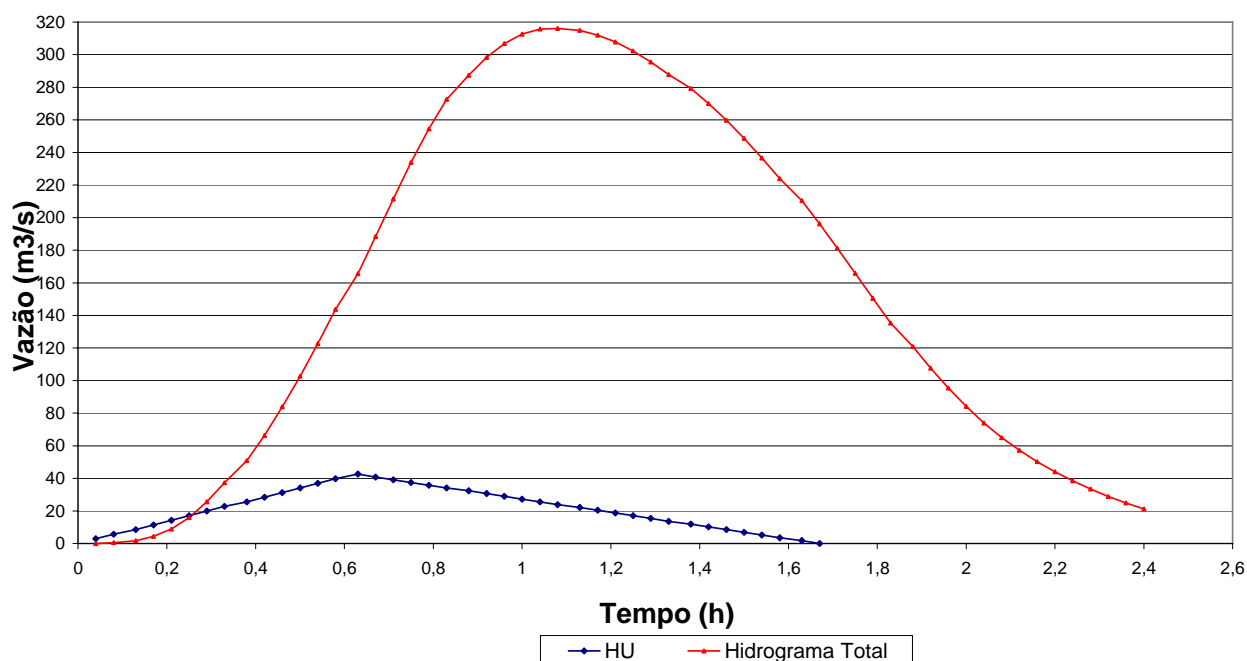


Figura 19: Hidrograma Unitário Trinagular (HUT) e Hidrograma Total para precipitação máxima de 147mm no ano de 2002

A chuva máxima observada em 2.008 foi de 71,8mm, o que foi representado como uma chuva de período de retorno de 2 anos, gerando uma vazão de pico de aproximadamente 120 m³/s, para o ano estudado.

## Hidrograma 2008

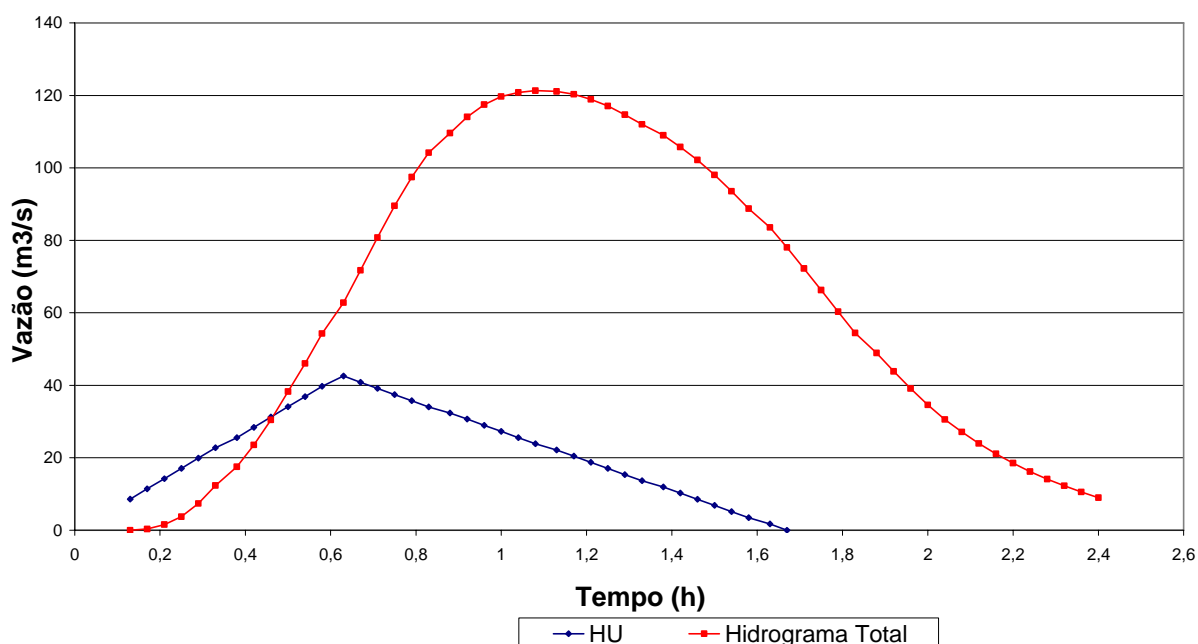


Figura 20: Hidrograma Unitário Trinagular (HUT) e Hidrograma Total para precipitação máxima de 71,8mm no ano de 2008.



### Hidrograma Sintético pelo Método de Chicago

Os hidrogramas traçados por esse método foram estudados utilizando-se de um  $\gamma = 0,37$ , esse valor foi escolhido baseando-se em estudos anteriores de hidrogramas para a cidade de Uberlândia-MG.

Assim, são apresentados nas figuras 21 e 22 os hidrogramas obtidos pelo método Chicago para períodos de retorno de 10 anos, no qual a intensidade máxima foi de 240mm/h e de 2anos, onde a intensidade máxima foi de aproximadamente 160mm/h, respectivamente.

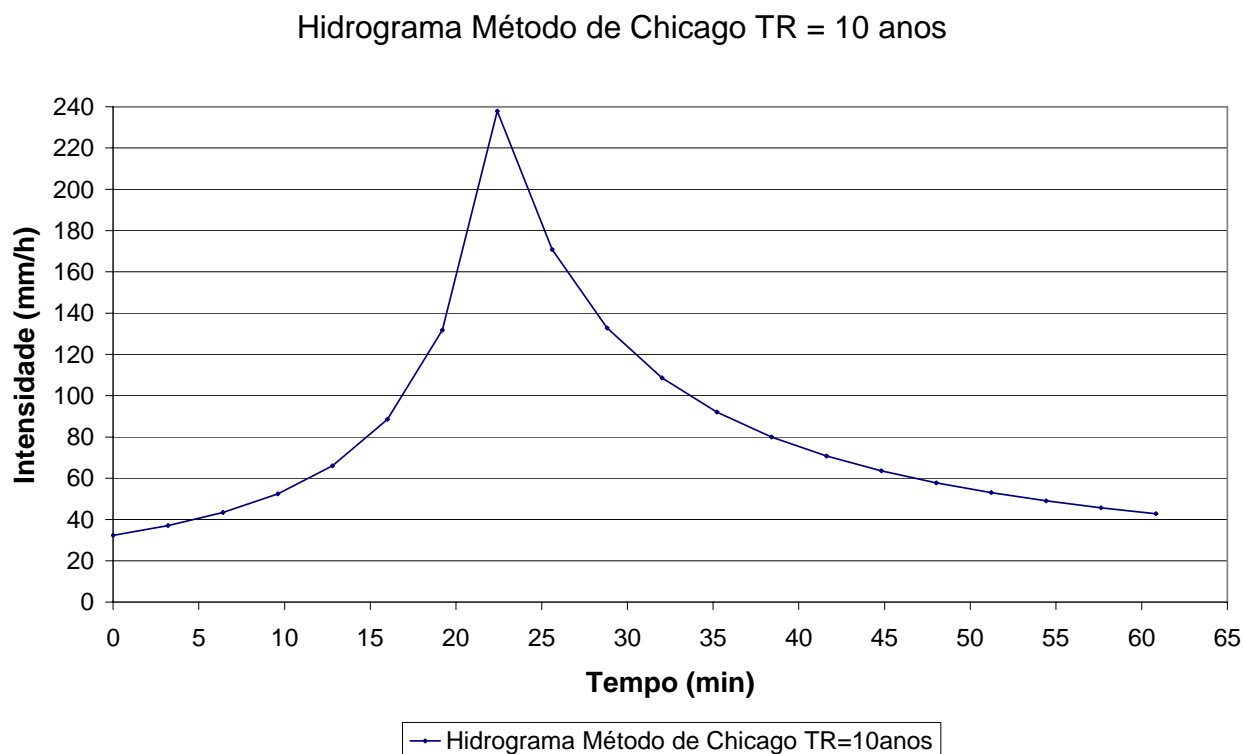


Figura 21: Hidrograma Total pelo Método de Chicago para TR = 10anos.

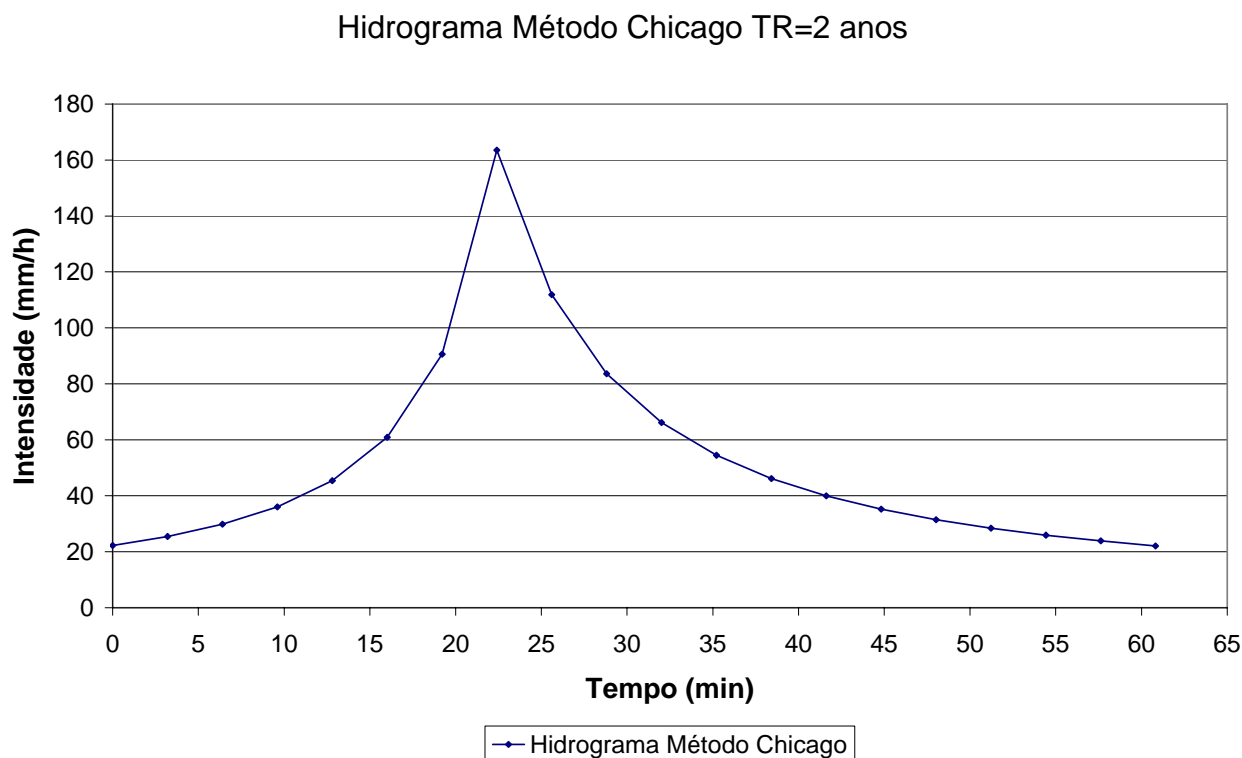


Figura 22: Hidrograma Total pelo Método de Chicago para  $Tr = 2$  anos

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do córrego do Salto apresenta grande alteração devido a ações antrópicas sobre ela, apresentando resíduos sólidos, assoreamento, etc. Essa bacia contempla algumas medidas legais para sua conservação, tais como a criação da APP nas margens do córrego, replantio de vegetação e lançamento de peixes no córrego, na tentativa de recuperar sua vida aquática.

A apresentação dos hidrogramas serve como estimativa das possíveis vazões encontradas em situações extremas nos anos de 2002 e 2008. Com nesses dados hidrológicos será possível planejar essa bacia estiano enchentes que possam ser geradas devido a forma de ocupação da mesma.

Os hidrogramas aqui apresentados necessitam ainda de calibração, a princípio os hidrogramas estimados pelo método da SCS apresentam vazões inferiores quando comparadas com os resultados apresentados pelo método de Chicago.

Espera-se em trabalhos futuros calibrar esses hidrogramas, afim de averiguar o método que melhor estima as vazões para as bacias urbanas de Uberlândia, tendo em vista a necessidade de planejamento urbano e do Plano Diretor

## BIBLIOGRAFIA

BERTONI, J.C. & TUCCI, C. E. M. (2000). "*Precipitação*", in. *Hidrologia, Ciência e Aplicação*. Org. por Tucci, C. E.M. ABRH, ed. UFRGS: Porto Alegre – RS, pp.177 - 241.

- CANHOLI, A. P. (2005). *Drenagem Urbana e Controle de Enchentes*. Oficina de Textos. São Paulo-SP, 302 p.
- COLLISCHONN, W. & TASSI, R. (2011). "*Hidrograma Unitário*", in. *Introduzindo Hidrologia*. Org. por Collischonn, W., IPH - UFRGS: Porto Alegre – RS, pp.115 - 133.
- PEREIRA, C.E.; SALLA, M.R.(2010) "*Estudo de chuvas intensas e da Chuva de Projeto pelo Método Chicago no Sudoeste de Mato Grosso*". In Anais do XXIV Congresso Latinoamericano de Hidráulica, Punta Del Este, Uruguai, Nov. 2010.
- RIGHETTO, A.M. (1998). "*Métodos Estatísticos e Quantificação da Chuva*" in. *Hidrologia e Recursos Hídricos*. EESC/USP São Carlos. pp. 157 - 226.
- SILVEIRA, A. L. L. (1998). "*Hidrologia Urbana no Brasil*", in: *Drenagem Urbana, Gerenciamento, Simulação, Controle*, Org. por Braga, B.; Tucci, C.E.M.& Tozzi, M., ABRH, Publicações nº 3, ed. UFRGS, Porto Alegre – RS
- TEIXEIRA, W. [et al.]. (2000). *Decifrando a Terra*. Oficina de Textos. São Paulo-SP.
- TUCCI, C. E. M. (2000). "*Escoamento Superficial*", in. *Hidrologia, Ciência e Aplicação*. Org. por Tucci, C. E. M. ABRH, ed. UFRGS: Porto Alegre – RS, pp.301 - 442.
- VILLELA, S.M. & MATTOS, A. (1975). *Hidrologia*. Editora Mc-Graw Hill, São Paulo.
- VON SPERLING, M. (1996) *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. DESA; UFMG. Belo Horizonte-MG.