

Alternativas para controle de erosão no Município de Acreúna – GO.

Freire¹, Antônio Pires, Prado², Fernando Luiz de Souza

Resumo

Diversas cidades brasileiras sofrem com a precária infraestrutura existente e com falta de planejamento da drenagem urbana. Devido a isto, este artigo enfatiza a formação de um processo erosivo que desenvolve-se ao longo dos anos em Acreúna. A caracterização do estudo foi mediante determinação da erodibilidade do solo, erosividade da chuva e análise tátil visual do solo, para assim serem propostas alternativas no controle de erosões. Tais alternativas destacam método convencional e sustentável na solução do problema, mostrando um comparativo entre ambos, suas vantagens, desvantagens e estimativa de custos em cada método. Através do estudo hidrológico foi dimensionada a capacidade da sarjeta, então para o método convencional determinou-se a forma como se coleta e conduz os excedentes de vazão gerados. Sendo indicado a canalização trapezoidal com uso de gabião tipo colchão reno, em busca de uma solução sustentável foi sugerido substituição dos agregados do colchão reno por resíduos de construção civil – RCC. Foi observado que o solo é arenoso e não erodível, no entanto, a chuva tem alta erosividade, o que aliado a vazão concentrada conduz para o desenvolvimento da erosão. Independente da alternativa apresentada, a educação ambiental é um tema que deve ser debatido em todos os níveis educacionais, pois a comunidade se torna responsável por intervir de maneira negativa na infraestrutura do município.

Palavras-chave: Drenagem Urbana. Canalização. Sustentabilidade. RCC.

1. Introdução

A ausência de saneamento básico intensifica os impactos sociais, econômicos e do meio ambiente nas cidades brasileiras. Enfatiza-se entre esses problemas o sistema de drenagem urbana nas cidades que se mostram insuficientes, ocasionando inundações, cheias e alagamentos no decorrer do período chuvoso (ROOKE, RIBEIRO, 2010).

Obras de asfaltamento transformam grandes centros urbanos em áreas impermeabilizadas, assim o escoamento superficial se eleva devido à redução de infiltração das águas pluviais no solo. O controle inapropriado do manejo das águas urbanas provoca o desenvolvimento de processos erosivos em diversos municípios (PNSB, 2008).

¹ antonio.pires22@hotmail.com; graduando em Engenharia Civil, Orientando, UniRV – Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil, Campus Rio Verde, Fazenda Fontes do Saber, Caixa Postal 104. CEP: 75901-970 – Rio Verde – GO.

² fernando.prado@unirv.edu.br, Engenheiro Civil e M.Sc. em Engenharia de Transportes, Orientador, UniRV – Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil, Campus Rio Verde, Fazenda Fontes do Saber, Caixa Postal 104. CEP: 75901-970 – Rio Verde – GO.

Erosão consiste em um conjunto de fenômenos naturais que relaciona a formação de partículas provenientes da desintegração dos solos. É influenciada pelo clima, ação das águas da chuva e vento, características do relevo, atividade biológica nos solos e pela ação antrópica. O uso e ocupação dos solos pelo homem sem o devido planejamento, quando feito de forma desordenada acarreta em sérias consequências, sendo incluídas a perda de solos férteis, o assoreamento de rios, a poluição de corpos hídricos, a redução da quantidade de água disponível para o meio urbano, assim como a ocorrência de deslizamentos de terra nas cidades (CARVALHO *et al*, 2006).

O controle da erosão é essencial para a integridade das cidades, pois este fenômeno compreende problemas sociais e econômicos, com perda da produtividade dos solos e, até mesmo de lotes inteiros. Quando se inicia o processo erosivo é fácil resolver essa situação, no entanto, após atingir proporções maiores, torna-se complicado a sua solução, além de resultar em custos elevados (TUCCI; GENZ, 1995). Sendo evidente este fato como demonstrado na figura 1, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (2008) mostra um Cartograma com a distribuição dos municípios brasileiros que apresentam problemas de erosões.

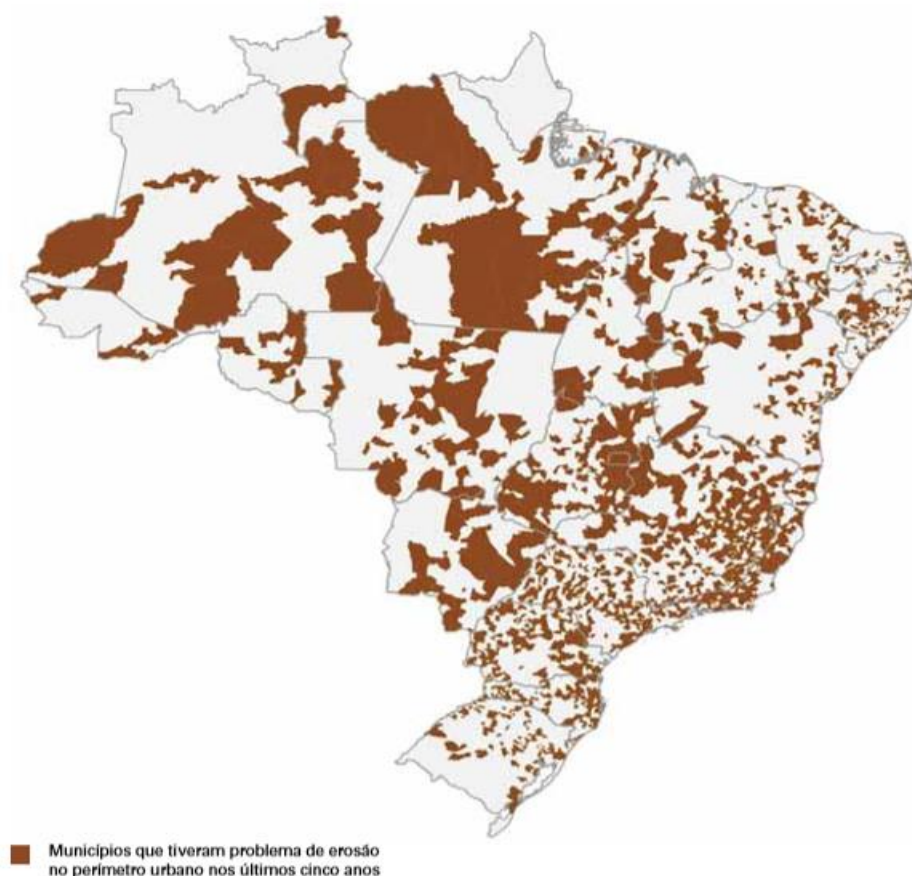


Figura 1 – Distribuição espacial dos municípios que apresentam problemas de erosão na área urbana no Brasil –2008
Fonte: PNSB, 2008.

De acordo com Carvalho *et al* (2006), a preservação ambiental atualmente baseia-se no modelo de desenvolvimento sustentável com defesa no uso racional dos recursos da natureza, devendo preservá-los não somente para a presente geração, mas também para futuras gerações. Para realizar a recuperação ambiental de uma área degradada, é necessário retenção do solo, contenção de erosões, conservação da biodiversidade, sendo assim, restabelecer suas características originais. O planejamento de recuperação de áreas degradadas abrange o plantio de espécies nativas, analisando particularidades do solo e da hidrologia da região.

Para Ferreira *et al* (2014), o gerenciamento de resíduos da construção civil trata-se de uma tarefa que envolve a proposta de desenvolvimento sustentável, assim, o manejo correto de resíduos são ações a serem abordadas nos canteiros de obras. O descarte irregular provoca danos ambientais, o que afeta diretamente a qualidade de vida das pessoas.

A educação ambiental segundo Lei Nº 9.795 (1999) é um processo importante no desenvolvimento da educação individual, o que deve ser inserida em todos níveis educativos, seja no âmbito formal e não-formal. Para Soares e Salgueiro (2007), a educação ambiental torna-se um fator importante na criação de indivíduos conscientes e responsáveis com o meio ambiente, pois vem sendo utilizada como instrumento para reduzir problemas relacionados aos resíduos sólidos.

Em razão da embaraçosa drenagem urbana nas cidades brasileiras, o artigo avalia como estudo de caso uma chácara localizada nos extremos do município de Acreúna- GO. A escolha deve-se pela área ser um dos pontos mais baixos da cidade, portanto suscetível de sofrer o efeito causado pela precária infraestrutura, além do fato da cidade não possuir projetos de drenagem urbana. Por este motivo os moradores da residência são forçados a tolerar erosão no terreno.

Este trabalho tem como objetivo geral estudar e propor soluções alternativas para controle de processos erosivos no Município de Acreúna. Como hipótese nota-se que o asfaltamento das avenidas com redução da infiltração da água nos solos, aliado a uma precária infraestrutura devido não coletar corretamente o escoamento de águas pluviais, cria grandes vazões intensificando erosões em determinadas áreas.

O objetivo específico do artigo consiste em desenvolver comparativos entre métodos de drenagem urbana, destacando vantagens, desvantagens e estimativa de custos para viabilidade econômica em cada solução.

2. Material e métodos

A área de estudo localiza-se em Acreúna como demonstrado na figura 2, uma cidade pertencente ao Estado de Goiás. O município se estende por 1566 km², tendo uma população estimada em 2019 de 22.366 habitantes segundo o último censo (IBGE, 2019). A Chácara F está situada no Setor dos Buritis, na Avenida Alameda Verdão (Latitude 17° 24' 15,72" Sul, Longitude 50° 23' 6,35" Oeste).



Figura 2 – Mapa de Localização de Acreúna
Fonte: Google Maps (2019).

A metodologia do artigo baseia-se em realizar um estudo hidrológico para determinar a vazão estimada por meio da área de contribuição e dimensionar a capacidade da sarjeta, a fim de verificar se haverá transbordamentos sobre meio-fio, o que exigiria dispositivos de captações.

Em seguida foi realizado um estudo dos principais elementos causadores de erosões, analisando a erodibilidade do solo por meio do ensaio de desagregação, erosividade da chuva através de cálculos, além disso, também foi feita análise tátil visual do solo.

Para o método convencional abordou-se brevemente a atual situação de drenagem urbana do município, então à partir disso propôs a melhor maneira de coleta e condução da água pluvial para corpos hídricos receptores. Já para o método sustentável estudou-se alternativas que agridem menos o meio ambiente, buscando formas de melhorar e diminuir o custo de sua utilização. Por fim, mostrou-se comparativos entre os métodos apresentados com destaque em suas vantagens, desvantagens e estimativa de custos.

A metodologia foi estruturada da seguinte maneira:

- Estudo hidrológico
- Estudo dos elementos responsáveis por causar erosões
- Método Convencional
- Método Sustentável
- Comparativo entre os métodos apresentados

2.1 Estudo hidrológico

Nas palavras de Carvalho e Silva (2006), o escoamento superficial é importante para engenheiros, pois, é a fase do ciclo hidrológico que determina a ocorrência e transporte da água na superfície terrestre. Desta maneira, é essencial estabelecer os parâmetros hidrológicos utilizando o método racional, nos quais se encontra a vazão de escoamento, coeficiente de deflúvio, intensidade máxima de precipitação e área de contribuição.

Utiliza-se o método racional segundo Gribbin (2009) para calcular a vazão de pico após um período de chuva, portanto, determina a maior vazão estabelecida por uma bacia hidrográfica. A fórmula do método é expressa pela Equação 1:

$$Q = C \times I \times A \quad (1)$$

Onde:

Q = vazão máxima de escoamento (l/s);

C = coeficiente de Runoff;

I = intensidade média máxima de precipitação (l/s ha);

A = área de contribuição da bacia, em ha.

O coeficiente de deflúvio (C), ou coeficiente Runoff é adimensional definido pela razão entre o volume escoado sobre uma determinada superfície e o volume precipitado, com valores que variam entre 0,0 e 1,0; sua representação se dá pela Equação 2:

$$C = \frac{\text{Volume total escoado}}{\text{Volume total precipitado}} \quad (2)$$

Com base na tabela criada por Azevedo Netto e Fernández (2015) demonstrado no Manual de Hidráulica, pode-se adotar o valor de 0,7 para o coeficiente de deflúvio, mesmo que a bacia de contribuição tenha avenidas asfaltadas, possui grandes lotes com média taxa de ocupação e áreas permeáveis.

Para encontrar o valor da intensidade média máxima de precipitação, utilizou-se a tabela obtida pelo Livro de BOTELHO – Águas de chuva (2017). Devido falta de um posto pluviométrico na cidade e de acordo com relatos de produtores rurais que monitoram constantemente a pluviosidade a fim de gerenciar lavouras, foi estabelecido para o evento de uma chuva crítica e representativa um período de retorno de 10 anos, tempo de duração de 15 minutos e alta pluviosidade, o que determina uma altura de 41 mm de chuva, como observa-se na tabela 1. Transformando-se em mm/h, obtém-se 164 mm/h.

Tabela 1– Precipitações de chuvas

Tabela de precipitação total da chuva (mm)								
Regiões	Tempo de recorrência de 10 anos				Tempo de recorrência de 25 anos			
	Duração em minutos				Duração em minutos			
	15	30	60	120	15	30	60	120
Alta Pluviosidade	41	63	75	110	50	82	118	150
Média Pluviosidade	34	51	61	81	38	63	85	109
Baixa Pluviosidade	27	39	46	51	30	44	52	67

Fonte: Botelho (1985).

Para melhor compreensão e adoção desse valor, foi feita a seguinte conversão de unidade da altura pluviométrica:

$$1 \text{ mm} \rightarrow 1 \text{ l/m}^2$$

$$41 \text{ mm} \rightarrow 41 \text{ l/m}^2$$

$$41 \frac{\text{mm}}{\text{h}} \rightarrow 455,56 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Através do Software Auto Cad demonstrado na figura 3, foi possível delimitar a área de contribuição para o estudo de caso avaliado, por meio de análises da planta de curvas de nível da cidade e visita no local, identificando as linhas principais por onde a água escoar.

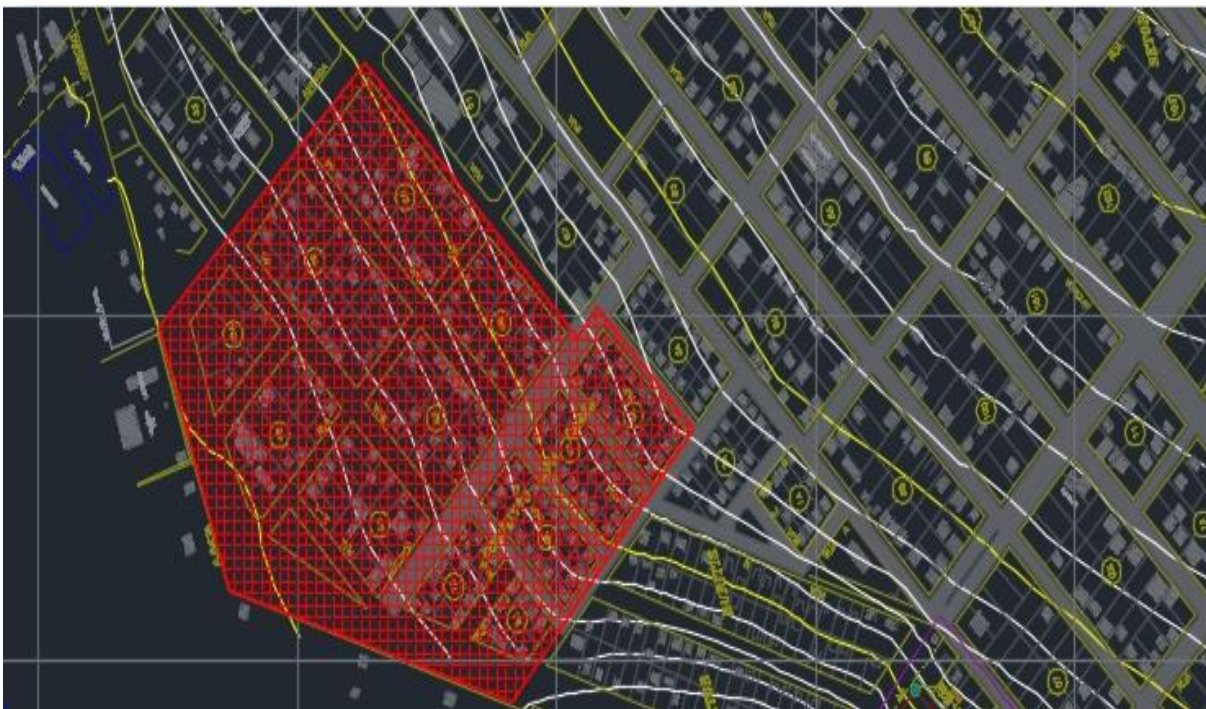


Figura 3 – Delimitação da área de contribuição
Fonte: Autoria própria (2019).

Como nota-se na figura 4 não há muita vegetação, que é um fator de proteção do solo diante ação das gotas de chuva e aumenta a resistência ao escoamento superficial. A diminuição do fluxo de água é importante na estabilização do terreno devido ação de raízes, pois amplia as taxas de infiltração (GIFFONI, 2010). Diante dos transtornos ocorridos ao lado de uma residência com o surgimento desta erosão de aproximadamente 1,1 metros de profundidade e extensão de 105 metros, necessita-se dimensionar a sarjeta para avaliar se haverá transbordamento de água sobre meio-fio, com utilização ou não de pontos de captação (bocas de lobo).



Figura 4 – Erosão devido grandes vazões
Fonte: Arquivo Pessoal (2019).

2.2 Estudo dos elementos responsáveis por causar erosões

O surgimento de processos erosivos não é de fácil entendimento, pois envolve conhecimento de várias áreas, sendo necessário uma visão de diversos fatores relacionados ao fenômeno. A erodibilidade do solo e erosividade da chuva são elementos que influenciam no desencadeamento de erosões (CARVALHO *et al*, 2006). Portanto, antes de se buscar alternativas para resolver o problema, foi feito um estudo dos elementos responsáveis por causar erosões com ensaio de desagregação dos solos, cálculo da erosividade da chuva, além da análise tátil visual dos solos.

No local de estudo foram coletadas amostras indeformadas, com objetivo de avaliar quanto o solo é suscetível à erosão através do ensaio de desagregação. Os procedimentos realizados foram com base no Capítulo 3 do livro “Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro”. Conforme Holmgren e Flanagan (1977 *apud* Santos, 1997), o ensaio de desagregação pode ser classificado por quatro possíveis reações, descritas abaixo:

Sem resposta: a amostra mantém sua forma e tamanho original;

Faturamento: a amostra se quebra em fragmentos, preservando a forma das faces externas;

Abatimento: a amostra sofre desintegração, formando uma pilha de material desestruturado;

Dispersão: as paredes da amostra se tornam difusas com uma “nuvem” coloidal.

De acordo com Lima (2003, *apud* QUIRINO *et al* 2014) os solos são classificados sendo de alta erodibilidade quando as amostras submetidas à submersão se desagregam totalmente, pois devido contato com a água perdem sua estabilidade estrutural. A figura 5 mostra as reações que podem ocorrer no ensaio: sem resposta; fraturamento; abatimento e dispersão.

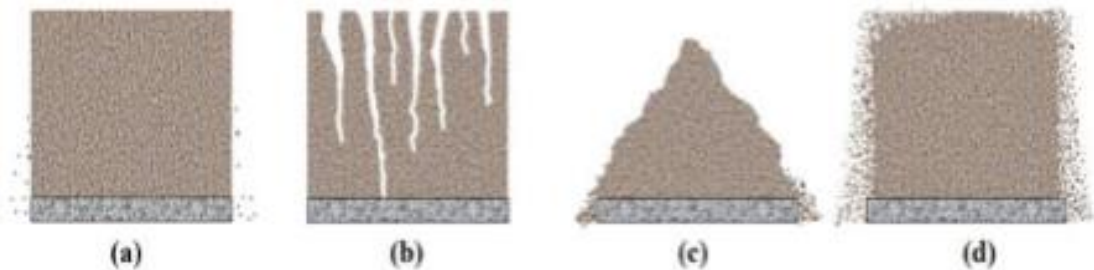


Figura 5 – Ensaio de desagregação total: (a) sem resposta; (b) fraturamento; (c) abatimento e (d) dispersão.

Fonte: QUIRINO *et al* (2014).

O estudo do índice de erosividade anual é importante pois ao longo do ano tem-se uma variação de intensidade das chuvas, portanto, com ênfase em estabelecer um adequado controle das águas pluviais busca-se conhecimento do potencial da chuva em provocar erosão nos solos (BARBOSA e SCHIESSL, 2010).

Para classificação da erosividade da chuva aplicou-se a equação 3 apresentada por Lombardi Neto & Moldenhauer (1980), citada por Enoch e Terlizzie (2005), expressa por:

$$EI_{30} = 67,355 \frac{r^{2,85}}{P} \quad (3)$$

Em que:

EI_{30} = é a média mensal do índice de erosividade das chuvas (MJ.mm/ha.h);

r = é a precipitação média mensal (mm);

P = é a precipitação média anual (mm).

O índice de erosividade anual das chuvas (R) é o somatório dos valores mensais desse índice, conforme equação 4:

$$R = \sum_{1}^{12} EI_{30} \quad (4)$$

A obtenção das informações pluviométricas da cidade foi através da ANA – Agência Nacional de Águas, fornecendo para Acreúna as precipitações em cada mês ao longo de seu registro de séries históricas.

De acordo com Pinto (2006) para manusear solos arenosos é necessário que os grãos estejam umedecidos até os torrões de argila se desprenderem. Os grãos de areia podem ser sentidos pelo tato. Já para situações em que o solo esteja seco, pode-se estimar qual a textura do solo esfregando uma determinada quantidade de solo em uma folha de papel, tendo as partículas finas uma aderência melhor do que partículas de areia.

O tipo de solo e o tamanho de suas partículas influenciam na quantidade de material removido pela erosão. Os solos arenosos podem resistir ao arraste causado por uma chuva fraca pois possui alta taxa de infiltração, no entanto, não tolerariam uma chuva intensa. Já solos coesivos por terem micro poros possuem uma infiltração mais lenta, embora sejam mais resistentes ao transporte de suas partículas (BERTONI e LOMBARDI, 1999).

2.3 Método Convencional

Nas palavras de Cruz, Souza e Tucci (2007), um dos principais problemas que assolam o sistema de drenagem das cidades brasileiras é recorrente do transporte de sedimentos até os canais de escoamento, em sua maioria oriundos do descarte incorreto destes materiais pela população. Tal fato, acarreta na obstrução dos canais intensificando as chances de alagamentos localizados. Poucas medidas preventivas tem sido realizadas para melhorar o gerenciamento de resíduos, sendo limitadas a fracas campanhas de educação ambiental, mecanismos de retenção em curso d'água e ações urbanas ineficientes, como evidenciado na Figura 6, onde observa-se um ponto de boca de lobo múltipla e grelha assoreados.



Figura 6 – Boca de Lobo Múltipla
Fonte: Arquivo Pessoal (2019)

Devido ao fato do sistema de drenagem urbana do município atuar de forma caótica, o método convencional consiste em explicar como deve-se coletar e conduzir a água da chuva, sugerindo o mais adequado dispositivo de captação e a maneira como a vazão deve ser conduzida até o corpo hídrico receptor.

2.4 Método Sustentável

Através de estudos em artigos científicos foi refinado o entendimento sobre controle de erosões e estabilidade de taludes. Não se limitando a leitura de diversas bibliografias, buscou-se uma empresa referência na área geotécnica e implantação de dispositivos de drenagem urbana, então foi feita entrevista com profissionais desta empresa. À vista disso, visando solucionar o problema de maneira sustentável estudou-se os catálogos da Maccaferri, uma empresa que atua há quase 140 anos e reconhecida como líder mundial na fabricação e fornecimento de estruturas para obras na construção civil.

2.5 Comparativo entre os métodos apresentados

Após estudar cada método proposto, para melhor entendimento de suas aplicações foi analisado suas vantagens, desvantagens e estimativa de custos.

3. Resultados e Discussões

3.1 Estudo hidrológico

Na chácara F situada na Avenida Alameda Verdão, o meio-fio encontra-se deteriorado devido a longos anos suportando intenso fluxo de águas da chuva, sendo assim, é necessário estimar uma vazão máxima naquela área para propor as melhores soluções, sem que haja gastos desnecessários. Para isso, foi encontrado a vazão máxima de escoamento da área delimitada, através da equação 1, citada anteriormente:

$$Q = C \times I \times A$$

$$Q = 0,7 \times 455,56 \times 8,65$$

$$Q = 2758,42 \text{ (l/s)}$$

Através da vazão da área de contribuição e da capacidade da sarjeta foi dimensionado a quantidade de dispositivos necessários para coletar a vazão excedente. Diante dos cálculos feitos em planilha eletrônica mostrado na tabela 2, fica evidente a necessidade de 7 pontos de captações, mediante isso deverá ser construído de forma convencional um sistema de drenagem urbana.

Tabela 2 – Dimensionamento de sarjeta

INFORMAÇÕES		
Dados Hidrológicos		
Região	alta pluviosidade	
Recorrência	anos	10
Duração	minutos	15
Precipitação	mm	41
C retorno		0,8
Contribuição	l/s.ha	455,556
Bacia Hidrográfica		
Extensão	km	0,328
Diferença de nível	m	8
Declividade Dist Máx	m/m	0,0244
Sarjeta		

n para concreto rústico		0,016
Inclinação	m/m	0,03
base	m	4,3
altura	m	0,13
DIMENSIONAMENTO SARJETA		
Área de Contribuição	m ²	86427,990
Contribuição	l/s	3149,820
Extensão do trecho	m	328,07
Tipo de sarjeta		meio-fio
Área molhada	m ²	0,2795
Perímetro molhado	m	4,43
Raio hidráulico	m	0,063
Capacidade da sarjeta	l/s	479,52
Velocidade	m/s	1,547
Nº de captações		7

Fonte: Autoria própria (2019).

O coeficiente de retorno foi escolhido pela recomendação da norma ABNT 9649. Segundo Azevedo Netto (2015), meio-fio tem altura de 15 centímetros, admitindo-se um enchimento de 13 centímetros para o dimensionamento. A velocidade 1,547 m/s está entre 0,75 e 3,5 sendo os valores estabelecidos de limites mínimo e máximo. A extensão do trecho e a diferença de cotas do terreno foram determinados através da planta de curvas de nível da cidade.

3.2 Estudo dos elementos responsáveis por causar erosões

As figuras 7 e 8 apresentam um corpo de prova cúbico de 60 mm de aresta submetido à imersão total e parcial após um período de 24 horas. Nota-se que a amostra na primeira situação não sofre desagregação de sua estrutura, apenas desprendimento de algumas partículas, mantendo-se intacta e sendo classificada como “sem resposta” conforme critérios de Holmgren e Flanagan (1977 *apud* Santos, 1997).

Para o ensaio de imersão parcial com pedra porosa, a amostra submetida a ação da água em sua base não apresenta desagregação, inclusive se manteve intacta com submersão de água em 1/3 e 2/3 de sua altura, até quando completamente submersa. O que observou-se foi a ascensão capilar que ocorre de forma rápida na amostra. Os solos com erodibilidade

alta se desagregam totalmente na água, o que não foi observado ao realizar o ensaio, demonstrando que o solo estudado não é erodível.



Figuras 7 e 8 – Ensaio de Desagregação: imersão total e parcial.

Fonte: Autoria própria (2019).

Na figura 9 observa-se o fator de erosividade em cada mês calculado através de informações das precipitações do município, em uma série histórica de 20 anos fornecido pela Agência Nacional de Águas – ANA. O somatório de todos os meses representa a erosividade anual, totalizando **8001,22 MJ.mm/há.h.ano**.

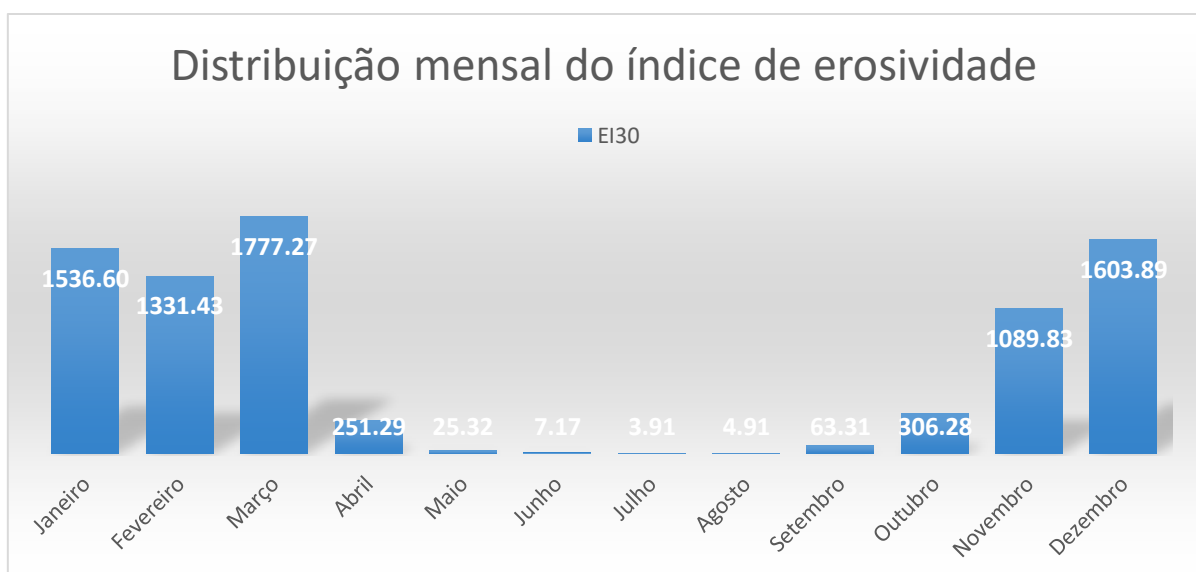


Figura 9 – Valores médios do fator de erosividade da chuva

Fonte: Autoria própria (2019)

Com base na tabela 3 da erosividade anual, foi realizada sua classificação de acordo com Santos (2008). Pode-se concluir que a erosividade das chuvas para o município de Acreúna é considerada como alta, sendo o mês de março e julho com maior e menor potencial erosivo, respectivamente.

Tabela 3 – Classes de Erosividade da chuva média anual

Classes de Erosividade	Valores de erosividade
	MJ.mm/há.h.ano
Muito Baixa	$R < 2500$
Baixa	$2500 < R < 5000$
Média	$5000 < R < 7000$
Alta	$7000 < R < 9000$
Muito Alto	$R > 9000$

Fonte: Adaptado de Santos, 2008.

Em visita ao local de estudo foi realizado a análise tátil visual do solo, percebendo que trata-se de um solo arenoso pois foi observado a falta de aderência em uma folha de papel e também dá para sentir os grãos de areia ao manuseá-los.

3.3 Método Convencional

Diante o resultado de 7 pontos de captações, justifica-se qual o dispositivo recomendado. O esquema da figura 10 mostra uma representação de bocas contínuas de captação, estas com difícil construção se comparado a uma série de bocas de lobo, no entanto, coletam de forma mais eficiente as águas captadas pois seu comprimento é maior, não havendo constantes entupimentos, além da facilidade de manutenções. Seu uso se destina quando o córrego receptor está próximo, sendo uma opção justificável para escoar os volumes de água excedentes na chácara de estudo que localiza-se nos extremos da cidade (BOTELHO, 2017).

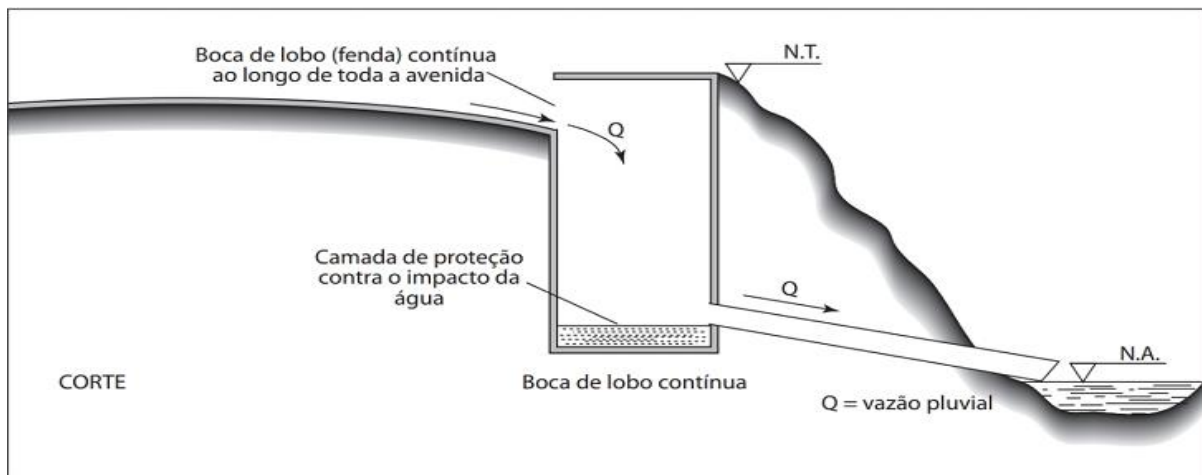


Figura 10 – Boca de lobo contínua
Fonte: Botelho (2017).

As águas coletadas pelas bocas de lobo devem ser conduzidas para galerias e despejadas no corpo receptor, sem transferir novamente o problema a jusante, por este motivo são indicados dissipadores de energia nos pontos de lançamento. Por meio do cálculo da vazão verificou-se que seu valor é elevado, então deve ser implantado dispositivos dissipadores de energia.

A norma DNIT 0222 (2006) destaca que dissipadores hidráulicos tem finalidade reduzir a energia do escoamento gerado através da diminuição de velocidade das águas, com implantação destes dispositivos na saída de emissários para evitar erosões. Os dissipadores de energia mais comuns são os contínuos de concreto: de berço contínuo de pedra argamassada; de caixa de pedra argamassada; monolítico com dentes de concreto e em degraus. Entre tais dispositivos pode ser utilizado na cidade o de pedra argamassada conforme figura 11, devido sua simplicidade pois diminuem a velocidade da água ao colidir com pedras dispostas no percurso.

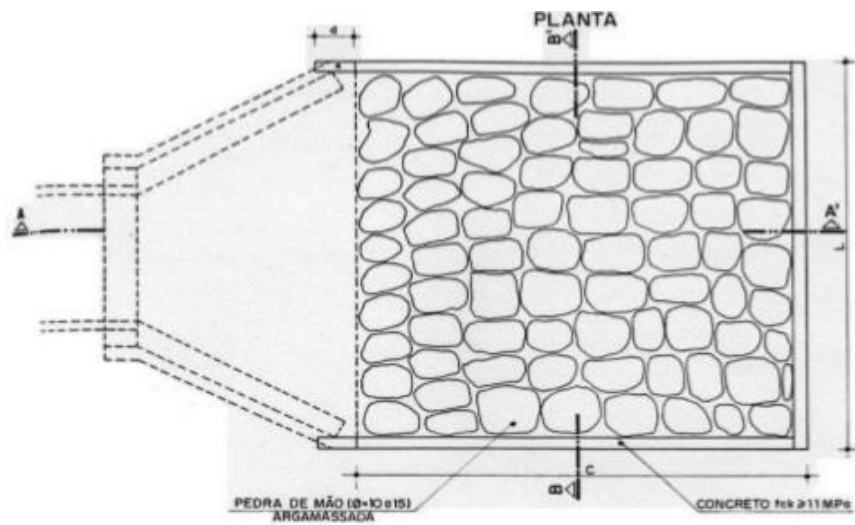


Figura 11 – Planta de dissipador de energia com pedra argamassada
Fonte: Pereira et al, 2009.

3.4 Método Sustentável

Segundo Maccaferri (2014), canalizações são alternativas em obras que pretendem controlar erosões com fluxo intenso de águas. Em situações onde as margens são estáveis pode-se utilizar canalizações trapezoidais como visto na figura 12, que são revestidas com colchão reno na seção do canal. Para o local de estudo não necessita-se conter o solo com gabiões em gaiolas pois não há empuxos laterais significativos, devido não ser uma avenida com constantes cargas em movimento, trata-se de uma área isolada no extremo da cidade.

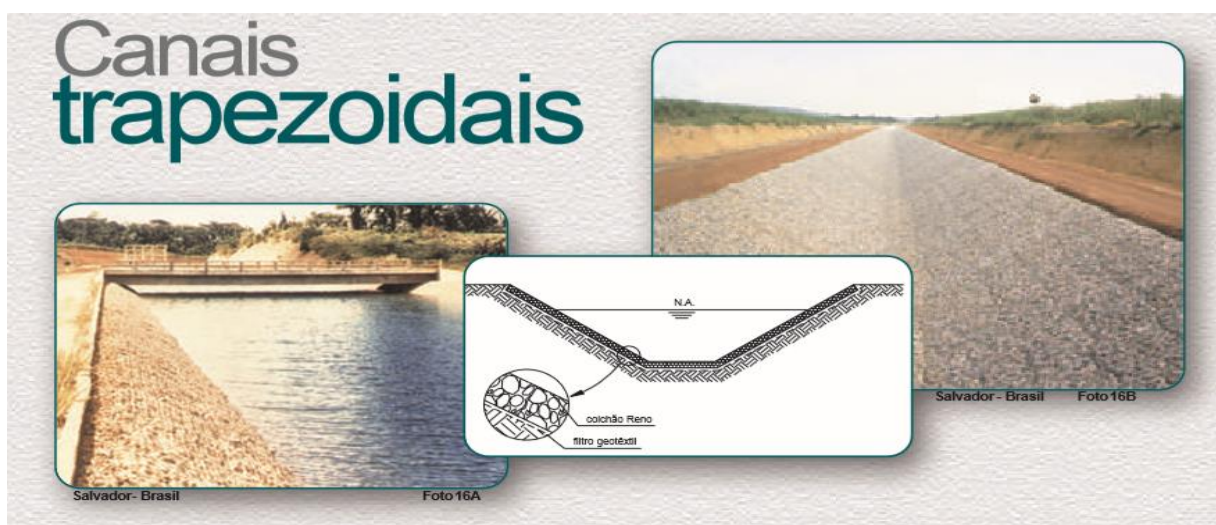


Figura 12 – Seção transversal de um canal trapezoidal com filtro geotêxtil
Fonte: Maccaferri (2014).

Como alternativa visando a sustentabilidade recomenda-se substituir os agregados do gabião tipo colchão reno por resíduos de construção civil – RCC, visto que reduz os impactos ambientais e melhora a qualidade de vida, além de que Kishu *et al* (2017) enfatiza que o custo dos agregados de RCC estão entre 30 a 40% inferiores aos agregados naturais extraídos de jazidas. No entanto, deve-se ter atenção na escolha do material a ser utilizado, conforme Resolução 307 do CONAMA (2002) existem classificações diferentes destes resíduos. Classe A refere-se aos resíduos da construção civil usados como agregados, sendo assim indicados para preenchimento de gabiões desde que sejam com materiais inertes.

Para a alternativa sustentável pode-se reduzir gastos com dissipadores hidráulicos, pois o próprio colchão reno serve como material dissipador de energia, ademais ao longo da canalização não há um desnível significante.

A bioengenharia de solos utiliza-se materiais inertes como concreto, madeira, aço e fibras sintéticas com elementos biológicos, cujo objetivo é estabilizar e controlar erosões (PEREIRA NETO, 2012). Para Gray e Sotir (1996), a bioengenharia consiste numa técnica que associa baixo custo, pois são utilizados materiais naturais à eficácia na estabilização dos taludes, com aumento de áreas verdes, reduzindo assim o impacto visual. Portanto, destaca-se que a alternativa sugerida resolve problemas de erosão devido ao fluxo intenso de águas, o que não seria a melhor opção para instabilidade de taludes ou em casos similares. Em situações cuja vazão não é concentrada, as técnicas de Bioengenharia tornam-se maneiras sustentáveis e mais viáveis do que as canalizações.

3.5 Comparativos entre os métodos apresentados

Segundo Almeida e Costa (2014), as vantagens de um conveniente sistema de drenagem urbana são: desenvolvimento das avenidas, diminui manutenções frequentes em vias públicas, reduz gastos com tratamentos para doenças de veiculação hídrica, proporciona um escoamento rápido das águas pluviais, minimiza atrasos no trânsito e problemas de mobilidade urbana, elimina concentração de águas paradas com recuperação de áreas alagadas. Deste modo, é um dos serviços de saneamento básico que objetiva escoar a água da chuva de maneira a evitar malefícios para a saúde pública, oferecendo segurança e conforto para a população.

A desvantagem de um sistema convencional se dá pela ampliação dos prejuízos relacionados a drenagem urbana que decorre de projetos, devido predominar uma ideia entre os projetistas, de que é preferível encaminhar a água captada para longe de forma rápida. Porém tem notado que essa solução, além de acarretar em custos elevados, apenas gera

transferência do ponto de alagamento, sendo necessário no futuro a elaboração de novos projetos e estruturas ainda mais onerosas e complexas (CRUZ; SOUZA; TUCCI, 2007).

Enfatiza-se que o método convencional objetiva coletar a água escoada e conduzir através de canalizações subterrâneas para corpos hídricos próximos, então, após reduzir a vazão concentrada pela ação da prefeitura com implantação de dispositivos de drenagem, o proprietário deve proceder de maneira convencional o aterramento da erosão e plantio de vegetações para estabilização do solo. Entretanto, segundo Carvalho *et al* (2006) com execução de aterros existe risco do solo ser erodido novamente, se o principal agente causador não for eliminado.

Canalizações trapezoidais possuem vantagens por serem flexíveis e se integrarem ao meio ambiente com facilidades, serem permeáveis permitindo passagem de água entre os vazios dos agregados e econômicas devido baixo custo. No entanto, com o passar dos anos pode acontecer colmatação do meio drenante com redução de sua capacidade de infiltração, sendo uma desvantagem de canalização com gabiões, em razão disso recomenda-se uso de manta geotêxtil que permite o movimento de fluidos, mas sem permitir a passagem de partículas do solo.

Em relação a estimativa de custos, para o método convencional faz-se necessário escavações em avenidas, implantação de bocas de lobo, sarjetas, poços de visita, tubulações subterrâneas, além da utilização do dissipador hidráulico. A tabela de custos SINAPI (Referência 09-19) é útil para fornecer os atuais valores das etapas da obra, mas independente do custo de cada dispositivo, o que torna-se o método convencional mais oneroso são as diversas etapas para concluir o sistema de drenagem urbana. Já para o método sustentável o preço do metro quadrado de colchão reno com 17 cm de espessura é de R\$ 148,8 reais, sendo substituído o material pétreo convencional por resíduos de construção civil, o custo dos agregados reciclados torna-se como mencionado anteriormente de 30 a 40% inferiores ao utilizado com agregados naturais. Enfatiza-se que para a alternativa sustentável o custo indicado inclui o colchão reno com aplicação de anticorrosivos e todo acabamento concluído, necessitando-se apenas escavação do local e transporte do material para sua colocação.

Apesar de mais onerosa a eficiência do método convencional no controle de erosões é questionável, se não for colocado dissipadores hidráulicos na saída dos pontos de lançamento ou devido possibilidade do solo aterrado ser novamente erodido. Já a alternativa sustentável mantém o caminho natural da água, utiliza agregados reciclados e a possibilidade de colmatar é reduzida com aplicação de manta geotêxtil.

4. Conclusões

Acreúna é uma cidade mal planejada devido sequer ter projetos de drenagem urbana, o que isso resulta em uma precária infraestrutura onde os dispositivos do sistema de drenagem não coletam corretamente as águas escoadas, estão obstruídos pelo acúmulo de resíduos ou simplesmente dispõem em quantidades insuficientes. Deste modo, é necessário que seja elaborado um planejamento urbano da cidade com ênfase na sustentabilidade, para que no futuro quando a cidade se tornar uma metrópole, não ocorram os mesmos problemas.

Os moradores relatam que há anos o arraste das partículas do solo vem ocorrendo após o asfaltamento das avenidas, sendo assim, além do fato do meio-fio estar deteriorado e contribuir para a concentração da vazão, o asfaltamento também se justifica como motivo agravante deste fenômeno. Conforme Lei Complementar Nº 21/2011 de Acreúna, meio-fio faz parte da infraestrutura mínima exigida e, portanto, é de responsabilidade do município. Dito isso, desde o início do problema é de responsabilidade da prefeitura ter consertado o meio-fio, além de ter conhecimento de que com o aumento da urbanização e consequente impermeabilização das avenidas, o escoamento superficial elevado necessita de uma maior quantidade de dispositivos de captações na cidade.

A solução do processo erosivo se dá mediante implantação de um sistema convencional de drenagem urbana com responsabilidade da prefeitura ou canalização através de iniciativa privada do dono do lote. Pela falta de planejamento urbano da cidade, enquanto a prefeitura não intervir com implantação de um sistema convencional, os moradores podem solucionar o problema através da alternativa sustentável sugerida. Tal ideia propõe uma canalização na chácara, mas que também pode ser utilizada na cidade, se for em locais cuja vazão seja elevada e concentrada.

Independente da alternativa, convencional ou sustentável, se os moradores da cidade não tiverem consciência de que seus atos, como por exemplo, geração e descarte incorreto de resíduos da construção civil são ações que interferem na eficiência de qualquer sistema proposto. Conforme estabelecido pela Lei Complementar Nº 21/2011 de Acreúna, uma das diretrizes para a gestão de resíduos sólidos consiste em: estimular e promover programas de educação ambiental no município. A educação ambiental é um processo que cria indivíduos capazes de terem uma visão ambiental associando os aspectos econômicos, sociais e ambientais. Torna-se assim um tema que deve ser discutido pois ter o conhecimento para prevenir é melhor do que remediar com custosas soluções.

Para o estudo de caso, devido anos sem a intervenção da prefeitura, a canalização trapezoidal seria o melhor sistema para resolver o problema que ocorre na chácara, e deve

ser utilizada o mais rápido possível, pois processos erosivos tornam-se mais complicados e caros de resolverem se não forem tomadas ações imediatas.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, p. 7. 1986.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Hidroweb – Sistema de informações hidrológicas**. Disponível em: snirh.gov.br. Acesso em: 20/10/19.

ALMEIDA, D. S., & COSTA, I. T. (2014). **A DRENAGEM URBANA DAS ÁGUAS PLUVIAS E SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE E A SAÚDE PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE SANTANA**. MACAPÁ-AP.

AZEVEDO NETTO, J. M., & FERNÁNDEZ, M. F. (2015). **MANUAL DE HIDRÁULICA**. São Paulo: Blucher.

BARBOSA, G. S., & SCHIESSL, M. A. (2010). **Estimativa da Erosividade da chuva (R) na Bacia Hidrográfica do rio Manoel Alves Grande localizado no cerrado tocantinense**. 5.

BERTONI, J.; LOMBARDI, N. F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999

BOTELHO, M. H. (2017). **Águas de Chuvas 4ª edição**, Engenharia das águas pluviais nas cidades. São Paulo: Blucher .

CARVALHO E SILVA. **HIDROLOGIA, Capítulo 7 (2006)**. Apostila UFRRJ. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap7-ES.pdf> Agosto/2006>. Acesso em: 17 de Setembro de 2019.

CARVALHO, J. C., SALES, M. M., SOUZA, N. M., & MELO, M. T. (2006). **PROCESSOS EROSIVOS NO CENTRO-OESTE BRASILEIRO**. Brasília: FINATEC.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Presidente: Jose Carlos Carvalho. Brasília, 2002.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 422**, de 23 de março de 2010. Estabelece diretrizes para as campanhas, ações e projetos de Educação Ambiental, conforme Lei no 9.795, de 27 de abril de 1999, e dá outras providências. Presidente: Carlos Minc. Brasília, 2010.

CRUZ, M. A., SOUZA, C. F., & TUCCI, C. E. (2007). **Controle da Drenagem Urbana no Brasil: Avanços e mecanismos para sua sustentabilidade**. XVII – *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 18.

DNIT (2004). NORMA DNIT 018/2004: **Drenagem – sarjetas e valetas – especificação de serviços**. Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes. 7 pgs.

DNIT (2006). NORMA DNIT 0222/2006: **Manual de drenagem de rodovias**. Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes. 337 pgs.

ENOUGH, J. F. W. L.; TERLLIZIE, W. A. L. **Estimativa da Taxa Média Anual de Erosão no Estado do Tocantins**. 2005. Trabalho apresentado no 8. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, Foz do Iguaçu – PR, 2005.

FERREIRA, A. C; COSTA, F. M; DIAS, I. D. (2014). **GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. *Revista Pensar Engenharia*, 18.

GIFFONI, S. N. (2010). **CARACTERIZAÇÃO COMPORTAMENTAL DAS FEIÇÕES EROSIVAS NA BACIA DO Córrego Campo Alegre com base nos estudos Geológicos-Geotécnicos- Perímetro Urbano de Uberlândia- MG. UBERLÂNDIA**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

GRAY, D. H.; SOTIR, R. B. **Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: a practical guide for erosion control**. New York: Wiley, 1996. 377 p.

GRIBBIN, J. E. (2009). **Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. São Paulo: ed. norte americana.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População estimada 2019 – Acreúna**. Disponível em: www.cidades.ibge.gov.br. Acesso em: 18 de Novembro de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. PNSB, 2008. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 01 de Junho de 2019.

KISKU, N; JOSHI, H; ANSARI, M; PANDA, S. K; NAYAK, S; DUTTA, S. C. (2017). **A critical review and assessment for usage of recycled aggregate as sustainable construction material**. Construction and Building Materials, 131(01), 721–740.

Lei Nº 9.795 – **Lei da Educação Ambiental** (1999). Disponível em: planalto.gov.br. Acesso em: 28/10/19.

Lei Complementar Nº 21/2011, de 15 de março de 2011. “**Institui o Plano Diretor do município de Acreúna e dá outras providências**”. Acreúna, 62 pgs.

MACCAFERRI; **Engineering a better solution: MacGuide**; 2014, 8 pgs.

PEREIRA, D. M., RATTON, E., BLAZI, G. F., PEREIRA, M. D., & FILHO, W. K. (2009). **Dispositivos de drenagem para obras rodoviárias**. Paraná: Universidade Federal do Paraná.

PEREIRA NETO, A. F. (2012). **BIOENGENHARIA NO CONTROLE DE PROCESSOS EROSIVOS DE ÁREAS DE HIDRELÉTRICAS – O CASO DA PCH COSTA RICA (MS)**. Guaratinguetá.

PINTO, C. D. (2006). **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. São Paulo: Oficina de textos.

QUIRINO, G. H., MORAIS, L. S., SILVA, P. B., & MELO, M. T. (2014). **Erodibilidade de Solos: Comparação entre os Ensaios Inderbitzen Modificado e Slaking Test**. COBRAMSEG, 6.

RIBEIRO, Júlia Werneck; ROOKE, Juliana Maria Scoralick. **SANEAMENTO BÁSICO E SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE E A SAÚDE PÚBLICA**. 2010. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Especialização em Análise Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.



SANTOS, R.M.M. (1997) **Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no Município de Goiânia**, Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília.

SINAPI – **Índices da Construção Civil**. Disponível em: caixa.gov.br. Acesso em 26 outubro de 2019.

SOARES, Liliane Gadelha da Costa, e SALGUEIRO, Alexandra Amorim. “**Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos na cidade de Olinda, Pernambuco – um estudo de cas.**” *Revista Ciências & Tecnologia*, 2007: 9.

TUCCI, C. E. M; GENZ, F. **Controle do Impacto da Urbanização**. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.277-347.