



PREJUÍZOS NO SISTEMA DE DRENAGEM DAS RODOVIAS SUSCITADOS PELO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

ARTIGO ORIGINAL

PEREIRA, Leandro de Assis ¹

RODOVALHO, André Bezerra ²

PEREIRA, Leandro de Assis. RODOVALHO, André Bezerra. **Prejuízos no sistema de drenagem das rodovias suscitados pelo processo de urbanização**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 03, Vol. 03, pp. 05-18. Março de 2020. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/drenagem-das-rodovias>

RESUMO

O artigo exemplifica, com o estudo de caso sobre adequação do sistema de drenagem compreendido no perímetro urbano do município de Formosa/GO, entre o km 1,50 e km 3,50 da BR- 020/GO, relatando os problemas da expansão urbana desordenada e sem a adequada projeção de dispositivos de drenagem que prejudicam o tráfego rodoviário. Dessa forma, projetos que anteriormente foram projetados e construídos sem a interferência urbana devem ser readequados e dimensionados de forma a apresentar soluções de drenagem mais condizentes com a realidade atual da região.

¹ Pós-graduado em Gestão Pública pela Universidade Anhanguera-UNIDERP, Pós-graduado em Gerenciamento de Projeto pela Universidade Cândido Mendes – UCAM/PROMINAS, Pós-graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade Cândido Mendes – UCAM/PROMINAS, Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Goiás – UEG.

² Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Goiás – UEG.



Palavras-chave: Urbanização, dispositivos de drenagem, segurança viária, BR-020/GO.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil as áreas de urbanização adjacentes as rodovias tornam-se cada vez mais comuns, sendo que a expansão descontrolada sem o devido planejamento e estrutura em torno de trechos rodoviários causam graves problemas para a segurança viária (BRASIL, 2006).

As urbanizações ao longo das rodovias, juntamente com suas estruturas impermeáveis, são inevitáveis e problemáticas, principalmente quando ocorre de forma desordenada, pois em geral modifica a superfície do solo interferindo na fase terrestre do ciclo hidrológico, reduzindo a área de infiltração. Isso, por sua vez, altera o padrão de drenagem o que geralmente provoca inundações e problemas ambientais relacionados. O impacto disso é severo em estruturas espaciais como estradas.

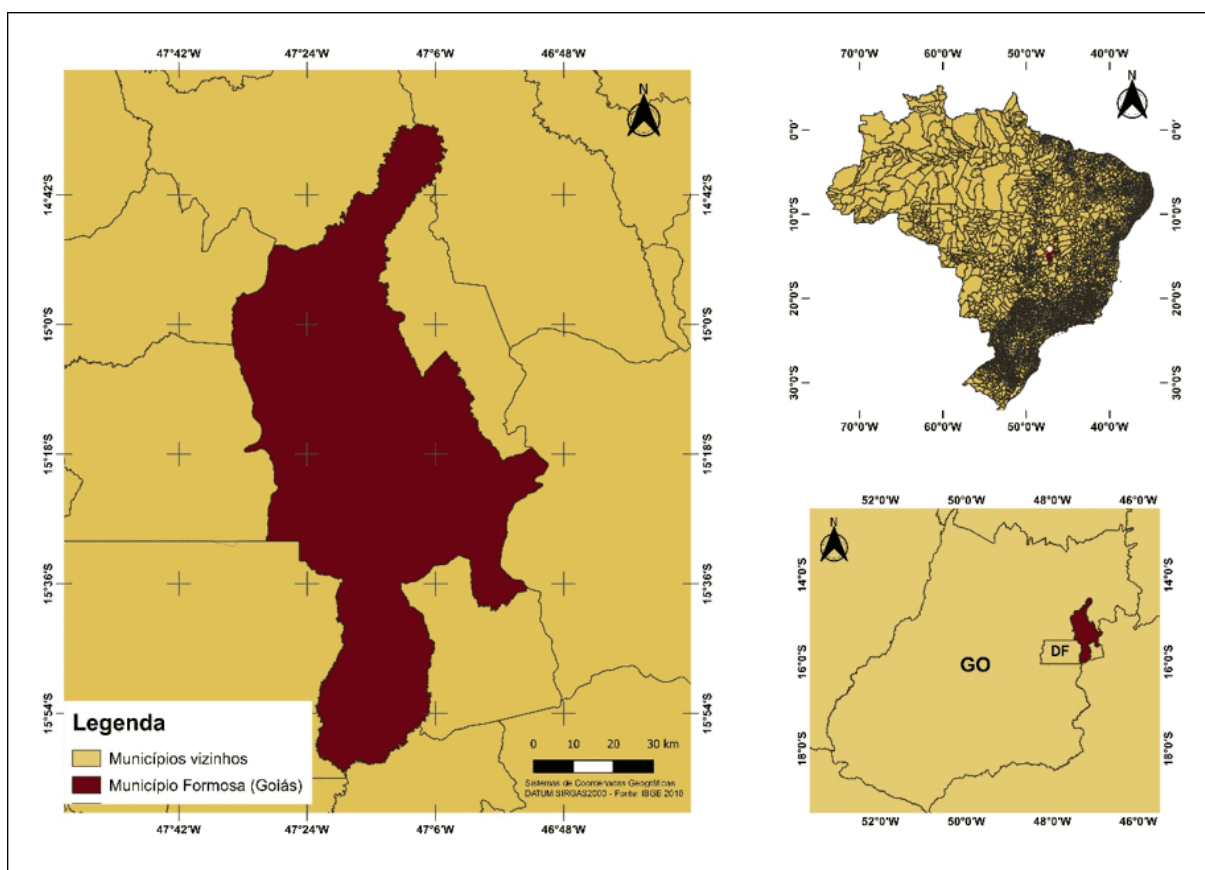
Conforme Tucci (2004), o processo de urbanização gera maior demanda de infraestrutura, incluindo a necessidade de instalações de dispositivos de drenagem de águas pluviais urbanas e rodoviárias, sendo necessário para a execução de projetos e obras eficazes que envolva aspectos legais, institucionais, tecnológicos e sociológicos.

As instalações de drenagem de águas pluviais urbanas e rodoviárias inadequadas ou não integradas prejudicam o desempenho da infraestrutura rodoviária acarretando diversos prejuízos como: inundações, erosões, insegurança para os veículos em circulação e para toda a população urbana que vive as margens da rodovia, entre outros (BRASIL, 2006).

O trabalho elucida a situação do município de Formosa que é pertencente ao estado de Goiás, situado a 80 quilômetros da capital federal, com população estimada de 120 mil habitantes e integra a microrregião do leste goiano no entorno do Distrito Federal tendo como principal ligação a rodovia BR-020/GO (IBGE, 2018).

Formosa possui constante crescimento populacional e entre os anos de 2010 e 2018 ocorreu o aumento de cerca de 20% da população do município (IBGE, 2018). Aumento esse, que desencadeou problemas de drenagem as margens da rodovia BR-020/GO.

Figura 1: Localização do município de Formosa, Goiás.



Fonte: IBGE, 2019

2. METODOLOGIA

Na fase preliminar dos estudos, foram utilizados levantamentos topográficos, coleta dos dados hidrológicos e pesquisas para determinar a cobertura existente e o nível de integração entre a infraestrutura urbana e a infraestrutura rodoviária de drenagem das águas pluviais. As áreas das bacias foram delimitadas utilizando curvas de nível de 5 a 15 metros, imagem de satélite do Google Earth (2014) e o Software Auto Cad Civil

RC: 46536

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/drenagem-das-rodovias>

3D. Os dados coletados foram processados e analisados para caracterizar as soluções de drenagem no segmento da rodovia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a expansão urbana, foi retirado a cobertura vegetal para pavimentação de ruas, construções e edificações, ocasionando sérios impactos ambientais, como a impermeabilização do solo que minimizava a infiltração e aumentava o escoamento superficial.

A expansão urbana que ocorreu adjacentes a rodovia BR-020/GO alterou as condições da cobertura vegetal das bacias hidrográficas que foram consideradas na implantação da rodovia. Como consequência, ocorreu o aumento do deflúvio superficial, que resultaram em inundações nas áreas marginais a rodovia, acidentes, interrupção do trânsito mesmo temporariamente e danos em imóveis residenciais e nos estabelecimentos comerciais. A figura 2, mostra o comparativo da ocupação urbana na bacia hidrográfica no ano de 1984 e 2010.

Figura 2: Comparativo da ocupação urbana na bacia hidrográfica nos anos de 1984 e 2010



Fonte: Google Earth, 2019.

Com o aumento da vazão superficial, devido a impermeabilização do solo e a concentração do fluxo das águas pluviais nas vias urbanas, os dispositivos de drenagem instalados na rodovia BR-020/GO ficaram insuficientes e propensos a inundações principalmente, no segmento do km 1,50 ao km 3,50 que possuíam 3 (três) bueiros com diâmetro de 60,0 cm. A figura 3 demonstra a situação que se encontrava o segmento em 2015, pouco antes do início da obra de adequação.

Figura 3: BR-020/GO, no segmento do km 1,50 ao km 3,50.



Fonte: Arquivo DNIT.

A solução para adequar a estrutura da rodovia, visando captar e conduzir as águas pluviais advindas do município, foi a implantação de dispositivos de drenagem (galerias, descidas d'água, poços de visita e dissipadores de energia), de modo a encaminhar adequadamente o afluente garantindo a durabilidade da rodovia e a segurança viária.

Foram utilizados os parâmetros para o estudo hidrológico e hidráulico do local, seguindo, as metodologias preconizadas pelo DNIT como: Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem IPR – 715, Manual de Drenagem de Rodovias



IPR– 724 e Diretrizes básicas para estudos e projetos rodoviários: escopos básicos / instruções de serviço IPR – 726.

Como ocorre na maioria dos municípios do Brasil, verifica-se em Formosa/GO problemas na oferta de infraestrutura física e serviços para atender à taxa de crescimento da população urbana.

Segundo Silva Jr. e Ferreira (2008), as rodovias são um dos principais agentes motores no crescimento urbano. Em diversas cidades é comum observar o crescimento urbano adjacentes as margens das rodovias, que causam diversos conflitos. Contudo, a falta de articulação entre as diversas esferas de poder federal, estadual e municipal, dificultam o tratamento adequado dos problemas ligados à presença de rodovias em áreas urbanizadas.

O principal problema verificado na área de estudo, é o fluxo de escoamento de águas pluviais, como resultado da urbanização e pavimentação de superfícies associadas ao bloqueio do gerenciamento do trabalho da rede de drenagem de águas pluviais urbanas.

Devido à falta de previsão de infraestrutura de drenagem de águas pluviais urbanas e rodoviária, pelo fato do crescimento urbano que ocorreu adjacente a rodovia BR-020/GO, ocorreram inundações pontuais na rodovia, acidentes, interrupções na rodovia entre outros danos.

No levantamento dos pontos críticos da rodovia, foram identificados que as inundações ocorriam com maior frequência na bacia hidrográfica localizada entre o km 1,50 e o km 3,50 da rodovia.

Assim, considerou-se para o cálculo das vazões a divisão da área contribuinte em seis bacias hidrográficas, levando em consideração as vias urbanas com deságue na rodovia (figura 4).

Figura 4: Delimitações e áreas das bacias de contribuição.



Fonte: Google Earth, 2019.

Para adequar a infraestrutura de drenagem contemplando a urbanização atual, utilizou-se o método racional que contempla bacias de pequeno porte ou em áreas urbanas com limites de até 4,0 km² para a descarga máxima de uma enchente de projeto juntamente com a intensidade da chuva e o coeficiente de escoamento (BRASIL, 2006).

A vazão de pico para uma dada duração da chuva excedente, igual ao tempo de concentração, foi calculada pela fórmula apresentada a seguir:

Onde:

$$Q_p = \frac{c i A}{3,6}$$



Q_p = vazão de pico (m^3/s);

c = coeficiente de escoamento superficial;

i = intensidade da precipitação ($mm.h^{-1}$);

A = área da bacia (km^2).

O coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente runoff, ou coeficiente de deflúvio, considera vários fatores físicos da bacia hidrográfica, como o tipo de solo e sua ocupação, o grau de impermeabilização da região, a intensidade da chuva incidente na bacia e demais. Sendo que, para a facilidade de uso, esse coeficiente foi convencionado de acordo com o tipo de utilização do solo (HOEPFNER, 2007).

A figura 5 mostra valores do coeficiente de escoamento superficial para os diferentes tipos de utilização do solo (BRASIL, 2005).

Figura 5: Valores do Coeficiente de Escoamento Superficial.

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "c"
Comércio:	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial:	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
Industrial:	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos baldios	0,10 a 0,30

Fonte: BRASIL, 2005

RC: 46536

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/drenagem-das-rodovias>



Para a intensidade da chuva utilizou o dimensionamento tendo por base a precipitação máxima, que é a ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica. Assim, conforme Costa e Prado (2003), com os dados pluviográficos do local de interesse o estudo te leva a montagem de equações de chuvas e neste caso, para a seguinte formulação:

Onde:

$$i = \frac{B2 * T^{\alpha}}{(tc + c)^B}$$

T = tempo de recorrência em anos;

c = coeficiente de escoamento superficial;

tc = tempo de concentração (min);

B2, α , B = parâmetro local conforme figura 6.

Figura 6 – Parâmetros Locais da Equação de Chuva – Formosa/GO

Nº	Estação	UF	Coordenadas		Parâmetros Locais			
			Latitude	Longitude	B	C	B1	B2
49	Formosa	GO	15º 32'	47º 20'	0,821275	11,4	21,2983	24,1153

$$\alpha = 0,14710;$$

Fonte: Águas Pluviais Urbanas – Curso Básico de Hidrologia Urbana Guia do profissional em treinamento - Recesa

A escolha do período de retorno ou tempo de recorrência para a descarga máxima de uma enchente de projeto significa a escolha de um risco aceitável para a obra desejada, portanto seu dimensionamento deve levar em conta os riscos envolvidos



quanto à segurança da população, as perdas materiais e a aplicação justa dos recursos públicos, lembrando que quanto maior o tempo de recorrência, mais volumoso será o caudal e mais elevado o custo da obra. A definição da intensidade da precipitação e de seu período de retorno definirá o risco da obra (TUCCI, 2004).

O período de retorno é entendido como o período em que um determinado evento hidrológico é igualado ou excedido em um ano qualquer. Em linhas gerais, são adotados os períodos de recorrência de 15 a 25 anos para bueiros que trabalham como canal e 25 a 50 anos para bueiros como orifício.

Com relação ao tempo de concentração da bacia hidrográfica, este é definido como o tempo do percurso em que o deflúvio no seu curso principal é levado até o ponto mais longínquo onde se deseja fazer a descarga. Para o seu cálculo é avaliado principalmente a área da bacia onde na obra em questão foi utilizado o método de Kirpich que foi desenvolvido para bacias menores que 0,8 km² com a seguinte formulação:

Onde:

$$t_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

t_c = tempo de concentração (horas);

L = comprimento do curso d'água, em km; e

H = desnível máximo, em m.

Assim, para a correção dos prejuízos na drenagem causados pela urbanização do município de Formosa/GO, foram estimados as vazões máximas de projeto, contemplando a urbanização em 2015 (tabela 1).

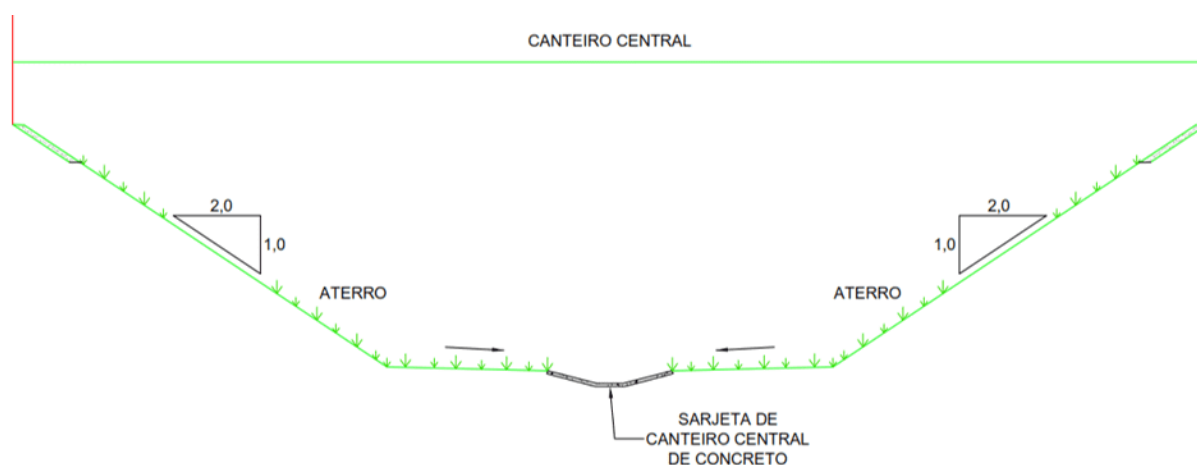
Tabela 1: Cálculos das Vazões

Bacias	Bacia 1	Bacia 2	Bacia 3	Bacia 4	Bacia 5	Bacia 6
Área (km²)	0,26	0,22	0,51	0,21	0,33	0,28
Coeficiente de Deflúvio	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Intensidade de Chuva (mm/hora)	139,91	147,67	148,51	148,51	152,06	134,80
Vazão (m³/s)	6,52	5,96	13,82	5,65	9,13	6,90

3.1 CANTEIRO CENTRAL ENTRE A PISTA E A CIDADE

Para o escoamento das águas pluviais na rodovia, advindas do perímetro urbano da cidade de Formosa/GO, foi proposto a construção de um canteiro, com largura de 11,00 m por aproximadamente 1.300 m de extensão, construído no lado esquerdo da pista (sentido Formosa/GO-Alvorada/GO), com profundidade de 1,00 m, talude 2:1 e ainda a construção de Sarjeta de Canteiro Central de Concreto. Com objetivo de proteção dos taludes, evitando a formação de erosões, realizou-se o enlívamento, sendo a espécie recomendada a grama batatais (*Paspalum notatum*).

Figura 7: Desenho esquemático do perfil longitudinal do canteiro central.



Fonte: Elaboração Própria

RC: 46536

Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/drenagem-das-rodovias>

Figura 8: Registro fotográfico do canteiro concluído da BR-020/GO, no segmento do km 1,50 ao km 3,50



Fonte: Arquivo DNIT

3.2 BUEIROS

No dimensionamento dos bueiros, foram necessários considerar a capacidade de descarga máxima das galerias e o desnível mínimo necessárias para manter a obra dentro da faixa de domínio da rodovia. Foram dimensionadas três linhas de bueiros perpendiculares à rodovia, sendo 2(duas) linhas de Bueiros Triplo Tubular de Concreto (BTTC) com diâmetro de 1,50 m e uma linha de bueiros triplo tubular de concreto (BTTC) diâmetro de 1,20 m. Os bueiros BTTC foram locados nos quilômetros 2,25, 2,40 e 2,85. A figura 9 demonstra a magnitude dos bueiros comparados aos anteriormente descritos no projeto inicial.

Figura 9: Bueiro BTTC



Fonte: Arquivo DNIT

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho mostra o impacto gerado pelo crescimento urbano desordenado com a ocupação do solo de forma incorreta e muitas vezes sem o atendimento à regulamentação urbana. A necessidade de adequação nos elementos de drenagem da rodovia BR-020/GO, no segmento do km 1,50 ao km 3,50, foram necessárias devido, principalmente, a ocupação urbana desordenada a montante da rodovia, que alteraram as condições de permeabilidade do solo aumentando o fluxo pluvial superficial e, ainda, concentraram o escoamento nas ruas adjacentes a rodovia e comprometeram a descarga máxima suportável pelos elementos de drenagem.

Dessa forma, a obra realizada demonstra a importância de se estar atento as alterações de ocupações nas rodovias e que os projetos iniciais devem ser sempre mutáveis com o passar do tempo para um melhor atendimento das novas exigências,



seja das prefeituras, estados ou governo federal que devem tomar suas decisões de forma conjunta afim de diminuir prejuízos. Não tendo essas novas exigências, é de extremo valor a realização de manutenções preventivas enquanto o cenário permanece inalterado.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério dos Transportes – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. - 2. ed. - Rio de Janeiro, 2005. 133p. (IPR. Publ., 715).

BRASIL. Ministério dos Transportes – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Manual de drenagem de Rodovias**. - 2. ed. - Rio de Janeiro, 2006. 333p. (IPR. Publ., 724).

BRASIL. Ministério dos Transportes – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Diretrizes básicas para estudos e projetos rodoviários: escopos básicos / instruções de serviço**. - 3. ed. - Rio de Janeiro, 2006. 484p. (IPR. Publ., 726).

COSTA, A. R. da; PRADO, L. A. **Espacialização de chuvas intensas para o Estado de Goiás e o sul de Tocantins**. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, São Paulo, v.23, n.2, p.268-276, mai/ago, 2003.

GOOGLE EARTH. Google Earth. website. <http://earth.google.com/>. Consulta realizada em 20/08/2019.

HOEPFNER, Ana Cristina. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE VAZÕES DE PICO ESTIMADAS PELO MÉTODO RACIONAL E PELO MÉTODO DO SCS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BOM RETIRO EM JOINVILLE-SC**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.



IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – mapas, 2019.
<https://mapas.ibge.gov.br/>. Consulta realizada em 20/08/2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – panorama,
2019. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/formosa/panorama>. Consulta realizada em
20/08/2019.

RECESA. Curso Básico de Hidrologia Urbana: nível 3 / Costa, Alfredo Ribeiro da;
Siqueira, Eduardo Queija de; Menezes Filho, Frederico Carlos Martins de. Brasília.
2007.

SILVA Jr. S. B.; FERREIRA, M. A. G. (2008) Rodovias em áreas urbanizadas e seus
impactos na percepção dos pedestres. Revista Sociedade e Natureza. v. 20, n.1, p.
221 –237.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: Editora da
UFRGS/ABRH, 2004.

Enviado: Janeiro, 2020.

Aprovado: Março, 2020.