

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE FRAGILIDADE DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL URBANO. ESTUDO DE CASO: CENTRO DE MOSSORÓ.

Chesman Lima Feitosa^{1} & Valder Adriano Gomes de Matos Rocha²*

Resumo – O sistema de drenagem urbano de águas pluviais é de extrema importância nos dias atuais, com o aumento da expansão urbana há a necessidade de construções de casas, edifícios, estradas e etc. Dessa maneira é importante o conhecimento e aplicabilidade de um bom sistema de drenagem de águas pluviais, pois esse crescimento gera impactos na infraestrutura hídrica afetando assim o sistema e o ciclo hidrológico, gerando inundações, que é um dos principais problemas das grandes cidades, não só o sistema é afetado mas também o conjunto que rege políticas públicas, planos diretores, saneamento básico, etc. Então a partir dos problemas decorrentes da falha no sistema de drenagem, há a necessidade de tomar medidas que se classificam em estruturais e não estruturais. Portanto o presente trabalho tem como objetivo de pesquisa a análise do sistema de drenagem urbano por meio da aplicação de uma metodologia baseada nos *indicadores de fragilidade do sistema* e fornecer ações, medidas que melhorem os aspectos de controle e proteção nas áreas de inundações da área de estudo definida, que é o centro da cidade de Mossoró/RN.

Palavras-Chave – Drenagem pluvial. Indicadores de fragilidade do sistema (IFS). Inundações urbanas.

EVALUATION OF THE FRAGILITY INDEX OF THE URBAN PLUVIAL DRAINAGE SYSTEM. CASE STUDY: MOSSORÓ CENTER.

Abstract – The system of urban drainage of rainwater is of extreme importance in the current days, with the increase of urban expansion there is a need for constructions of houses, buildings, roads and the like. In this way, the knowledge and applicability of a good rainwater drainage system is important, since this growth generates impacts on the water infrastructure, thus affecting the system and the hydrological cycle, generating floods, which is one of the main problems of large cities, not only The system is affected, but also the set that governs public policies, master plans, basic sanitation, etc. Then from the problems arising from failure in the drainage system, there is a need to take measures that are classified as structural rather than structural. Therefore, the present study aims to analyze the urban drainage system through the application of a methodology based on indicators of system fragility and provide actions, measures that improve the control and protection aspects in the flood areas of the area. Defined study, which is the center of the city of Mossoró / RN.

Keywords – Rain drainage. System Fragility Indicators (IFS). Urban floods.

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido: Chesman_lima@hotmail.com.

² Universidade Federal Rural do Semi-Árido: Gomesdematos@ufersa.edu.br.

1. INTRODUÇÃO

A drenagem urbana das cidades do Brasil está fortemente relacionada ao ciclo hidrológico, que sofre constantes alterações nas áreas urbanas, devido a vários fatores como materiais dispostos pela população, alterações da superfície, canalizações dos rios e construções em lugares indevidos, ocasionando assim inundações indesejadas, colocando em risco a vida da população e causando transtornos a sociedade.

A maioria dos projetos de drenagem pluvial urbana baseia-se apenas em medidas estruturais, com intuito de transferir o escoamento superficial o mais rápido possível, de montante para a jusante, transpondo, no mesmo instante, os problemas no tempo e espaço, demonstrando um aspecto insustentável sob as esferas ambientais, sociais, tecnológicas e econômicas (SILVA *et al.*, 2013).

Portanto este trabalho visa avaliar o sistema de drenagem pluvial urbana do centro de Mossoró, de acordo com a aplicação da metodologia baseada em indicadores de fragilidade do sistema que são de natureza tecnológica, ambiental e institucional.

2. ÁREA DE ESTUDO

O estudo iniciou-se no centro da cidade de Mossoró localizado no estado do Rio Grande do Norte, conforme a figura 1 de acordo com o IDEMA (2008) a precipitação pluviométrica anual normal do município é de 703,7 mm e a observada de 765,7 mm, que indica um desvio de 62 mm. Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) apresenta dados de 1980 a 2015 que indicam que a maior intensidade das precipitações durante o ano ocorre dos meses de fevereiro a abril e os meses de setembro, outubro e dezembro os mais secos.



Figura 1 – Localização da cidade de Mossoró.

2. METODOLOGIA

Neste estudo foi aplicada a metodologia baseada em Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS), a fim de avaliar o sistema de drenagem pluvial urbano do centro de Mossoró. Adotou-se o trabalho realizado por Silva (2004) na Elaboração do Componente de Drenagem do Plano Municipal de Saneamento Ambiental do Município de Alagoinhas-BA.

A metodologia já foi utilizada, modificada e aplicada por Steiner (2011) e Santos Júnior (2013) em análise de outras bacias hidrográficas urbanas, indicando ótimos resultados.

O método resumir-se na identificação de áreas problemas (AP) do centro de Mossoró, na avaliação dos indicadores de fragilidade do sistema e propicia medidas e soluções de drenagem urbana. Dessa forma a metodologia mostra-se adequada para avaliar o sistema de drenagem pluvial urbano do centro de Mossoró, possibilitando a correta abordagem ambiental do tema.

Avaliação geral inicia-se por meio da abordagem dos fatores intervenientes de natureza Climatológica, Ambiental, Tecnológico e Institucional em concordância com a área avaliada segundo a tabela 1, dessa forma diagnosticando o sistema em questão. O diagnóstico se aprofunda com a delimitação das áreas problemas, dispondo a fragilidade do sistema.

Tabela 1 - Fatores que afetam o sistema de drenagem - Silva (2004).

Natureza	Fatores	Abordagem
Climatológico	Regime de chuvas intensas	- representatividade da equação intensidade x duração x frequência
Ambiental	Arranjo do traçado urbano	- interação com a topografia - respeito ao sistema natural de drenagem
	Usos do solo	- nível de impermeabilização dos terrenos - erodibilidade dos terrenos - ocupação marginal dos corpos receptores
	Padrões de conforto das vias	- de pedestres - de grande fluxo de veículos e de pedestres - de grande fluxo de veículos e baixo fluxo de pedestres - de médio movimento - de acesso local
	Interação com demais equipamentos de saneamento urbano	- lançamento de efluentes domésticos na rede - lançamento de outros efluentes na rede - deposição de lixo nas galerias e canais - dispersão de sedimentos nas vias
Tecnológico	Estruturas de micro drenagem	- dimensão dos dispositivos hidráulicos - padrão construtivo - adequação do conjunto de dispositivos - manutenção e conservação dos dispositivos
	Estruturas de macro drenagem	- dimensão dos dispositivos hidráulicos - padrão construtivo - adequação do conjunto de dispositivos - manutenção e conservação dos dispositivos
Institucional	Aspectos gerenciais	- interatividade dos componentes - aporte financeiro no orçamento - recursos humanos - planejamento das ações e estudos existentes
	Aspectos legais	- existência de normas e outros instrumentos - aplicação dos dispositivos

Definido as áreas problemas, avalia para todas, as manifestações dos Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) conforme a natureza, segundo a tabela 2 sendo estabelecido um sistema de pontuação de acordo com a relevância das mesmas como indicado na tabela 3. Cada área problema recebe um indicador que caracteriza o somatório das relevâncias dos IFS. Por fim multiplica-se o somatório das relevâncias dos IFS por diferentes pesos conforme a natureza: tecnológico, ambiental e institucional de cada IFS sendo atribuído os valores 2,3,1 respectivamente, Após a obtenção desse arranjo de informações, obtém para cada natureza o índice de fragilidade e consequentemente o somatório dos índices, que nos fornece o Índice Geral de Fragilidade do sistema permanecendo ou ultrapassando o intervalo de 0 a 130, dessa forma indicando o grau de fragilidade da área variando de muito baixa a muito forte, de acordo com a tabela 4.

Tabela 2 - Indicadores de Fragilidade do Sistema - Silva (2004).

Natureza	Indicadores
Tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> • ineficiência do escoamento nas vias • ineficiência dos dispositivos de coleta • ineficiência da capacidade de transporte dos condutos • demanda de soluções de maior custo • redução da vida útil dos equipamentos • redução da vida útil dos pavimentos
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • degradação física dos terrenos • instabilidade estrutural dos terrenos adjacentes às galerias • favorecimento da produção de sedimentos • diminuição da recorrência das cheias mais significativas • restrição à implantação de áreas de inundação • interferência inadequada no trânsito de veículos • interferência inadequada no movimento de pedestres • ocorrência de alagamentos • contaminação do corpo receptor • potencialização do aumento dos índices de insalubridade da população marginal ao corpo receptor • deposição de sedimentos nas vias públicas • assoreamento do corpo receptor
Institucional	<ul style="list-style-type: none"> • elevação dos gastos com manutenção dos equipamentos • elevação dos gastos com conservação • aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras • perda de credibilidade da administração pública • desgaste das relações inter-institucionais • ineficiência operacional • perda de oportunidade de arrecadação financeira • deterioração da possibilidade de aplicação de recursos legais e normativos

Tabela 3 - Valores da Manifestação dos Indicadores - Santos Júnior (2013).

Valores (Pesos)	Intervalos
0	Indicador Inexistência na AP
1	Presente, sem agravante (100%)
2	Pouco agravante (75%)
3	Média (50%)
4	Moderada (25%)
5	Ausente, muito agravante (0%)

Tabela 4 - Graus e Intervalos de Fragilidade — Santos Junior (2013).

Graus de Fragilidade	Intervalos
Muito Baixa	0 a 26
Baixa	26 a 52
Média	52 a 78
Forte	78 a 104
Muito Forte	104 a 130

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme Alves (2016) foram identificadas e avaliadas as áreas problemas que resultou na escolha das quatro áreas problemas (APs), também identificou-se os dispositivos para cada área e as fragilidades no sistema de drenagem urbana do centro da cidade de Mossoró.

De acordo com o método descrito anteriormente, foram analisados e atribuídos os pesos das manifestações dos IFS para cada APs, conforme a tabela 5.

Tabela 5 – Índices de Fragilidade no Sistema para as AP do Centro de Mossoró – Autoria própria 2017.

Natureza dos indicadores	Indicadores	Valores pesos			
		AP 1	AP 2	AP 3	AP 4
Tecnológico	ineficiência do escoamento na via.	4	3	5	5
	ineficiência do dispositivos de coletas.	4	4	5	5
	ineficiência da capacidade de transporte de condutos	5	4	4	4
	redução da vida útil dos equipamentos	2	1	3	4
	redução da vida útil dos pavimentos	1	1	1	1
ÍNDICE DE FRAGILIDADE TECNOLÓGICO (PESO 2)		32	26	36	38
Ambiental	Degradação física do terreno	0	0	0	0
	instabilidade estrutural dos terrenos adjacentes as galerias	0	0	0	0
	favorecimento da produção de sedimentos	5	1	3	0
	diminuição das recorrência das cheias mais significativas	5	4	5	4
	restrição a implantação de áreas de inundações	5	5	5	5
	interferência inadequada no trânsito de veículos	4	0	0	0
	interferência inadequada no movimento de pedestres	4	0	0	0
	ocorrência de alagamentos	5	5	5	5
	contaminação do corpo receptor	5	3	4	5
	potencialização do aumento dos índices de insalubridade da população marginal ao corpo receptor	0	0	0	0
	Deposição de sedimento nas vias públicas	5	3	3	3
	assoreamento do corpo receptor	1	0	0	0
	ÍNDICE DE FRAGILIDADE AMBIENTAL (PESO 3)		117	63	75
Institucional	elevação dos gastos com equipamentos	0	0	0	0
	elevação dos gastos com conservação	1	1	1	1
	aumento da demanda de recursos financeiros para implementação de obras	5	5	5	5
	perda de credibilidade da administração pública	5	5	5	5
	desgaste das relações inter-institucionais	0	0	0	0
	ineficiência operacional	5	5	5	5
	perda de oportunidade de arrecadação financeira	0	0	0	0
	deteriorização da possibilidade de aplicação de recursos legais e normativos	0	0	0	0
	ÍNDICE DE FRAGILIDADE INSTITUCIONAL (PESO 1)		16	16	16
ÍNDICE GERAL DE FRAGILIDADE (IGF)		165	105	127	120

Dessa forma obteve os resultados do Índice Geral de Fragilidade considerados pelo somatório dos pesos atribuídos aos Indicadores de fragilidade Tecnológico, Ambiental e Institucional para as áreas problemas. A figura 2 abaixo sintetiza melhor os resultados obtidos.

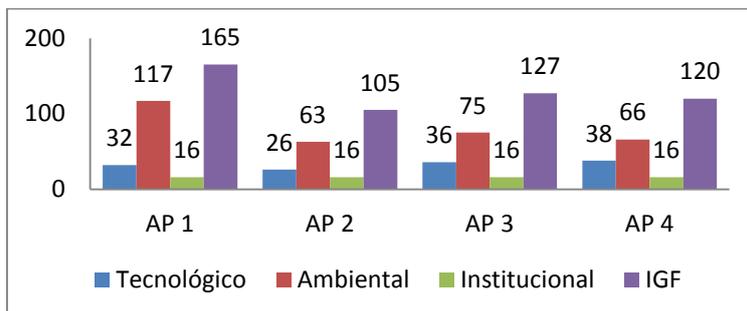


Figura 2 – Manifestação dos indicadores – Autoria própria 2017.

Conforme visto na figura 2 o IGF classifica o atual sistema de drenagem urbano do centro de Mossoró com um alto grau de fragilidade indicando que as quatro áreas problemas se enquadra no intervalo de 104 a 130 classificadas como grau de fragilidade muito forte, mostrando que a AP 1 é a única que ultrapassa o intervalo, atingindo o valor de 165, tais índices demonstram claramente que o sistema apresenta falhas, pois foram atribuídos as manifestações pesos em relevância da situação do indicador no sistema, que na sua maioria recebeu peso 5, ou seja, os indicadores se encontram ausentes ou se tornam agravantes para a questão de drenagem urbana, possibilitando os alagamentos e mau funcionamento dos dispositivos.

Neste contexto, a tabela 6 apresenta as ações identificadas e propostas para que o IFS e IGF possam ser diminuídos a patamares aceitáveis.

Tabela 6 – Ações Propostas por Área Problema do Centro de Mossoró.

IDENTIFICAÇÃO DE AÇÕES POR ÁREA - PROBLEMA				
ÁREAS PROBLEMAS				
AP 01: Av Jerônimo dix - Neuf Rosado c/ Av dix sept rosado, Francisco peregrino e Dr. Mario negocio				
AP 02: Rua José negreiro c/ Jerônimo Rosado				
AP 03: Av. cunha da Mota				
AP 04: Rua Cel. Gurgel c/Alfredo fernandes, Rodolfo fernandes, Antônio de souza				
AÇÕES	ÁREAS PROBLEMAS			
	AP 01	AP 02	AP 03	AP 04
Elaboração de projetos básicos ou estudos preliminares	x	x	x	x
Elaboração de Projetos Executivo	x		x	
Implantação de obras de micro - drenagem	x	x	x	x
Implantação de obras de macro - drenagem	x			
Cadastro de dispositivos existentes	x	x	x	x
Desobstrução de dispositivos hidráulicos	x	x	x	x
Recuperação física dos dispositivos existentes	x	x	x	x
Adequação ou melhoramento de dispositivos existentes	x	x	x	x
Recuperação de pavimentos	x			x
Implantação de pavimentos				
Controle de processos erosivos				
Campanhas de educação ambiental	x		x	x
Serviços de comunicação social	x		x	x
Fiscalização	x	x	x	x
Recrutamento de mão de obra	x			
Treinamento de mão de obra	x			
Criação de dispositivos legais	x		x	x
Ação conjunta com os outros componentes do saneamento ambiental	x	x	x	x
Monitoramento	x	x	x	x
Campanhas de educação pública ambiental	x	x	x	x
Definição de referenciais técnicos	x	x		
Reordenação institucional	x			
Ação conjunta com outros segmentos do saneamento ambiental	x	x		

4. CONSIDERAÇÃO FINAL

A utilização da metodologia baseada em indicadores de fragilidade de sistema demonstra uma ferramenta eficaz na identificação das falhas do sistema de drenagem pluvial e comprova ou não a eficiência da mesma para determinada zona crítica por meio de índices que facilitam a compreensão do sistema de drenagem pluvial em estudo, desse modo é um artifício de grande importância que auxilia no planejamento de planos diretores, em instrumentos de gestão pública e projetos de drenagem pluvial urbano.

Portanto a obtenção dos Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) por meio da metodologia elaborada por SILVA (2004) permitiu a avaliação dos índices de fragilidade do sistema de drenagem pluvial urbano do centro de Mossoró que expressam de maneira sucinta as falhas encontradas no centro de Mossoró, sendo todas classificadas como grau muito forte, de acordo com a figura 15.

Como recomendações para futuros trabalhos são sugeridos: avaliação de outras áreas da cidade de Mossoró, avaliação do impacto no escoamento superficial com o aumento da urbanização, avaliação periódica dos valores IGF buscando medir a eficácia das medidas propostas e implantadas, e a evolução dos indicadores quando as medidas proposta não forem efetivadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Enio Berttony Pereira. *Identificação da áreas críticas de drenagem urbana do centro de Mossoró*. 2016. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi - Árido, Mossoró, 2016.

FIORI, S. (2006). *Indicadores Urbanos: avaliação, adequação e aplicação em Passo Fundo – RS/Brasil*. Florianópolis.

SANTOS JÚNIOR, V. J. dos. *Avaliação da drenagem pluvial da bacia hidrográfica do córrego Cintra em Montes Claros/MG*. 2013. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas Santo Agostinho – FACET, Montes Claros, 2013.

SILVA, B. J; ASSIS, W. A. V; MORAES, L. R. S; *O Componente Drenagem Urbana no Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas, Bahia 2004*. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/pdf/35Assemae126.pdf> Acesso em: 06 Abril. 2017.

STEINER, L. (2011). *Avaliação do sistema de drenagem pluvial urbana com aplicação do índice de fragilidade. Estudo de caso: microbacia do Rio Criciúma*. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma.

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

VARGAS, Iza Eduarda Oliveira. *Avaliação do Índice de Fragilidade do Sistema de Drenagem Pluvial Urbano da Sub-Bacia do Ribeirão São João*.: Estudo de caso: Ponte trecho TO-050 KM 63 Porto Nacional - TO. 2015. 52 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Presidente Antônio Carlos, Porto Nacional, 2015.