

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL

Jessica Andrade Michel

GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM PEQUENAS E
MÉDIAS CIDADES VOLTADA PARA A ADAPTAÇÃO
ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Passo Fundo, 2019.

Jessica Andrade Michel

**GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM PEQUENAS E
MÉDIAS CIDADES VOLTADA PARA A ADAPTAÇÃO
ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia, sob a orientação da Prof^a Dr.^a Luciana Londero Brandli, e coorientação da Prof^a Dr.^a Rosa Maria Locatelli Kalil.

Passo Fundo, 2019.

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL

A Comissão Examinadora, abaixo assina e aprova a dissertação de mestrado intitulada “Gestão de águas pluviais em pequenas e médias cidades voltada para a adaptação às mudanças climáticas”, elaborada por Jessica Andrade Michel, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Data da Aprovação: 24/04/2019

Membros componentes da Banca Examinadora:

Prof. Dra. Luciana Londero Brandli
Universidade de Passo Fundo – UPF
Orientadora

Prof. Dra. Rosa Maria Locatelli Kalil.
Universidade de Passo Fundo – UPF
Coorientadora

Prof. Dr. Adalberto Pandolfo
Universidade de Passo Fundo – UPF

Prof. Dr. Pedro Domingos Marques Prietto
Universidade de Passo Fundo – UPF

Prof. Dr. Antonio Cezar Leal
Universidade Estadual Paulista “Júlio
de Mesquita Filho” - UNESP

Passo Fundo, 2019

RESUMO

A adaptação das cidades em relação aos eventos extremos vem sendo um grande desafio. O desenvolvimento da sociedade culminou em urbanizações sem planejamento e com grande concentração da população no meio urbano. Esse processo tem aumentado as tensões entre o meio urbano e natural, gerando graves consequências para o bem-estar humano e para a eficiência dos sistemas de infraestrutura. As chuvas intensas com grandes acumulados resultam quase sempre em alagamentos, inundações ou enxurradas no meio urbano, situações que, além de gerarem perdas econômicas, colocam em risco a vida da população. Neste cenário, esta pesquisa busca alternativas adequadas para o enfrentamento dessas situações, procurando responder quais estratégias deveriam ser implementadas na governança urbana para melhor adaptação aos eventos hidrológicos e às mudanças climáticas, sobretudo, no que se refere aos alagamentos, enxurradas e inundações recorrentes nas cidades de pequeno e médio porte na Região Funcional de Planejamento Nove, no Rio Grande do Sul. Os procedimentos metodológicos foram divididos em três fases, nas quais ocorreram as etapas de caracterização dos municípios mais atingidos por eventos hidrológicos; identificação de medidas estruturais e não estruturais que colaboram com a gestão das águas pluviais; estudo de caso de uma cidade da região com a seleção da melhor prática que se adapta ao município. Ao final da etapa de levantamento dos eventos hidrológicos, 39 municípios foram classificados como tendo alta recorrência de enxurradas; destes, Sarandi foi selecionado para realização do estudo de caso. Em termos regionais, o maior índice de recorrência de enxurradas foi encontrado nos municípios do Conselho Regional de Desenvolvimento (Corede) Médio Alto Uruguai. Quanto às boas práticas, foram elencadas quatro práticas ao total, sendo identificados estudos de caso que colaboraram na sua compreensão e descrição. A realização do estudo de caso possibilitou revelar as dificuldades enfrentadas pelo município de Sarandi e mostrar as possíveis causas dos problemas. Como etapa do estudo de caso foi realizada uma análise multicritério com intuito de reunir o julgamento de profissionais com conhecimento em planejamento e infraestrutura urbana para seleção da prática mais adequada para Sarandi. O Desenho Urbano Sensível à Água foi considerado a prática mais benéfica para esse município. Ao final da pesquisa discutiu-se a aplicabilidade deste estudo em nível regional, como ferramenta balizadora no estudo de medidas que proponham a redução dos eventos hidrológicos recorrentes na região.

Palavras-chaves: Eventos hidrológicos, urbanização, mudanças climáticas

ABSTRACT

The adaptation of the cities, in relation to extreme events has been a great challenge. The development of the city culminated in urbanization without planning and with great concentration of population in the urban environment. This process has increased the tensions between urban and natural environment, generating serious consequences for human well-being and the efficiency of infrastructure systems. Heavy rains, accumulating large amounts, results in almost all the floods in the urban environment, situations that, in addition to generating economic losses, endanger population's lives. In this case, this research seeks suitable alternatives to address these situations, trying to answer which strategies should be implemented in urban governance to better adapt to hydrological events and climate change, especially with regard to floods and recurrent floods in cities of small and medium size in the Região Funcional de Planejamento Nove, in the state of Rio Grande do Sul. The methodology was divided into three phases: first, the characterization of the regions most affected by hydrological events occurred; the identification of structural and non-structural measures, that collaborate with management; and finally, the case study of a regional city with a selection of best practice that best fits to the city. At the end of the first part of the process of hydrological events, 39 municipalities were classified as having high recurrence of floods; Sarandi was selected for the case study. In regional terms, the highest rate of recurrence of floods was found in the cities of the Conselho Regional de Desenvolvimento (Corede) Médio Alto Uruguai. To the good practices, four practices were listed in the total, and also the selection of case studies that collaborated in their understanding and description. The realization of the case study, allowed to reveal the difficulties faced by the city of Sarandi, and it shows the possible causes of the problems. As a part of the case study, a multicriteria analysis was realized, in order bring together the judgment of professionals with knowledge in planning and urban infrastructure, to select the best practice to the city of Sarandi. The Water Sensitive Urban Design (WSUD) was considered the most adequate practice to the city of Sarandi. At the end of the research, the applicability of this study at the regional level was discussed as a tool to study the measures that propose the reduction of recurrent hydrological events in the region.

Keywords: Hydrological events, urbanization, climate change

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mudança na temperatura média da superfície (1986-2005 a 2081-2100)	21
Figura 2: Países sede do Fórum Mundial da Água.....	26
Figura 3: Regime pluviométrico anual com recorte no estado do Rio Grande do Sul	35
Figura 4: Regime pluviométrico trimestre setembro, outubro e novembro com recorte no estado do Rio Grande do Sul	36
Figura 5: Regiões e Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul	37
Figura 6: Distribuição das Ocorrências de Alagamentos em 2013.	39
Figura 7: Distribuição Macrorregional das Ocorrências de Inundações em 2013.	39
Figura 8: Distribuição Macrorregional das Ocorrências de Enxurradas em 2013.	40
Figura 9: Espaço de gestão das águas urbanas	44
Figura 10: Concepção estratégica da gestão integrada das águas urbanas	45
Figura 11: Faixas de desenvolvimento humano municipal	52
Figura 12: Montagem do sistema decisório nos métodos de tomada de decisão	57
Figura 13: Representação Gráfica de uma hierarquia	59
Figura 14: Etapas de aplicação do Método <i>AHP</i>	60
Figura 15: Etapas metodológicas.....	62
Figura 16: Regiões Funcionais de Planejamento do estado do Rio Grande do Sul.....	63
Figura 17: Região Funcional de Planejamento Nove e Bacias hidrográficas.....	63
Figura 18: Divisão da Região Funcional de Planejamento Nove e número de municípios por COREDE	64
Figura 19: Números para classificação da recorrência de enxurradas.....	66
Figura 20: Etapas de realização do estudo de caso.....	71
Figura 21: Estrutura do método <i>AHP</i> utilizado neste estudo.	75
Figura 22: Exemplo de esquema de entrevista e matriz quadrada equivalente	76
Figura 23: Etapas de aplicação do método <i>AHP</i> nesta pesquisa	78
Figura 24: Municípios com alta recorrência de enxurradas por Corede.....	79
Figura 25: Porcentagem de enxurradas conforme classificação de recorrência por Corede ...	80
Figura 26: Número de eventos hidrológicos nas cidades classificadas	80
Figura 27: Localização dos municípios em relação a RF-9, o Rio Grande do Sul, e Bacias hidrográficas	81
Figura 28: Recorrência de enxurradas na Região Funcional de Planejamento Nove.....	82
Figura 29: Panorama da baixa recorrência de eventos hidrológicos	83
Figura 30: Porcentagem de municípios sem registro na Região Funcional de Planejamento nove.....	83
Figura 31: Porcentagem de cidades por número de habitantes	84
Figura 32: Característica da população	84
Figura 33: IDHM dos municípios selecionados	85
Figura 34: Porcentagem de municípios com plano de manejo de águas pluviais conforme a ..	86
Figura 35: Porcentagem de municípios estudados com plano de gerenciamento de resíduos sólidos conforme Lei nº 11.445/2007	86
Figura 36: Distribuição dos estudos de caso de cada melhor prática	89
Figura 37: Localização geográfica do município de Sarandi – Rio Grande do Sul	99
Figura 38: Variação da populacional de Sarandi de 1991 até 2018	100
Figura 39: População urbana e rural de Sarandi entre os anos de 2000 e 2010.	100
Figura 40: Localização de Sarandi em relação a Região Hidrográfica e a Bacia Hidrográfica	101

Figura 41: Hidrografia do município de Sarandi - RS.....	101
Figura 42: Regiões hidrográficas do município de Sarandi	102
Figura 43: Hidrografia no perímetro urbano Sarandi	103
Figura 44: Micro Bacias hidrográficas no perímetro urbano.	103
Figura 45: Localização dos pontos de levantamento com ficha cadastral e levantamento fotográfico.....	104
Figura 46: Ponto 1, saída para o interior do município (comunidade águas do angico)	105
Figura 47: Ponto 2, Avenida Sete de Setembro esquina com a Avenida Esperança.....	106
Figura 48: Levantamento fotográfico – ponto 01	107
Figura 49: Levantamento fotográfico – ponto 02.....	107
Figura 50: Levantamento fotográfico – ponto 03.....	108
Figura 51: Ponto 04, Rua Barão do Rio Branco	109
Figura 52: Ponto 04, Avenida Expedicionário	110
Figura 53: Ponto 5, Rua Otávio Ribeiro	110
Figura 54: Presença de lixo na Rua Otávio Ribeiro	111
Figura 55: Esgoto despejado sem tratamento no Rio	111
Figura 56: Ponto 6, próximo à Rua Sem Denominação	112
Figura 57: Galerias pluviais.....	113
Figura 58: Localização da ocorrência dos principais problemas relacionados com enxurradas	114
Figura 59: Obra de recuperação da galeria que desmoronou	115
Figura 60: Estragos causados pela galeria que desmoronou em 2018.	115
Figura 61: Bocas de lobo concretadas e boca de cobertura com papelão.....	116
Figura 62: Centro da cidade em dias de chuva forte	116
Figura 63: Bairro Esperança alagado após chuvas fortes.	117
Figura 64: Razão de Consistência Global de cada decisor.....	124
Figura 65: Julgamento dos critérios para seleção das melhores práticas	125
Figura 66: Melhores práticas avaliadas pelos decisores.....	126
Figura 67: Julgamentos das melhores práticas considerando o critério custo de implantação	126
Figura 68: Julgamentos das práticas de acordo com o critério Redução do Impacto das Enxurradas	127
Figura 69: Julgamentos das práticas de acordo com o critério Facilidade de Implantação....	127
Figura 70: Julgamentos das práticas considerando todos os critérios	128
Figura 71: Resultado da análise de sensibilidade em dois cenários diferentes	130
Figura 72: Localização das medidas de Desenho Urbano Sensível à Água no perímetro urbano de Sarandi - RS	135
Figura 73: Regiões Funcionais de Planejamento do estado do Rio Grande do Sul.....	Erro!
Indicador não definido.	
Figura 74: Região Funcional de Planejamento Nove e Bacias hidrográficas. Erro! Indicador não definido.	
Figura 75: Divisão da Região Funcional de Planejamento Nove e número de municípios por COREDE.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 76: Exemplo de esquema de entrevista e matriz quadrada equivalente.....	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Municípios, total e os atingidos em suas áreas urbanas nos últimos 5 anos, por enchentes ou inundações graduais, segundo as Grandes Regiões e as classes de tamanho da população dos municípios – 2013	40
Tabela 2: Municípios, total e os atingidos em suas áreas urbanas nos últimos 5 anos, por enxurradas ou inundações bruscas, segundo as Grandes Regiões e as classes de tamanho da população dos municípios - 2013.....	41
Tabela 3: Municípios, total e com instrumentos de planejamento, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação - 2013.....	42
Tabela 4: Classificação da densidade demográfica	53
Tabela 5: Escala fundamental de Saaty	59
Tabela 6: Classificação das melhores práticas	70
Tabela 7: Tabela de indicadores mais relevantes para seleção do estudo de caso	72
Tabela 8: Diferentes cenários para análise de sensibilidade.....	129

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Visão geral dos extremos considerados e resumo das mudanças observadas e projetadas em escala global.	20
Quadro 2: Legislação Federal sobre mudanças climáticas.....	29
Quadro 3: Legislações Estaduais sobre mudanças climáticas.....	30
Quadro 4: Definição dos eventos hidrológicos no Brasil.....	38
Quadro 5: Classificação dos métodos de análise multicritério.....	56
Quadro 6: Indicadores para caracterização socioeconômica dos municípios.....	67
Quadro 7: Indicadores de planejamento e governança urbana para caracterização dos municípios.....	67
Quadro 8: Indicadores para caracterização ambiental dos municípios.....	68
Quadro 9: Ficha cadastral dos Rios Urbanos utilizada para levantamento em Sarandi-RS.....	73
Quadro 10: Índices de consistência aleatória (RI).....	77
Quadro 11: Classificação das boas práticas.....	88
Quadro 12: Boas práticas de desenvolvimento de baixo impacto.....	90
Quadro 13: Boas práticas de desenho urbano sensível à água.....	92
Quadro 14: Boas práticas de legislação para saneamento ambiental.....	94
Quadro 15: Eventos que discutem a importância da gestão de águas urbanas.....	95
Quadro 16: Municípios que apresentaram as piores situações dentre os estudados.....	98
Quadro 17: Resumo dos Instrumentos da Lei 4642/2017.....	118
Quadro 18: Resumo dos índices e recuos para novas edificações em Sarandi.....	120
Quadro 19: Resumo das metragens estipuladas pela Lei 2825/1997 e suas alterações.....	121
Quadro 20: Perfil dos decisores entrevistados.....	122
Quadro 21: Razão de consistência dos julgamentos de todos decisores.....	123
Quadro 22: Eventos hidrológicos registrados no Corede Produção entre 1991 e 2017.....	160
Quadro 23: Eventos hidrológicos registrados no Corede Altos da Serra do Botucaraí entre 1991 e 2017.....	160
Quadro 24: Eventos hidrológicos registrados no Corede Nordeste entre 1991 e 2017.....	161
Quadro 25: Eventos hidrológicos registrados no Corede Norte entre 1991 e 2017.....	162
Quadro 26: Eventos hidrológicos registrados no Corede Médio Alto Uruguaí entre 1991 e 2017.....	163
Quadro 27: Eventos hidrológicos registrados no Corede Rio da Várzea entre 1991 e 2017.....	163
Quadro 28: Indicadores socioeconômicos por município.....	165
Quadro 29: Indicadores de planejamento e governança urbana.....	169
Quadro 30: Indicadores ambientais.....	171

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problema da pesquisa.....	14
1.2	Justificativa	16
1.3	Objetivos	18
1.3.1	Objetivo geral	18
1.3.2	Objetivos específicos	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	Contexto atual das mudanças climáticas	19
2.1.1	Principais eventos sobre mudanças climáticas	22
2.1.2	Impactos das mudanças climáticas	26
2.2	Políticas públicas para mudanças climáticas	28
2.3	Urbanização brasileira e infraestrutura	30
2.3.1	Sítios urbanos de pequeno porte	32
2.4	Regime de chuvas e bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul	34
2.4.1	Bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul.....	36
2.4.2	Desastres hidrológicos no Brasil	38
2.4.3	Eventos hidrológicos em cidades de pequeno porte	40
2.5	Gestão das águas urbanas	42
2.5.1	Gestão das bacias hidrográficas.....	43
2.5.2	Gestão integrada das águas urbanas	44
2.6	Sistemas de drenagem.....	46
2.6.1	Sistemas de drenagem convencionais	46
2.6.2	Resiliência dos sistemas de drenagem.....	47
2.6.3	Sistemas alternativos de drenagem.....	49
2.6.4	Cidades esponjas na China	50
2.7	Indicadores para caracterização dos municípios.....	51
2.7.1	Indicadores Socioeconômicos	52
2.7.2	Indicadores de Planejamento e Governança urbana	53
2.7.3	Indicadores Ambientais	54
2.8	Processo de tomada de decisão	55
2.8.1	Análise multicritério na tomada de decisão.....	56
2.8.2	Método Processo Analítico Hierárquico – AHP.....	57
3	METODOLOGIA	61
3.1	Caracterização da pesquisa	61
3.2	Processos metodológicos	61
3.3	Área de estudo	62
3.4	Seleção e caracterização dos municípios mais afetados por eventos hidrológicos na região funcional de planejamento nove.....	64
3.4.1	Seleção dos municípios mais afetados por eventos hidrológicos	64
3.4.2	Indicadores para caracterização dos municípios	66
3.5	Identificação de boas práticas aplicadas nos planejamentos urbanos para melhorar a adaptação aos eventos hidrológicos e às mudanças climáticas.....	68
3.6	Estudo de caso de uma das cidades da RF9	71
3.6.1	Levantamento de campo e detalhamento da situação municipal.....	72
3.6.2	Análise da legislação urbanística e ambiental	74
3.6.3	Análise multicritério	74

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	79
4.1	Caracterização da RF-9 em relação aos desastres naturais	79
4.2	Caracterização dos municípios com alta recorrência de enxurradas	83
4.2.1	Caracterização socioeconômica.....	84
4.2.2	Indicadores de planejamento e governança urbana	85
4.2.3	Indicadores ambientais	87
4.3	Boas práticas para melhoria de drenagem urbana.....	87
4.3.1	Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID - Low Impact Development).....	89
4.3.2	Desenho Urbano Sensível a Água (WSUD - Water Sensitive Urban Design)...	91
	Citizen's guide to stormwater (Guia do cidadão para águas pluviais). O programa procura ensinar os cidadãos questões de gerenciamento de águas pluviais e os incluem na solução de problemas de águas pluviais (ESTADOS UNIDOS, 2018).	92
4.3.3	Legislação sobre saneamento ambiental	93
4.3.4	Eventos com foco na conscientização da importância da gestão de águas urbanas	93
4.4	Estudo de caso	97
4.4.1	Seleção do município para estudo de caso	97
4.5	Caracterização do município	98
4.5.1	População	99
4.5.2	Hidrografia.....	101
4.5.3	Levantamento do Rio Caturetê.....	103
4.5.4	Drenagem urbana no município	112
4.5.5	Problemas relatados atualmente	113
4.5.6	Desmoronamento de galeria pluvial.....	114
4.5.7	Bocas de lobo concretadas.....	115
4.5.8	Situação da cidade em dias de chuva forte	116
4.5.9	Análise da legislação	117
4.6	Análise multicritério para escolha das melhores práticas	121
4.6.1	Perfil dos decisores	121
4.6.2	Análise da Razão de consistência.....	123
4.6.3	Melhores práticas selecionadas pelos decisores	125
4.6.4	Análise de sensibilidade	129
4.7	Gestão integrada das águas urbanas de Sarandi.....	130
4.7.1	Implementação do Desenho Urbano Sensível à Água em Sarandi - RS	131
4.8	Aplicabilidade das práticas em nível regional	135
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	138
	REFERÊNCIAS	142
	APÊNDICE A	160
	Quadros de eventos hidrológicos registrados por coredes entre 1991 e 2017.	160
	APÊNDICE B.....	165
	Quadros com indicadores socioeconômicos, de planejamento e governança urbana e ambientais.....	165
	APÊNDICE C.....	175
	Questionário para aplicação do método AHP	175

1 INTRODUÇÃO

O processo de desenvolvimento da sociedade e a urbanização das cidades sem planejamento urbano adequado e sustentável em todo o planeta, tem aumentado as tensões e o desequilíbrio ambiental, que gera consequências que interferem no bem-estar humano e na sustentabilidade das comunidades globais.

De acordo com Jacobi (2004), o tema políticas públicas tem viabilizado discussões no meio acadêmico, científico e governamental, balizando o planejamento urbano mais sustentável. Associado a esse processo de urbanização desenfreada, está o crescimento populacional em áreas consideradas de risco. Além disso, o aumento da população urbana tem corroborado com a expansão de áreas suburbanas e resultando em ambientes urbanos segregados, degradados e com graves problemas ambientais.

A condição biológica humana impõe ao ser humano a necessidade da convivência com os elementos da natureza em seu estado não degradado, pois a vida humana se realiza, particularmente, com dificuldade em condições de ar, água e solo deteriorados e na ausência do relevo e da vegetação (MENDONÇA, 2004).

Moura, Baptista e Barraud (2009) afirmam que “ao longo da história da humanidade sempre houve uma ligação entre as cidades e os cursos d’água, sendo estes determinantes para a sua própria existência.” A proximidade das aglomerações urbanas e dos rios era importante fator de desenvolvimento, visto que estes proviam água para abastecimento, possibilidades para despejo de resíduos, asseguravam o transporte, a energia e proteção militar, entre outros fatores. (MIGUEZ, REZENDE E VERÓL, 2015).

Porém, a presença humana causou e vem causando muitas perturbações nestes ecossistemas. O processo de urbanização dessas áreas tende a alterar o ciclo hidrológico urbano e os sistemas fluviais tendem a inundar ambientes construídos que antes eram muito mais permeáveis à água da chuva (MIGUEZ; VERÓL, 2016).

O risco de inundações periódicas era relativamente bem aceito até meados do século XIX, sendo considerado como “um preço a pagar” pela disponibilidade da água junto à cidade (BAPTISTA; BARRAUD; NASCIMENTO, 2005). O aumento das aglomerações urbanas a partir do século XIX causou os primeiros transtornos resultantes da precariedade da infraestrutura relativa às águas pluviais e servidas. A falta de infraestrutura pluvial e as condições de insalubridade propiciaram o aparecimento das grandes epidemias de cólera e tifo, que assolaram a Europa nesta época. Diante disso, iniciou-se a busca pelo higienismo, que

preconizava a evacuação, para mais longe e o mais rapidamente possível, das águas de qualquer natureza presentes nas áreas urbanas (MOURA; BAPTISTA; BARRAUD, 2009).

Observadas as melhorias das condições de circulação, conforto e a prevenção de doenças, sistemas de drenagem de águas pluviais e de esgoto sanitário foram construídos, tornando a canalização quase generalizada de cursos d'água em meio à malha urbana, na forma de redes subterrâneas de condutos (MOURA; BAPTISTA; BARRAUD, 2009). No Brasil, este processo ocorreu efetivamente a partir do final do século XIX (SILVEIRA, 1998), constituindo a base do que se conhece hoje por “sistemas clássicos de drenagem”.

Entretanto, o ritmo acelerado da urbanização e a intensidade das mudanças climáticas vêm desafiando os sistemas convencionais de drenagem pluvial das cidades contemporâneas. Tais fatores combinados levam à conclusão de que as mudanças atuais devem ocorrer de forma antecipadora e não mais somente para amenizar as situações já conhecidas. Por consequência, as decisões frente a áreas adequadas para habitação e infraestrutura são atualmente reconhecidas como diretrizes base dos processos de planejamento urbano que considera a gestão de riscos (WHEATER; EVANS, 2009).

A urbanização desordenada associada às mudanças do clima global constituem um cenário preocupante para o desenvolvimento das cidades, sobretudo para a segurança da população, pois nas últimas décadas as cidades sofreram cada vez mais com problemas relacionados às águas, os quais resultam em: inundações, enchentes, enxurradas, alagamentos, desmoronamentos, movimentos de massa e períodos de estiagens (secas). Nesse sentido, o impacto da água no meio urbano pode ser sentido pelas infraestruturas e pelas populações diante dos dois extremos, ou seja, pelo excesso ou pela falta deste recurso.

Assim, a água e suas relações com os espaços urbanos vêm ganhando atenção das gestões públicas frente às formas de uso e ocupação do solo. Ainda as ameaças e os desafios que os eventos extremos que tem relação com a água preocupam e mobilizam ações locais e globais.

Apesar dos esforços de várias convenções, como é o caso da Convenção das Nações Unidas Sobre o Clima, e da adesão de vários países ao Protocolo de Quioto no ano de 1997, as emissões anuais globais de dióxido de carbono da combustão de combustíveis cresceram cerca de 38% entre 1990 e 2009, com a taxa de crescimento mais rápida após 2000 do que na década de 1990. Portanto, ainda não pode ser dito que o mundo esteja agindo de forma ativa para combater as alterações climáticas (UNITED NATIONS, 2012).

Na mesma direção seguem as políticas públicas para adaptação das cidades em relação aos desastres naturais; notadamente em países em desenvolvimento a aplicação efetiva dos instrumentos de gestão de recursos hídricos deveria promover uma realidade mais sustentável

nas cidades. Porém, “o cenário alarmante dos problemas hídricos intra urbanos nas cidades brasileiras mostra o distanciamento entre a realidade e o desejável” (PEIXOTO; STUDART; CAMPOS, 2016).

1.1 Problema da pesquisa

As mudanças climáticas e os acontecimentos de eventos extremos vêm se tornando um dos principais desafios para a construção de infraestruturas resilientes nas cidades. Apesar de existirem vários estudos em torno do tema mudanças climáticas, ainda persistem os cientistas que não corroboram com a ideia de que o aumento das temperaturas atuais se deve a causas antropogênicas (provocadas pelo homem), nem tampouco se realmente o aquecimento do planeta é um problema real (GODOY, 2009).

De qualquer forma, em muitas partes do mundo e épocas do ano, comunidades são acometidas por chuvas intensas, tempestades, granizo ou grandes períodos de seca. Grandes volumes de chuva durante o inverno são historicamente uma característica da Região Sul, tendo como resultado alagamentos, enxurradas ou inundações.

O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas considera que na região Sul do Brasil até o ano de 2040 ocorra um aumento relativamente baixo para a temperatura, ficando entre 0,5° e 1°C, mesmo assim essa alteração poderá acarretar um aumento de 5% a 10% o volume de precipitações. A tendência de aumento gradual da temperatura mantém-se até o ano de 2100, com clima entre 2,5° e 3°C mais quente, resultando assim um ambiente 25% a 30% mais chuvoso (PBMC,2016).

Os efeitos dos volumes de chuva já são conhecidos em grandes cidades e vem se tornando cada vez mais frequente com o aumento da incidência dos eventos extremos. Jacobi (2004) destaca que as grandes metrópoles brasileiras viveram uma crise ambiental severa, como resultado de práticas gerenciais inadequadas das autoridades locais. Tais questões estão vinculadas à:

- a) redução de áreas verdes, o que implica excessiva impermeabilização do solo e a multiplicação de áreas críticas, com ocorrência de enchentes, impactos ambientais, sociais e econômicos sobre toda a estrutura da cidade, perdurando praticamente por todo o ano;
- b) falta de medidas práticas mais definidas;
- c) procrastinação séria na expansão das redes de esgoto;
- d) contaminação da maioria dos mananciais de água e dos rios dentro das cidades, e o risco que isto significa para a população principalmente nas áreas de enchentes.

Atualmente, não são somente as periferias e as metrópoles que estão sofrendo com questões relacionadas à urbanização, mas também as áreas centrais e as pequenas cidades enfrentam desafios relacionados à infraestrutura.

As inundações afetam assentamentos urbanos de todos os tipos, desde pequenos vilarejos e cidades de médio porte, centros de negócios, até as cidades importantes, megalópoles e áreas metropolitanas (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012).

Em se tratando de desastres ambientais, o Banco Mundial, no documento denominado Cidades e Inundações (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012), afirma que a ocorrência de inundações é o mais frequente de todos os desastres naturais. Portanto a busca por diretrizes que componham uma cidade resiliente e sustentável em relação aos desastres hídricos é fundamental, pois este tipo de desastre além de causar perdas econômicas, causa danos à infraestrutura das cidades.

Um dos fatores que tem influência na intensificação dos desastres hidrológicos é a urbanização das cidades. Vista de uma perspectiva histórica, a urbanização é necessária para maior crescimento da produtividade. Em curto prazo, a urbanização é benéfica, mas necessita de políticas de gerenciamento, normas sociais, mudanças institucionais e um amplo sistema de financiamento para estes (ANNEZ; BLUCKEY, 2009).

No entanto, a produção do espaço urbano possui uma dinâmica que é orientada, quase sempre, de forma coordenada pelos fatores hegemônicos, na tentativa de inserção de áreas produtivas e reprodutoras do capital (LIMA, 2015). Com a ineficácia das políticas públicas, as normas sociais e as mudanças institucionais necessárias, os benefícios provenientes da urbanização vão coexistir com as mazelas sociais, resultantes da incapacidade de se planejar e gerir a urbanização em âmbito nacional, estadual e municipal.

Quando se refere a cidades de pequeno porte, há uma lacuna de trabalhos científicos que estudem a dinâmica da malha urbana e do processo de urbanização que se deu para seu desenvolvimento. Estas pequenas localidades exercem um papel secundário nas decisões inerentes ao funcionamento da rede urbana (SPOSITO; SILVA, 2013). Mas sobretudo quando se trata dos estudos relacionados aos eventos climáticos e como as infraestruturas destas cidades reagem a esses episódios.

Os problemas urbanos destes municípios também não estão totalmente demonstrados, dificultando assim as possibilidades de intervenção e de criação de políticas relacionadas à prevenção de eventos extremos. Nesse sentido Endlich (2011), também afirma que:

Não contemplar as pequenas cidades com pesquisas científicas é esquecer uma parte da realidade urbana. Não se deixa apenas de estudar uma parte concreta da espacialidade brasileira, como também compromete a compreensão mais ampla da rede urbana, até mesmo das questões tratadas no domínio dos centros urbanos maiores, bem como das possibilidades de intervenção. (ENDLICH, 2011, p. 14).

A urbanização desordenada sem planejamento e sem fiscalização torna as cidades mais sensíveis a obsolescência de seus sistemas drenantes, intensificando assim a ocorrência de alagamentos urbanos. Assim os sistemas de drenagem tradicionais não são a solução mais adequada para estas cidades, sendo necessário pensar em alternativas de drenagem mais sustentáveis capazes de acompanhar o processo de desenvolvimento da cidade, mantendo sua funcionalidade (MIGUEZ et. al, 2015).

Diante do exposto, este trabalho procura responder à seguinte pergunta: Quais estratégias podem ser implementadas no planejamento urbano de cidades de pequeno e médio porte da Região Funcional de Planejamento Nove (RF9) do Corede no Rio Grande do Sul, para adaptação às mudanças climáticas com foco na gestão sustentável de águas pluviais?

1.2 Justificativa

No momento presente o termo sustentabilidade está constantemente associado aos processos evolutivos da sociedade, englobando o meio ambiental, industrial, comercial, urbano e social. Desta forma, tornar as cidades e os processos de urbanização mais sustentáveis transformou-se em um dos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS).

Os ODS representam a Agenda Global adotada em setembro de 2015, durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, constituída por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidos até 2030 (ESTRATÉGIA, 2015).

O ODS 11 trata especificamente de cidades e comunidades sustentáveis, e estabelece metas para que as comunidades atinjam os objetivos pré-estabelecidos. A meta 11.b estipula que até 2020 seja aumentado substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às alterações climáticas, a resiliência a desastres; desenvolver e implementar, de acordo com o “Sendai Framework” para a redução do risco de desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Em relação às mudanças climáticas, o ODS 13 - Combate às Alterações Climáticas - também abrange como a primeira de suas metas reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países.

Baseando-se nas diversas evidências encontradas pela ciência em relação à mudança do clima, e na falta de políticas públicas eficazes voltadas para a redução de alagamentos, enxurradas e enchentes em pequenas e médias cidades, evidenciam a necessidade de que novas formas de construir o meio urbano e interagir com o meio ambiente precisam ser desenvolvidas. Neste contexto, o estudo baseia-se na implantação e unificação das políticas públicas existentes em prol de um planejamento com diretrizes voltadas para pequenas e médias cidades na região Sul do Brasil, visando a transformação das cidades em sustentáveis no que se refere a capacidade de absorção de grandes volumes de água da chuva, sendo denominadas “cidades esponjas”.

As cidades esponjas já são uma realidade em países da Europa e da Ásia (YUAN; XU; ARULRAJAH, 2017; SANG; YANG, 2016) tendo como objetivo repensar a forma como que a malha urbana é planejada, visando a construção de estruturas resilientes preparadas para suportar situações de clima extremo, de forma com que a população não sofra com consequências negativas advindas do evento. Esta política pública é uma iniciativa em resposta aos eventos extremos que já se fazem presentes e que de acordo com projeções irão intensificar-se ao longo deste século.

Apesar de haver alguns teóricos, os ditos céticos, que não acreditam no aquecimento, e apresentam um leque amplo de argumentos contrários aos relatórios do IPCC (GODOY, 2009), as dificuldades que envolvem as águas urbanas já são uma realidade das cidades brasileiras.

A região Sul destaca-se de forma negativa no que se refere a desastres hidrológicos, especialmente aqueles associados a chuvas intensas e escoamentos de alta velocidade, ou seja, alagamentos e enxurradas.

No Rio Grande do Sul é possível afirmar que a precipitação média anual no estado varia entre 1200 e 2500 mm por ano (RIO GRANDE DO SUL, 2011). A região Norte do estado possui os mais altos índices pluviométricos anuais, e por consequência sofre todos os anos com danos sociais e econômicos causados pelas chuvas (ATLAS CLIMÁTICO DA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2012). Entre os anos de 1995 e 2014 o Rio Grande do Sul teve um gasto de R\$ 1,3 bilhões com infraestrutura afetada por desastres naturais, se somados os valores totais de danos materiais e prejuízos apenas de eventos hidrológicos o montante chega a R\$ 6,2 bilhões entre 1995 e 2014.

Desta forma é possível constatar que as soluções tradicionais de drenagem urbana não atendem mais às necessidades das regiões urbanizadas, pois transferem os alagamentos de montante para jusante, além de aumentar a velocidade de escoamento da água e a energia de arraste das enxurradas (PBMC, 2016).

A área de estudo abordada pela pesquisa é a Região Funcional de Planejamento Nove do Corede no Rio Grande do Sul (RF9), a qual abrange 130 municípios, dentre eles Passo Fundo, onde está localizada a Universidade de Passo Fundo. Na universidade são desenvolvidas diversas pesquisas científicas tendo como escopo benefícios a esta região, que representa grande parte da sua área de abrangência.

Sendo assim, este estudo justifica-se pelo fato de propor uma alternativa mais eficiente para a drenagem urbana, observando critérios de sustentabilidade, investigando e listando quais diretrizes contribuirão para a diminuição destes problemas, trazendo qualidade aos espaços urbanos e melhoria das condições de vida para a população, ao passo que, trata da adaptação das cidades e suas infraestruturas às alterações climáticas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Propor práticas para adaptação às mudanças climáticas com foco na gestão sustentável de águas pluviais, possíveis de serem implementadas no planejamento urbano de municípios de pequeno e médio porte na Região Funcional de Planejamento Nove, no Rio Grande do Sul.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Identificar e caracterizar os municípios mais afetados por eventos hidrológicos na região funcional de planejamento nove.
- b) Selecionar melhores práticas aplicadas à municípios para a adaptação aos eventos hidrológicos e às mudanças climáticas.
- c) Propor práticas para município pertencente à região funcional de planejamento nove que apresente maior incidência de alagamentos, inundações ou enxurradas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contexto atual das mudanças climáticas

A preservação ambiental foi tratada por muitos anos como uma simples consequência da proteção à propriedade, da matéria prima ou de um modo de produção, ou seja, a principal preocupação de fato era proteger um aspecto econômico. Todavia, a partir da segunda metade do século XX, a questão ambiental sobressaiu-se ao aspecto econômico e passou a imperar como verdadeiramente é: uma questão de sobrevivência na terra.

É no final da década de 1960 que a questão ambiental começa a ser examinada a partir das influências entre o meio ambiente e o homem, Silva (2005). De acordo com Lago (2006) os debates sobre as mudanças climáticas e o meio ambiente eram considerados limitadas, devido às suas características técnicas e científicas. Desta forma, a busca por melhor entendimento da população em geral levou este debate para um contexto muito mais amplo, com importantes ramificações nas áreas política, econômica e social. Esta evolução deve-se, em grande parte, à forma como foi tratado o tema no âmbito multilateral, cujos três marcos principais foram: a Conferências de Estocolmo, a do Rio de Janeiro e de Johannesburgo que evidenciaram a necessidade da mitigação dos fatores que influenciam diretamente as alterações climáticas.

O relatório do IPCC (2012) indica que haverá uma provável frequência de precipitação pesada ou a proporção de precipitação total de chuvas pesadas aumentará ao longo do século 21 em muitas áreas do globo. Este é particularmente o caso nas altas latitudes e regiões tropicais. As fortes chuvas associadas aos ciclones tropicais provavelmente aumentarão com o aquecimento continuado.

O quadro 1 demonstra em resumo as mudanças já observadas em eventos hidrológicos, em nível global, desde os anos 1950, e as projeções até o ano de 2100.

Quadro 1: Visão geral dos extremos considerados e resumo das mudanças observadas e projetadas em escala global.

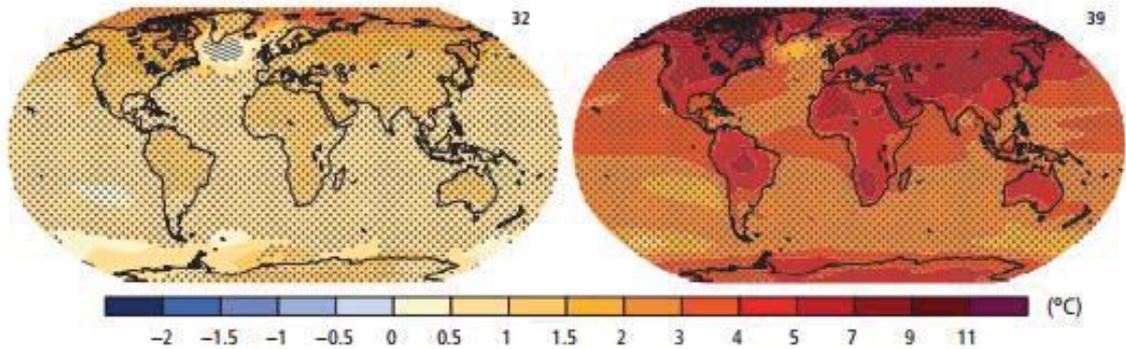
		Mudanças Observadas (desde 1950)	Atribuição de mudanças observadas	Mudanças projetadas (até 2100), final do século XX
Clima e Variáveis Climáticas	Precipitação	Possíveis aumentos estatisticamente significativos no número de eventos de precipitação pesada em mais regiões do que aquelas com diminuições estatisticamente significativas, mas fortes variações regionais e sub-regionais nas tendências.	Confiança média de influências antropogênicas contribuiu para a intensificação da precipitação extrema na escala global.	Aumento provável da frequência de grandes precipitações ou aumento da proporção da precipitação total de quedas pesadas em muitas áreas do globo, em particular nas altas latitudes e nas regiões tropicais, e no inverno nas latitudes médias do norte.
Impactos no ambiente físico	Inundações	Evidência limitada a média disponível para avaliar mudanças observadas pelo clima na magnitude e frequência das inundações em escala regional. Além disso, há pouca concordância nesta evidência e, portanto, baixa confiança na escala global considerando mesmo o sinal dessas mudanças. Alta confiança na tendência para a ocorrência precoce dos fluxos dos rios irrigados com geleiras no auge da primavera	Baixa confiança de que o aquecimento antropogênico afetou a magnitude ou frequência das inundações em escala global. Confiança média para alta confiança na influência antropogênica nas mudanças em alguns componentes do ciclo da água (precipitação, degelo) que afetam inundações.	Baixa confiança nas projeções globais de mudanças na magnitude e frequência da inundação devido à evidência insuficiente. A confiança média (baseada no raciocínio físico) que os aumentos projetados na precipitação pesada contribuiriam para as inundações locais geradas por chuva em algumas áreas de captação ou regiões. Muito provavelmente, atinge os rios irrigados com geleiras no pico da primavera

Fonte: Adaptado de IPCC (2012)

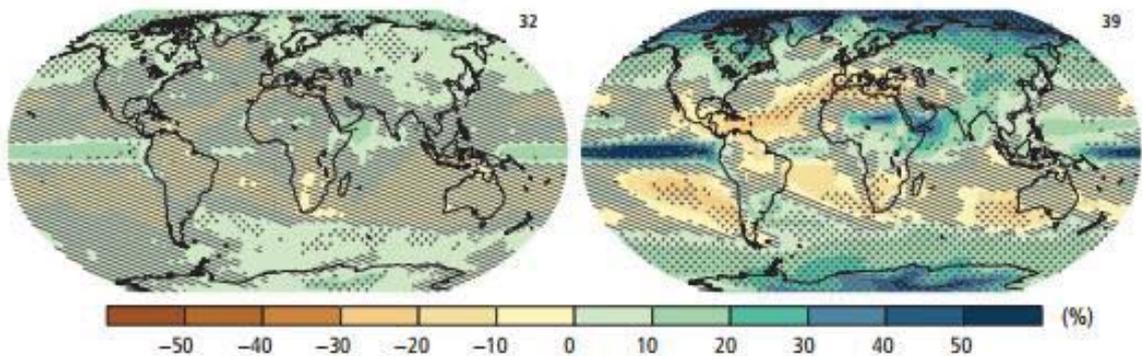
No Brasil as alterações climáticas são observadas de inúmeras formas devido ao tamanho de seu território. Marengo et al. (2007), baseado em análise das médias de diferentes modelos de circulação global da atmosfera (MCGs) regionalizados para o Brasil, concluíram que o aquecimento tende a se intensificar em todas as regiões do País de forma diferenciada.

De acordo com o IPCC (2014), é possível identificar uma relação entre o aumento das temperaturas e o aumento da precipitação, assim, quanto mais alta for a alteração de temperatura maiores serão os níveis de chuva (Figura 1).

Figura 1: Mudança na temperatura média da superfície (1986-2005 a 2081-2100)



Mudança na precipitação média (1986-2005 a 2081-2100)



Fonte: IPCC (2014).

A figura 1 demonstra uma variação na pluviosidade em todas as dimensões do globo terrestre, sendo que podem ser observados aumento ou decréscimos dependendo de cada região específica. No Brasil, mais especificamente na região Sul, a probabilidade é que até o ano de 2100 ocorra um aumento considerável que gira em torno de 30% na pluviosidade, valor comparado ao período entre 1986 e 2005. Deste aumento, inúmeras consequências serão observadas, tendo como destaque o agravamento no número de desastres hidrológicos, como alagamentos, enxurradas e inundações.

No Brasil, além do aumento das inundações, a previsão é que ocorra a redução da disponibilidade de água, aumento de deslizamentos de terra, redução da produtividade das culturas e meios de subsistência e segurança alimentar e aumento das doenças transmitidas por vetores e água.

Para o caso específico da Região Sul é possível dizer que as condições meteorológicas são acentuadamente influenciadas por um fenômeno natural de escala global que provoca alterações no clima no mundo inteiro, denominado de El Niño/Oscilação Sul (ENOS) (PBMC, 2014).

A Região Sul apresenta forte sinal do fenômeno ENOS, causando principalmente variação na precipitação pluvial, com desvios positivos em anos de El Niño e, do contrário, nos anos de eventos La Niña, nos quais esses registros ficam abaixo da média climatológica (FONTANA, BERLATO, 1997; GRIMM et al., 1997).

2.1.1 Principais eventos sobre mudanças climáticas

As Conferências da ONU sobre o clima, conhecidas como (COPs – Conferências das Partes da Convenção-Quadro da ONU sobre Mudanças Climáticas) ocorreram a partir de 1995, com o objetivo de estabelecer mudanças para conter o avanço das mudanças climáticas, mas esses acordos vêm sendo feitos desde 1972.

Dentre os principais eventos nacionais e internacionais, que envolvem as questões relativas às mudanças climáticas, destacam-se: Conferência de Estocolmo, em 1972, Eco-92 ou Rio-92, em 1992, Protocolo de Quioto, em 1997, Rio+10, em 2002, Rio+20, em 2012.

2.1.1.1 Conferência de Estocolmo (Suécia-1972)

Objetivando alertar a humanidade sobre a necessidade urgente de controlar seus impactos sobre o meio ambiente, realizou-se, a primeira Conferência Mundial, em 1972, na Suécia em Estocolmo, denominada a I Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano. A conferência de Estocolmo teve como resultado o tratado de Montreal no qual os países substituiriam qualquer substância que prejudicasse a atmosfera, tais como as 15 formas do gás CFC que eram fontes de destruição do Ozônio (O₃). O Tratado de Montreal obteve sucesso e vigora até hoje, sendo referência para as ações de controle de emissões de gases e proteção atmosférica. Nesta Conferência foi recomendada, a criação de um programa de Educação Ambiental, sendo esta reconhecida como elemento crítico para o combate à crise ambiental do mundo (DIAS, 2004).

Em 1972, foi criada pela ONU a Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento (WCED, sigla em inglês), que em 1987 publicou o Relatório Brundtland também intitulado como “Nosso Futuro Comum” (Our Common Future), que deu origem ao termo

Desenvolvimento Sustentável, que se refere ao desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades. O referido relatório apresenta também uma série de medidas sugeridas aos países para a solução dos problemas ambientais e para promover o desenvolvimento sustentável. As ideias oriundas do Relatório Brundtland bem como as metas do relatório são válidas até hoje. O Relatório trata de preocupações, desafios e esforços comuns como: Busca do desenvolvimento sustentável, o papel da economia internacional, população, segurança alimentar, energia. Indústria, desafio urbano e mudança institucional (DIAS, 2004).

2.1.1.2 Conferência Eco-92 (Brasil-1992)

A ECO-92, ou Cúpula da Terra são nomes pelos quais é mais conhecida a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), realizada vinte anos depois da Conferência de Estocolmo, no Rio de Janeiro em junho de 1992. O seu objetivo principal era buscar meios de conciliar o desenvolvimento socioeconômico com a conservação e proteção dos ecossistemas da Terra (LAGO, 2006).

Essa Conferência lançou as bases sobre as quais os diversos países do mundo deveriam, a partir daquela data, empreender ações concretas, no sentido da melhoria das condições sociais e ambientais, tanto em nível local quanto planetário (PHILIPPI JR; BRUNNA, 2004). Como resultados obtidos nessa Conferência destacam-se os seguintes documentos: A agenda 21 e um acordo chamado Convenção da Biodiversidade.

Nessa reunião foi criada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, cujo objetivo era estabilizar a concentração de gases estufa na atmosfera, que ocorre anualmente para que os países pudessem debater sobre as mudanças climáticas.

2.1.1.3 Conferência ou Protocolo de Quioto (Japão-1997)

Em 1997, em Quioto, no Japão, realizou-se a terceira Conferência das Partes (COP 3), que resultou no Protocolo de Quioto. O documento foi um dos mais importantes marcos para a preservação do meio ambiente por definir compromissos mais rígidos para redução da emissão de gases de efeito estufa (cujas metas são de 5,2%) e para que fosse aprovado, os países desenvolvidos deveriam aceitar o acordo, pois eles correspondiam a maior parte das emissões de gases poluentes da atmosfera. Assim, com a criação do protocolo surge o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e os certificados de carbono.

O Protocolo de Quioto propôs um calendário para países industrializados reduzirem as emissões combinadas de gases de efeito estufa. Para que pudesse começar a valer, seria necessária a ratificação de pelo menos 55 países, que juntos deveriam corresponder por pelo menos 55% das emissões globais de gases do efeito estufa. O protocolo entrou em vigor em fevereiro de 2005, mesmo sem adesão dos Estados Unidos, um dos principais países emissores de gás estufa.

2.1.1.4 Rio +10 ou Cúpula do desenvolvimento sustentável (África do Sul- 2002)

A Rio +10 ou Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável aconteceu na cidade de Joanesburgo, na África do Sul, em 2002, com a participação de 189 países. Com o objetivo de analisar os progressos alcançados na implementação dos acordos firmados na Rio-92, propostos na Agenda-21, fortalecer os compromissos assumidos nessa ocasião, identificar novas prioridades de ação além de proporcionar trocas de experiências e o fortalecimento de laços entre pessoas e instituições de diversas nações (PHILIPPI JR; BRUNA, 2004).

Para Sirvinskas (2009), a reunião da Cúpula da Terra, em Johannesburgo, deveria ser o marco para a virada da conscientização internacional do meio ambiente. Contudo, o balanço final da reunião, demonstrou que não houve avanço significativo, eis que muitas questões foram discutidas sem a devida solução.

2.1.1.5 Conferência Rio+20 ou Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Brasil-2012)

A Rio + 20, a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, foi realizada no Rio de Janeiro em junho de 2012. Após vinte anos da realização da Rio-92. Reuniram-se um total de 193 representantes de países, com a maior cobertura jornalística mundial da história, sendo acompanhada diariamente em todo o planeta. O resultado foi a avaliação das políticas ambientais então adotadas e a produção de um documento final intitulado *O futuro que queremos*, onde foi reafirmada uma série de compromissos. O foco principal foi o desenvolvimento sustentável para as próximas décadas. Teve como objetivo a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável, por meio da avaliação do progresso e das lacunas na implementação das decisões adotadas pelas principais cúpulas sobre o assunto e do tratamento de temas novos e emergentes (UNITED NATIONS, 2012).

No entanto, novamente as críticas apareceram, sendo essas principalmente direcionadas à falta de clareza, objetividade e ao não estabelecimento de metas concretas para que os países reduzam a emissão de poluentes e preservem ou reconstituam suas áreas naturais.

Importantes acordos foram estabelecidos a partir dessas iniciativas, porém as mudanças climáticas vêm se consolidando cada vez mais como o principal desafio do século XXI. Os eventos climáticos extremos têm se tornado mais frequentes e têm causado inúmeros prejuízos financeiros, na infraestrutura urbana, mas, sobretudo, para a população que é afetada e encontra-se em situação de vulnerabilidade social.

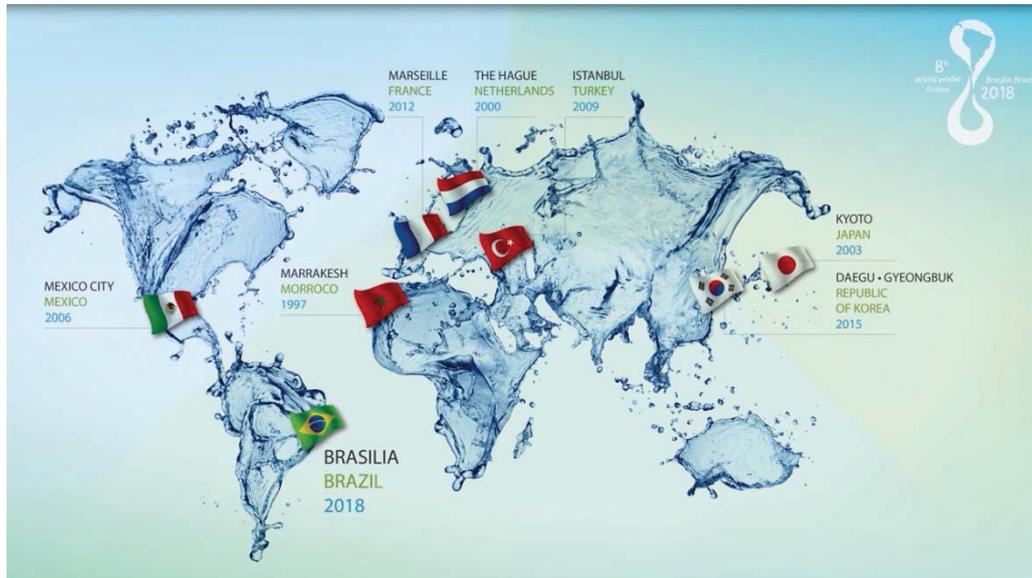
2.1.1.6 Fórum Mundial da Água, 1997

Quando se refere especificamente aos recursos hídricos, é importante destacar o Fórum Mundial da Água que teve início no ano de 1997 e é realizado de três em três anos, sendo organizado pelo Conselho Mundial da Água, consolidado como o mais importante evento do setor. O fórum abrange discussões com temáticas variadas, tendo como principal missão “promover a conscientização, construir compromissos políticos e provocar ações em temas críticos relacionados à água para facilitar a sua conservação, proteção, desenvolvimento, planejamento, gestão e uso eficiente, em todas as dimensões, com base na sustentabilidade ambiental, para o benefício de toda a vida na terra”.

Desta forma o fórum também trata de questões relacionadas às águas pluviais e resiliência das cidades, desde a primeira edição o fórum tem como um de seus objetivos “priorizar a água no desenvolvimento urbano e no planejamento sustentável.”

Sete edições já foram realizadas, sendo que em 2018 teve o Brasil como sede. A figura 3 demonstra as edições já realizadas e seus países sede.

Figura 2: Países sede do Fórum Mundial da Água



Fonte: World Water Council, (2017).

2.1.2 Impactos das mudanças climáticas

Os impactos das alterações climáticas vão desde perdas econômicas até o risco para a saúde da população, os eventos com impactos mais significativos já são percebidos atualmente, e são classificados como efeitos diretos das alterações climáticas, sendo furacões, tempestades e inundações – especialmente em zonas urbanas – deslizamentos de terra, desabamentos de prédios e ondas de calor. Os considerados indiretos são: a perda de produção agrícola, ocasionando impacto nutricional, queda nos padrões de higiene pessoal e ambiental. (PBMC, 2016)

Quanto maior a vulnerabilidade do assentamento humanos ou das cidades, maiores são os impactos sentidos pela comunidade. A vulnerabilidade é o grau em que um sistema é suscetível e incapaz de lidar com os efeitos adversos das mudanças climáticas, inclusive variabilidade climática e os extremos. A vulnerabilidade de um sistema ou de uma área urbana pode ser definida pelas seguintes variantes: a magnitude, a taxa de mudança do clima, a variação a que um sistema está exposto, pelas condições sociais, sensibilidade e pela capacidade de adaptação (PBMC, 2014).

O risco de desastre é definido como a probabilidade durante um período de tempo específico de alterações graves no funcionamento normal de uma comunidade ou uma sociedade, devido a eventos físicos perigosos que interagem com condições sociais vulneráveis, criando um cenário propício à propagação de doenças, perdas materiais, econômicas ou

ambientais que exigem resposta imediata para satisfazer necessidades humanas críticas e que talvez exijam suporte externo para a recuperação (IPCC, 2012).

Geralmente o risco de desastre se origina de uma combinação entre riscos físicos e vulnerabilidades, que acarreta potencial interrupção grave do funcionamento normal da sociedade, o que caracteriza um desastre (IPCC, 2012).

No que tange aos impactos hidrológicos, as inundações são as que causam maiores transtornos, afetando edifícios, infraestrutura urbana, por consequência depreciam o mercado imobiliário em zonas inundáveis, interrompem os serviços públicos e os transportes, disseminam doenças transmitidas pela água, podem causar lesões e óbitos, entre outros aspectos (MIGUEZ; MAGALHÃES, 2010).

As inundações e alagamentos urbanos são agravados pela ocorrência de fortes tempestades combinadas com resíduos mal acondicionados e destinados de forma inadequada que são espalhados e carregados para os sistemas de drenagem, contribuindo para a obstrução das galerias e canais. Trata-se de um problema nacional, uma vez que apenas 58,5% do volume total de resíduos coletado no país é disposto de forma adequada em aterros sanitários (PBMC, 2016).

Como consequência indireta das mudanças climáticas, dos alagamentos e das inundações, podem surgir várias doenças infecciosas endêmicas que são sensíveis às variações do clima, notadamente aquelas de transmissão vetorial e as de veiculação hídrica (BARCELLOS et al., 2009).

Na região Sul, por exemplo, a leptospirose ocupa o primeiro lugar em termos de incidência média anual, o que correspondeu a 749 casos confirmados de janeiro a setembro de 2017. Vale ponderar que tal condição poderá se agravar em períodos chuvosos, principalmente nas capitais e áreas metropolitanas, devido às enchentes associadas à aglomeração populacional de baixa renda, as condições inadequadas de saneamento e alta infestação de roedores (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018).

Por outro lado, a presença de gases poluentes associados a eventos meteorológicos como os de inversão térmica, podem agravar os casos de asma, alergias, infecções bronco-pulmonares e infecções nas vias aéreas superiores – sinusite –, principalmente entre os grupos mais susceptíveis que incluem crianças menores de cinco anos e idosos com idade acima de 65 anos (MARTINS et al., 2002; BARCELLOS et al., 2009).

Com relação à agricultura, um relatório divulgado em conjunto pela EMBRAPA e UNICAMP no ano de 2008 expôs uma nova geografia da produção nacional desse setor com

base nas projeções de mudanças climáticas apontadas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2012).

As previsões climáticas para o Brasil até os anos de 2020, 2050 e 2070, mostraram que, com exceção da cana-de-açúcar e da mandioca, as culturas de algodão, arroz, café, feijão, girassol, milho e soja sofrerão impactos negativos, apresentando diminuição de produção em função da redução de áreas com baixo risco climático.

Para a Região Sul do País, mesmo que um aumento na temperatura do ar reduza o risco de geadas, possibilitando o plantio de outros cultivares (cana-de-açúcar, por exemplo), não haverá compensação de perdas com um clima mais quente (PBMC, 2016).

2.2 Políticas públicas para mudanças climáticas

Com a adoção de acordos históricos na área de sustentabilidade, como a Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS); o Acordo de Paris; e a pactuação de outros importantes acordos multilaterais, como a Nova Agenda Urbana e o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015/2030 (plano de enfrentamento abc), e o Protocolo de Kyoto (2005), que segundo Marcovitch (2006) é o mais importante acordo já firmado em toda a história da humanidade, sobre a mudança climática, é possível destacar um caminho internacional em direção ao desenvolvimento sustentável. Esse movimento faz com que diferentes públicos reunidos por interesses comuns assumam compromissos e metas para colocar esses acordos em prática em esfera nacional, estadual e municipal.

Cada Estado tem a responsabilidade fundamental de prevenir e reduzir os riscos de desastres, inclusive por meio de cooperação internacional, regional, sub-regional, transfronteiriça e bilateral. A redução do risco de desastres é uma preocupação comum a todos, e à medida em que os países em desenvolvimento são capazes de efetivamente melhorar e implementar políticas e medidas nacionais de redução do risco de desastres, considerando suas circunstâncias e capacidades, pode ser aumentada através da cooperação internacional sustentável (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012)

No ano de 2009 o Brasil, a exemplo de outros países, lançou o Plano Nacional sobre Mudanças Climáticas – PNMC, que teve como finalidade estabelecer objetivos para qualificar, elaborar e implementar políticas públicas no país. Neste mesmo sentido, foi publicada a Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC. O art. 2º da referida lei destaca que é dever “da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre.” O

quadro 2 apresenta a relação de legislações brasileiras que tratam sobre o tema mudanças climáticas.

Quadro 2: Legislação Federal sobre mudanças climáticas

LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS	
Política Nacional para Mudança do Clima	Lei nº 12.187/2009
Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima	Portaria nº 150/2016.
Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação.	Decreto nº 7390/2010
Código Florestal	Lei nº 12.651/2012

Fonte: Elaborado pela autora, com base em Fórum Clima (2017).

Visando a melhoria das condições de vida de sua população vários estados seguiram o exemplo nacional e criaram legislações específicas que visam o enfrentamento das alterações climáticas e construção de um ambiente urbano mais resiliente, capaz de recuperar-se em meio a situações de calamidade.

O estado de Minas Gerais é o que possui a legislação mais antiga, datando do ano de 2005. Mas ao contrário do que se vê em todas as regiões do país, alguns estados não despertaram para a necessidade de antecipar-se às questões climáticas e continuam sem nenhuma iniciativa em forma de Lei ou decreto que institua diretrizes nesta questão. É o caso dos estados do Alagoas, Rio Grande do Norte, Sergipe, Rondônia, Roraima, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal que não possuem nenhuma lei, projeto de lei ou fórum de discussão sobre políticas de mudanças climáticas (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL GRANDE ABC, 2017).

No que se refere à Região Sul vale ressaltar que todos os estados possuem legislação ou fórum que trata especificamente de alterações do clima, estas legislações estão listadas no Quadro 3.

Quadro 3: Legislações Estaduais sobre mudanças climáticas

LEGISLAÇÕES ESTADUAIS SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS		
REGIÃO SUL		
Paraná	Lei nº 16.019, de 19 de dezembro de 2008	Institui o Fórum Paranaense de Mudanças Climáticas Globais.
	Lei nº 13.133, de 25 de abril de 2012	Institui a Política Estadual sobre Mudança do Clima.
Rio Grande do Sul	Decreto nº 45.098, de 15 de junho de 2007	Cria o Fórum Gaúcho de Mudanças Climáticas.
	Lei n.º 13.594, de 30 de dezembro de 2010.	Institui a Política Gaúcha sobre Mudanças Climáticas (PGMC), fixando seus objetivos, princípios, diretrizes e instrumentos e dá outras providências.
Santa Catarina	Decreto nº 14.829, de 11 de agosto de 2009	Institui a Política Estadual sobre Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina.

Fonte: Elaborado pela autora, com base em Fórum Clima (2017).

Também cabe evidenciar que em 2016 foi concluído o relatório da Comissão Rio Grande Resiliente que propõem direcionamentos para a elaboração de um projeto de lei, com o objetivo principal de estabelecer o compromisso do Estado frente ao desafio de proporcionar as condições para que as suas comunidades desenvolvam competências necessárias a fim de ampliar da sua capacidade de resiliência.

Este relatório proporcionou o debate sobre o tema Resiliência Urbana no Parlamento Gaúcho, através da troca de conhecimentos entre especialistas, instituições públicas e privadas, universidades, organizações não-governamentais, o parlamento e a sociedade.

2.3 Urbanização brasileira e infraestrutura

Urbanização pode ser entendida como o aumento proporcional da população urbana em relação à população rural. Segundo tal conceito, só ocorre urbanização quando o crescimento da população urbana é superior ao crescimento da população rural (MIRANDA, 2006).

O processo de urbanização no Brasil tem suas origens na Revolução Industrial, que ocorreu a partir da segunda metade do século XVIII. Até então, a população brasileira era predominantemente rural e sua fonte de subsistência era a agricultura. Em países

subdesenvolvidos como o Brasil, o processo de urbanização trouxe significativas mudanças, principalmente no território, que perdeu suas características naturais para se adequar ao novo cenário industrial, composto por fábrica e máquinas (SOARES et. al., 2014).

Com efeito, os processos de industrialização e de urbanização brasileiros estão intimamente ligados, pois as unidades fabris eram instaladas em locais onde houvesse infraestrutura, oferta de mão-de-obra e mercado consumidor.

A partir dos anos 1940-1950, a industrialização ficou em evidência. O termo industrialização tem de ser entendido em sentido amplo, sendo um processo social complexo, que inclui a formação de um mercado nacional integrado, cujo objetivo era a expansão do consumo, das relações de trabalho e o próprio processo de urbanização (SANTOS, 2008).

Dito isso, o movimento da urbanização traz consigo um forte crescimento populacional, que está atrelado a um processo de natalidade elevada e de mortalidade reduzida, cujas causas essenciais são os progressos sanitários e a melhoria nos padrões de vida encontrados nas cidades (SANTOS, 2008).

O processo de urbanização no Brasil ocorreu de forma acelerada. Na Europa, por outro lado, esse processo é mais antigo. Com exceção da Inglaterra, único país que se tornou urbanizado na primeira metade do século XIX, a maioria dos países europeus se tornou urbanizada entre a segunda metade do século XIX e a primeira metade do século XX. Além disso, nesses países a urbanização foi menos intensa e, digamos, mais organizada, sendo menos volumosa e acompanhada pela oferta de empregos urbanos, moradias, escolas, saneamento básico, entre outros (MIRANDA, 2006).

Os países que obtiveram um desenvolvimento econômico, técnico e tecnológico mais cedo, mais organizado, na modernidade, apresentaram uma maior preocupação com relação ao ordenamento dos espaços públicos e com o controle do processo de urbanização. Por outro lado, nos países em que a organização política e econômica foi mais tardia, o processo de criação e desenvolvimento das cidades apresentou características mais complexas, com surgimento de problemas socioambientais de difícil solução (MENDONÇA, 2004).

No Brasil, é possível afirmar que o processo de urbanização ocorreu de forma acelerada, sendo, inclusive, superior ao caminho percorrido por países capitalistas mais avançados. Aliás, segundo Brito e Souza (2005), o intenso crescimento da economia urbano-industrial foi, do ponto de vista espacial e social, extremamente desequilibrado, sem planejamento adequado.

Somente na segunda metade do século XX, a população urbana passou de 19 milhões para 138 milhões, multiplicando-se 7,3 vezes, com uma taxa média anual de crescimento de

4,1%. Ou seja, a cada ano, em média, nessa última metade de século, 2.378.291 habitantes eram acrescidos à população urbana (BRITO; SOUZA, 2005).

A migração interna em geral (não limitada somente ao êxodo rural) constitui um dos elos mais importantes entre as profundas mudanças estruturais e a grande transformação urbana.

Nesse contexto, a urbanização desordenada causa diversos problemas sociais e ambientais, uma vez que os municípios não possuem estrutura necessária para acolher os migrantes. Dentre os problemas indesejados, pode-se destacar o desemprego em massa, a criminalidade, o crescimento desordenado de bairros e, por consequência, a poluição do ar e da água (MIRANDA, 2006).

Por fim, vale destacar que a ânsia por um crescimento/desenvolvimento urbano rápido, muitas vezes, traz diversos contratempos, visto que não encontrará uma infraestrutura adequada para atender a população de forma digna, salvo grandes empreendimentos. Por exemplo, uma cidade que recebe a invasão de 500 mil habitantes novos por ano, como São Paulo, não pode recebê-los com ruas asfaltadas, casas, luz, esgotos, água, creche, parques infantis, hospitais, praças, jardins, abastecimento, segurança, administração pública, transporte coletivo e, sobretudo, empregos (GUEDES, 1983).

2.3.1 Sítios urbanos de pequeno porte

Em 2017, o Instituto de Geografia e Estatística - IBGE divulgou o estudo Classificação e Caracterização dos Espaços Rurais e Urbanos do Brasil: Uma Primeira Aproximação. A publicação reforça o debate em torno da delimitação das dimensões – rural e urbana – que carregam traços ambientais, culturais, sociais e econômicos, determinantes até hoje para a caracterização da sociedade e do território brasileiro.

Apesar de os estudos sobre as dimensões do espaço urbano possuírem delimitações e distinções desde os anos 1930, ainda hoje não se tem clareza acerca de tais características (IBGE, 2017). Lopes (2009), também afirma que nem sempre é possível saber, com precisão, a que dimensão um autor se referiu ao qualificar uma aglomeração como de pequeno, médio ou grande porte, porque essas são noções de grandeza sobre as quais não há consenso.

Todavia, os estudos sobre as dimensões das cidades ou áreas urbanas, pelo menos nos ambientes técnico acadêmicos, faz-se de significativa importância, principalmente no que tange à diferenciação entre aglomerações de pequeno, médio e grande porte (NETO, 2012).

Dito isso, os estudos nas cidades de grande porte são de fundamental importância principalmente pelo fato de que os problemas em tais metrópoles se evidenciam de forma mais recorrente e, por isso, conduzem a um maior número de pesquisas.

Não menos importante, nas últimas décadas, as cidades de pequeno e médio porte têm sido incorporadas nos estudos acadêmicos por consequência dos processos de modernização da rede urbana, dos fluxos que por ela expandem o modo de produção capitalista (CORRÊA, 2015) e também pela interiorização dos cursos de graduação e pós-graduação, que resultam em maior número de estudos deste tipo (SPOSITO, 2009).

Nesse contexto, a diferenciação entre cidades pequenas, médias e grandes leva em conta o tamanho da cidade, que, por consequência, conduz ao estudo das redes e hierarquias urbanas. A propósito, cidade pequena se contrária à cidade grande e a cidade média, por sua vez, é aquela que está entre uma e outra, vale dizer, teria uma dimensão intermediária.

Habitualmente, os estudos que priorizam o sistema hierárquico das cidades usam terminologias similares às de cidades pequenas, médias e grandes. Para tanto, baseiam-se em dados referentes somente a contingentes populacionais.

Desta forma, na classe de cidades pequenas inserem-se aquelas que possuem até 20 mil habitantes; acima deste montante são classificadas como cidades médias e aquelas com mais de 500 mil habitantes são consideradas cidades grandes. Este critério, com algumas variantes, tem sido adotado pelas instituições de estudos estatísticos (LOPES; HENRIQUE, 2010).

A classificação das cidades como pequenas e médias é restrita apenas ao tamanho da população. No entanto, para uma classificação mais realista é necessário o entendimento sobre suas características, seus cotidianos, suas funções e suas formas. Apenas a contagem populacional não traduz a dinâmica do conjunto de cidades estudadas ou mesmo não é sinônimo de uma dada realidade. Pois, mesmo que se considere um intervalo de número de habitantes, há muita disparidade entre os espaços urbanos. Tais discrepâncias e dificuldades metodológicas, para uma definição adequada inclusive no conceito de cidade, já foram discutidas por Souza (2003):

[...] Uma cidade média em uma região pobre, como o Nordeste brasileiro, tenderá a não apresentar comércio e serviços tão diversificados e sofisticados quanto uma cidade de mesmo porte em uma região mais próspera, com uma presença bem mais expressiva de estratos de renda médios, como o interior de São Paulo ou o Sul do país, por exemplo (SOUZA, 2003, p 30-31).

Indiferente da classificação do tamanho de cada cidade, cabe ressaltar que as cidades muitas vezes dependem umas das outras, principalmente quando se refere a pequenas aglomerações.

Deste modo, o olhar para as pequenas cidades não pode estar isolado do restante da rede urbana. Pelo contrário, faz-se necessário compreender as dinâmicas desses municípios em interação e movimento, consoante à apreensão de uma realidade que considere os demais centros urbanos e os fluxos humanos existentes entre eles (ENDLICH, 2011).

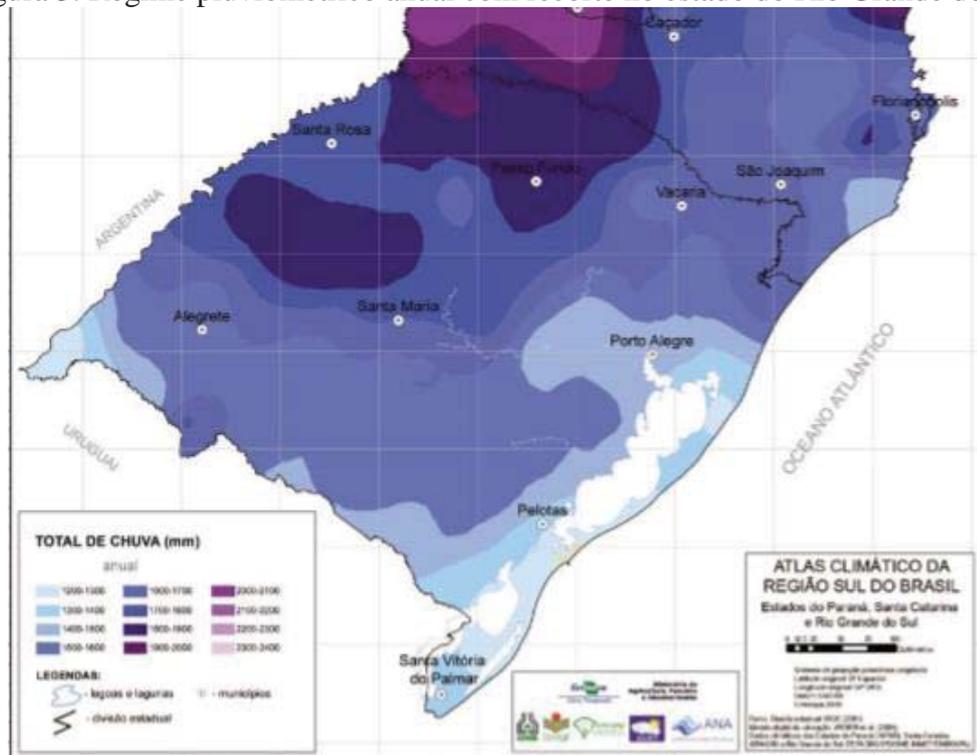
2.4 Regime de chuvas e bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul

A região Sul é marcada por uma pluviosidade média anual que varia entre 1.250 e 2.000 mm, com exceção do litoral do Paraná e do oeste de Santa Catarina, onde supera 2.000 mm. A distribuição das chuvas pode ser considerada bem distribuídas por todo o território ao longo do ano, sendo que o período mais chuvoso ocorre nos meses de dezembro a março, quando o aumento das temperaturas sobre o continente gera a maior possibilidade de chuvas fortes, vendavais, granizo e tempestades elétricas (ATLAS CLIMÁTICO DA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2012; ANUÁRIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2013)

Os principais sistemas que contribuem para a distribuição de precipitação na região Sul, estando muitas vezes também associados a eventos adversos são: Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), frentes frias (SF), cavados, ciclones extratropicais, posicionamento e intensidade do Jato Subtropical da América do Sul, Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), convecção tropical e a circulação marítima. Porém, as instabilidades não são as únicas responsáveis pelos desastres climáticos nesta região. Condições de estabilidade, quando associadas aos bloqueios atmosféricos, são responsáveis por estiagens prolongadas e prejuízos consideráveis. Anomalias de precipitação podem ainda estar associadas a eventos de escala global, tais como o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (SELUCHI et al., 1998; NERY, 2005 ANUÁRIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2013).

Historicamente, a região é marcada pela ocorrência de grandes desastres, porém a frequência, variedade de eventos adversos e a pela ocorrência de fenômenos atípicos também ganham destaque na região, como foi o caso do furacão Catarina que atingiu o estado de Santa Catarina e parte do Rio Grande do Sul no ano de 2004. Como resultado da influência desses sistemas as características da região constituem frequentes alagamentos, inundações bruscas e graduais, escorregamentos, estiagens, vendavais, tornados, nevoeiros e ressacas, conforme demonstrado na Figura 3 (ATLAS CLIMÁTICO DA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2012).

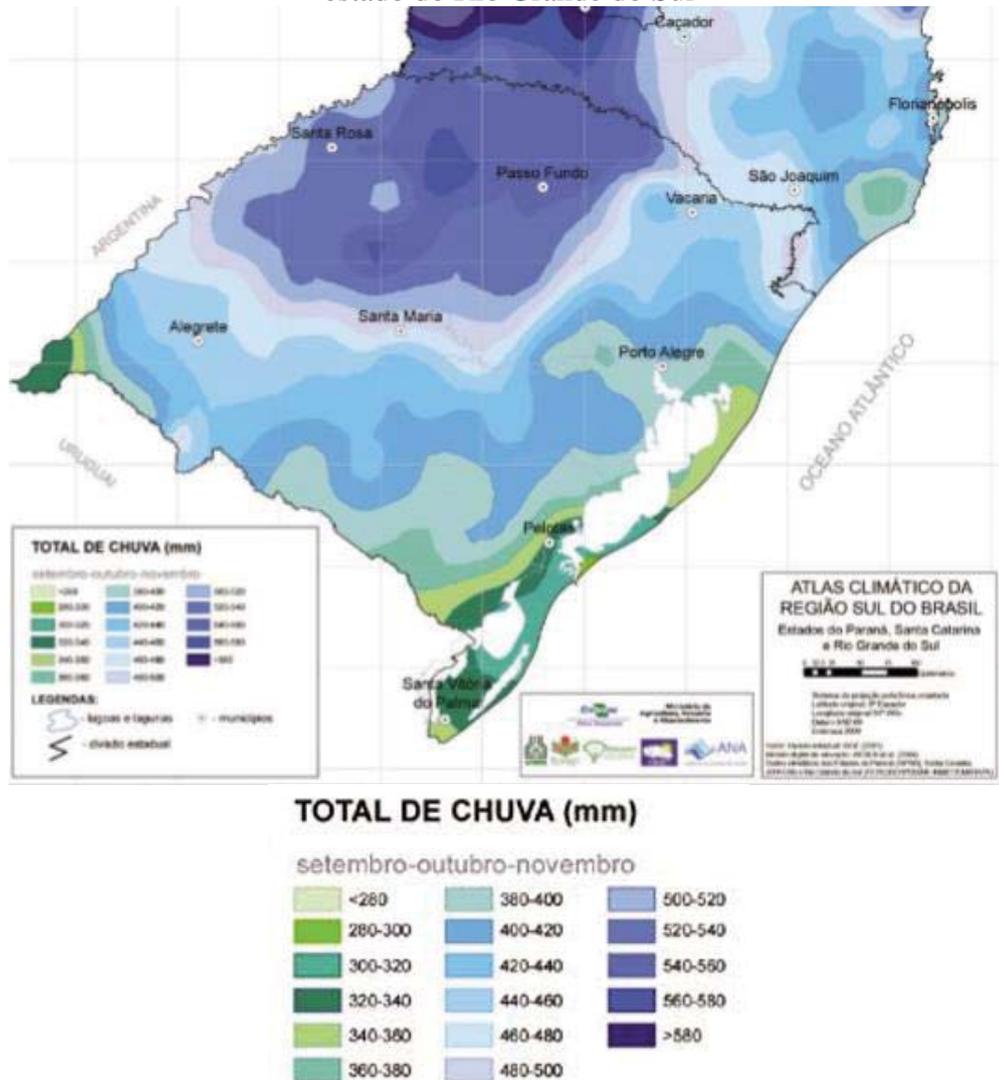
Figura 3: Regime pluviométrico anual com recorte no estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Adaptado do Atlas Climático da Região Sul do Brasil (2012).

Quando se refere ao trimestre mais chuvoso, ocorre uma alteração de meses quando considerada especificamente a área de estudo, região mais ao norte do estado. O trimestre onde a precipitação é mais intensa nesta área está compreendido pelos meses de setembro outubro e novembro, quando o somatório dos volumes de chuva pode ultrapassar os 560 mm (Figura 4).

Figura 4: Regime pluviométrico trimestre setembro, outubro e novembro com recorte no estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Adaptado do Atlas Climático da Região Sul do Brasil (2012).

2.4.1 Bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul

O termo Bacia Hidrográfica pode ser compreendido como uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. Compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 2012).

De forma simplificada, a bacia hidrográfica é toda a área de captação natural da água da chuva que escoam superficialmente para um corpo de água ou seu contribuinte. Sendo que seus limites são definidos pelo relevo, considerando-se como divisores de águas as áreas mais elevadas (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

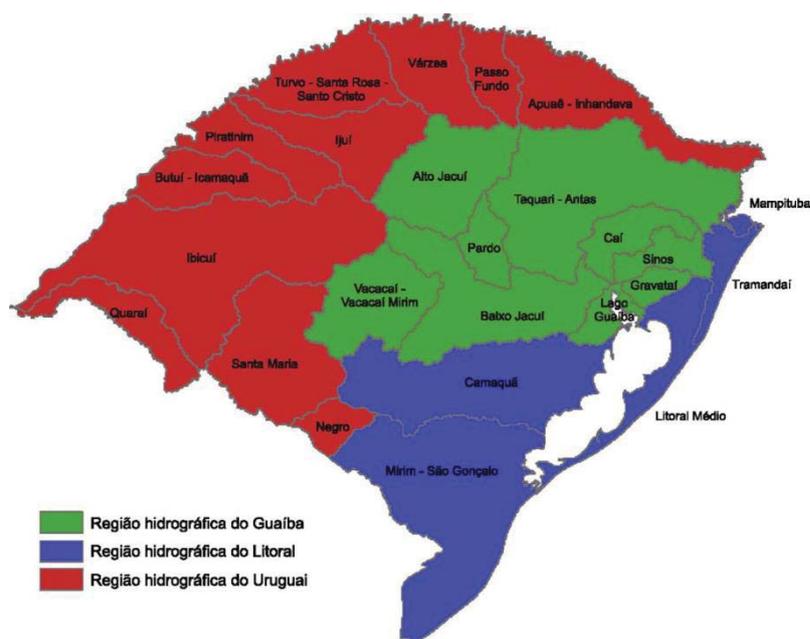
O corpo de água principal, que dá o nome à bacia, recebe contribuição dos seus afluentes sendo que cada um deles pode apresentar vários contribuintes menores, alimentados direta ou indiretamente por nascentes. Assim, em uma bacia existem várias sub-bacias ou áreas de drenagem de cada contribuinte. Estas são as unidades fundamentais para a conservação e o manejo, uma vez que a característica ambiental de uma bacia reflete o somatório ou as relações de causa e efeito da dinâmica natural e ação humana ocorridas no conjunto das sub-bacias nela contidas.

Assim, pode-se dizer que a bacia hidrográfica é utilizada como unidade básica para gestão dos recursos hídricos e para gestão ambiental, visto que os elementos físicos naturais estão interligados pelo ciclo da água.

O artigo 171 da Constituição Estadual do Rio Grande do Sul estabeleceu um modelo sistêmico para a gestão das águas do Estado. A Lei Estadual nº 10.350/1994, por seu turno, regulamentou tal artigo no sentido de que cada uma das 25 bacias do Estado deve formar um comitê de gerenciamento, denominando-o de Comitê de Bacia. A referida Lei, ainda, regulamentou a existência de três Regiões Hidrográficas em que as bacias hidrográficas são agrupadas para fins de gerenciamento (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

A área estudada contempla a Região Hidrográfica do Uruguai, que é composta por outras 11 bacias hidrográficas, conforme ilustra a Figura 5:

Figura 5: Regiões e Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul



Fonte: Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - Rio Grande do Sul (2017)

2.4.2 Desastres hidrológicos no Brasil

Com relação aos desastres hidrológicos no Brasil podemos identificar três tipos classificados pela defesa civil, sendo alagamentos, enxurradas e inundações. Apesar de os desastres parecerem muitos semelhantes entre si, existem importantes características que os diferem, sendo assim o Anuário Brasileiro de Desastres Naturais, traz a classificação para cada um destes eventos, apresentados no Quadro 4.

Quadro 4: Definição dos eventos hidrológicos no Brasil

DEFINIÇÃO DOS EVENTOS HIDROLÓGICOS NO BRASIL	
ALAGAMENTO	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em áreas rebaixadas em decorrência de precipitações intensas.
ENXURRADA	Escoamentos superficiais concentrados e com alta energia de transporte, que podem ou não estar associados ao domínio fluvial. São provocadas por chuvas intensas.
INUNDAÇÃO	Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas.

Fonte: Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (2013); Cobrade (2012).

De modo geral a intensificação desses eventos está relacionada ao processo de urbanização brasileiro, que em muitos casos promove a canalização de rios, assoreamento das encostas e sistema de drenagem não compatível com as necessidades das cidades.

Conforme estudos realizados para elaborar os Anuários Brasileiros de Desastres Naturais dos anos de 2011, 2012 e 2013, fica evidenciado que os desastres hidrológicos têm maior incidência na Região Sul, seguida pela região Sudeste.

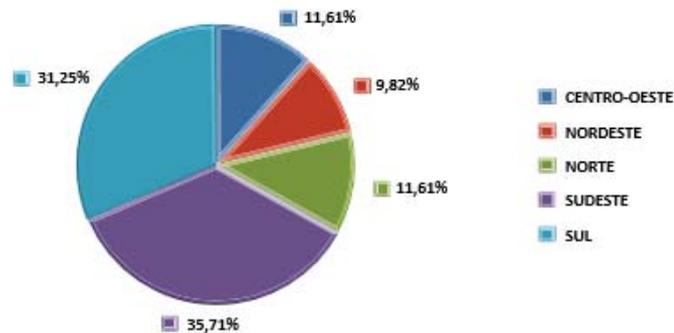
O regime hidrológico na região é menos marcado que em outras regiões do país, uma vez que as chuvas se distribuem mais igualmente ao longo do ano. Isso implica que os desastres também se distribuam ao longo do ano, com uma sazonalidade mais discreta do que em outras regiões do Brasil. Vale mencionar ainda que a região Sul é aquela em que, em geral, são observados os maiores números de registros de desastres hidrológicos como um todo no país, especialmente aqueles associados a chuvas intensas e escoamentos de alta velocidade, ou seja, alagamentos e enxurradas (ANUÁRIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2013, p. 35).

Segundo o Anuário Brasileiro De Desastres Naturais 2013, historicamente, a região Sul é marcada não somente pela ocorrência de grandes desastres, mas também pela frequência e

variedade de eventos adversos e ainda pela ocorrência de fenômenos atípicos, como foi o caso do furacão Catarina, que atingiu o estado de Santa Catarina em 2004. A Região Sul é frequentemente afetada por alagamentos, inundações bruscas e graduais, deslizamentos, estiagens, vendavais, tornados, nevoeiros e ressacas do mar.

Para o caso do desastre hidrológico dos alagamentos, a região Sul aparece em segundo lugar, conforme a Figura 6.

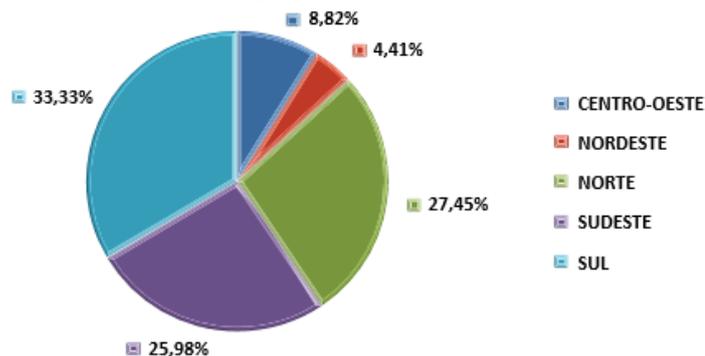
Figura 6: Distribuição das Ocorrências de Alagamentos em 2013.



Fonte: Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (2013).

No que se refere à distribuição das inundações é possível observar uma inversão de papéis, colocando a região Sul na primeira colocação, embora com pouca diferença para a segunda e terceira colocadas.

Figura 7: Distribuição Macrorregional das Ocorrências de Inundações em 2013.



Fonte: Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (2013).

Ao contrário do que se observa nas imagens anteriores, a distribuição das enxurradas na região Sul atinge um índice superior a 50%, o que coloca novamente o Sul na primeira posição e reafirma que incidência de chuvas resultam em desastres hidrológicos frequentes.

Brasil	5 570	1 543	122	8 942	203	154	408	306	320	243	112
Até 5 000	1 247	163	23	367	24	14	33	28	40	29	19
De 5 001 a 10 000	1 227	236	29	512	36	24	61	41	45	48	17
De 10 001 a 20 000	1 378	378	30	1 017	40	44	107	71	78	54	24
De 20 001 a 50 000	1 080	401	23	1 437	53	35	113	89	85	53	26
De 50 001 a 100 000	339	170	9	635	21	15	45	37	36	26	11
De 100 001 a 500 000	260	167	7	1 542	24	19	39	34	31	31	13
Mais de 500 000	39	28	1	3 432	5	3	10	6	5	2	2
Sul	1 191	360	33	1 316	49	35	66	80	98	41	40
Até 5 000	420	70	14	123	14	5	8	18	21	6	12
De 5 001 a 10 000	280	59	7	137	10	3	9	11	18	11	7
De 10 001 a 20 000	228	79	7	232	4	11	14	17	22	8	7
De 20 001 a 50 000	159	84	2	286	17	4	21	22	20	8	9
De 50 001 a 100 000	52	33	2	146	2	4	7	4	12	4	2
De 100 001 a 500 000	48	32	1	178	1	7	6	8	5	4	2
Mais de 500 000	4	3	-	214	1	1	1	-	-	-	1

Fonte: Adaptado do Perfil dos Municípios Brasileiros, IBGE (2013).

Tabela 2: Municípios, total e os atingidos em suas áreas urbanas nos últimos 5 anos, por enxurradas ou inundações bruscas, segundo as Grandes Regiões e as classes de tamanho da população dos municípios - 2013

Grandes Regiões e classes de tamanho da população dos municípios	Municípios										
	Total	Atingidos em suas áreas urbanas nos últimos 5 anos, por enxurradas ou inundações bruscas									
		Total	Não sabe	Ocorrências		Ano da ocorrência com maior número de edificações atingidas					
				Total	Municípios que não souberam informar (1)	2008	2009	2010	2011	2012	Não sabe
Brasil	5 570	1 574	142	13 244	256	135	300	319	355	298	167
Até 5 000	1 247	183	24	581	30	15	21	43	46	32	26
De 5 001 a 10 000	1 227	253	36	1 081	37	18	44	47	61	54	29
De 10 001 a 20 000	1 378	389	37	1 200	60	35	82	81	87	68	36
De 20 001 a 50 000	1 080	369	26	1 275	62	28	77	78	77	69	40
De 50 001 a 100 000	339	172	8	831	28	18	35	30	38	33	18
De 100 001 a 500 000	260	174	11	1 974	29	17	31	36	39	38	13
Mais de 500 000	39	34	-	6 302	10	4	10	4	7	4	5
Sul	1 191	423	43	1 784	57	32	68	101	127	48	47
Até 5 000	420	89	15	186	16	6	9	27	24	8	15
De 5 001 a 10 000	280	86	9	220	10	4	16	20	30	9	7
De 10 001 a 20 000	228	89	9	260	8	6	14	18	29	13	9
De 20 001 a 50 000	159	86	6	276	14	4	16	24	24	10	8
De 50 001 a 100 000	52	34	2	224	3	5	9	4	10	3	3
De 100 001 a 500 000	48	35	2	393	5	6	3	7	10	5	4
Mais de 500 000	4	4	-	225	1	1	1	1	-	-	1

Fonte: Adaptado do Perfil dos Municípios Brasileiros, IBGE (2013).

O Rio Grande do Sul possui um número relativamente alto de municípios com instrumentos de planejamento. O Plano Diretor prevalece dentre eles, que contempla regras de prevenção de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas.

Contudo, os municípios gaúchos ainda possuem um pequeno acervo legislativo específico a fim de evitar/prevenir desastres hidrológicos, uma vez que esse percentual não chega a 2% do número total de municípios, como pode se extrair da tabela abaixo.

Tabela 3: Municípios, total e com instrumentos de planejamento, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação - 2013

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Municípios							
	Total	Com instrumentos de planejamento						
		Total	Plano Diretor que contemple a prevenção de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas	Lei de Uso e Ocupação do Solo que contemple a prevenção de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas	Lei específica que contemple a prevenção de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas	Plano Diretor que contemple a prevenção de deslizamentos ou de encostas	Lei de Uso e Ocupação do Solo que contemple a prevenção de deslizamentos ou de encostas	Lei específica que contemple a prevenção de deslizamentos ou de encostas
Brasil	5 570	2 892	960	824	144	430	409	64
Sul	1 191	836	305	302	37	140	156	19
Paraná	399	290	145	153	26	57	67	14
Santa Catarina	295	236	81	80	7	50	57	2
Rio Grande do Sul	497	310	79	69	4	33	32	3

Fonte: Adaptado do Perfil dos Municípios Brasileiros, IBGE (2013).

2.5 Gestão das águas urbanas

O conceito de gestão está relacionado a administração de recursos disponíveis em uma organização, sejam eles recursos financeiros, materiais, humanos, tecnológicos ou da informação. No meio urbano a gestão das águas não está relacionada somente aos rios presentes em sua área urbanizada, mas também está ligada a temas como esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, resíduos sólidos, drenagem urbana transporte/mobilidade, habitação entre outros (BOF, 2014).

Em muitos municípios a impermeabilização e a forte densificação de áreas centrais faz com que o problema da grande demanda de abastecimento de água e do esgotamento sanitário seja transmitido para o escoamento superficial, que por sua vez também é transferido através de canalizações para outros locais, causando problemas como inundações, contaminação do solo e dos rios, e transmissão de doenças de veiculação hídrica principalmente nas periferias (TUCCI, 2005). Esse somatório de problemas deve-se principalmente à gestão fragmentada dessas infraestruturas nas áreas urbanas.

No caso dos recursos hídricos, a estrutura gerencial não tem legitimidade e nem competência legal para abranger setores que, embora influenciem na quantidade/qualidade das águas, não se caracterizam como usuários de recursos hídricos. É o caso do setor de transporte

urbano por exemplo, que representa um fator importante na determinação dos processos de uso e ocupação do solo e, portanto, com grande interferência sobre a manutenção de áreas de mananciais e zonas de restrição de vazão de enchente, mas que não se relaciona diretamente com as competências da gestão de bacias (SILVA; PORTO, 2003).

Por este motivo, a gestão integrada, é entendida como interdisciplinar e intersetorial dos componentes das águas urbanas, e é uma condição necessária para que os resultados atendam condições satisfatórias de desenvolvimento sustentável urbano (TUCCI, 2008).

2.5.1 Gestão das bacias hidrográficas

A gestão dos recursos hídricos baseada na divisão por bacias hidrográficas ganhou força no início da década de 1990 quando os Princípios de Dublin foram adotados. O primeiro princípio expõe que a gestão dos recursos hídricos, para ser efetiva, deve ser integrada e considerar todos os aspectos, físicos, sociais e econômicos, deixando claro que a questão central que deve reger a gestão é a integração dos vários aspectos que interferem no uso dos recursos hídricos e na sua proteção ambiental (YASSUDA, 1993). Para que essa integração tenha o foco adequado, sugere-se que a gestão esteja baseada nas bacias hidrográficas (WMO, 1992).

No Brasil foi a Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que estabeleceu a política de recursos hídricos e organizou o sistema de gestão, concretizando assim a gestão por bacias hidrográficas. Atualmente, os recursos hídricos têm sua gestão organizada por bacias hidrográficas em todo o território nacional, seja em corpos hídricos de titularidade da União ou dos Estados (PORTO; PORTO, 2008). Embora a gestão esteja organizada por bacias hidrográficas, é fato que nem todos os comitês de bacia tem efetividade nesta gestão, desta forma algumas bacias hidrográficas ainda se encontram sem a elaboração de um plano de bacia, como é o caso no Rio Grande do Sul, da bacia do Rio da Várzea.

Também cabe ressaltar a dificuldade em se lidar com esse recorte geográfico, uma vez que os recursos hídricos exigem a gestão compartilhada com a administração pública, órgãos de saneamento, instituições ligadas à atividade agrícola, gestão ambiental, entre outros, sendo que cada um desses setores corresponde uma divisão administrativa distinta da bacia hidrográfica (PORTO; PORTO, 2008).

A gestão das ações dentro do ambiente urbano pode ser definida de acordo com a relação de dependência da água por meio da bacia hidrográfica ou da jurisdição administrativa da cidade, do estado ou da nação (TUCCI, 2012). A tendência da gestão dos recursos hídricos é mais comumente realizada por meio da bacia hidrográfica, no entanto a gestão do uso do solo

é realizada pelo município ou grupo de municípios em uma região metropolitana, sendo assim, a gestão pode ser realizada de acordo com a definição do espaço geográfico externo e interno à cidade.

O plano de bacias hidrográficas tem sido desenvolvido para grandes bacias (> 1.000 km²). Nesse cenário, existem várias cidades que interferem umas nas outras transferindo impactos. Assim, o plano de bacias busca estabelecer os condicionantes externos às cidades, como a qualidade de seus efluentes, as alterações de sua quantidade para evitar a transferência de impactos. Já a gestão do ambiente interno da cidade trata de ações dentro da cidade para atender aos condicionantes externos previstos no plano de bacia. Estes condicionantes geralmente buscam o uso racional dos recursos hídricos e o controle dos efluentes devido ao esgotamento sanitário e da drenagem urbana (TUCCI, 2012).

A figura 9 demonstra o espaço de gestão das águas urbanas.

Figura 9: Espaço de gestão das águas urbanas

Espaço	Domínio ou titularidade	Gestores	Instrumento	Característica
Bacia hidrográfica ¹	Estado ou governo federal.	Comitê e agências.	Plano de Bacia.	Gestão da quantidade e qualidade da água nos rios da bacia hidrográfica, sem transferirem impactos.
Município ²	Município.	Município.	Plano de Saneamento Básico.	Gestão dos serviços de água dentro da cidade e controle dos impactos para jusante na bacia.

Fonte: Tucci, 2012.

2.5.2 Gestão integrada das águas urbanas

Para buscar uma solução ambientalmente sustentável, é necessário o gerenciamento integrado da infraestrutura urbana, iniciando-se pela definição da ocupação do espaço, com preservação das funções naturais do ambiente urbano, como a infiltração e a rede natural de escoamento. Para o desenvolvimento de uma gestão integrada, faz-se necessário o conhecimento das interfaces entre os sistemas, identificando as principais relações entre os sistemas de infraestrutura e o ambiente urbano relacionado com a água.

O desenvolvimento urbano representado pela ocupação do uso do solo é, como se sabe, a fonte dos problemas. A visão integrada inicia no planejamento do desmembramento e da ocupação do espaço na fase do loteamento, quando o projeto deve procurar preservar os caminhos naturais de escoamento da água da chuva, por exemplo.

Existe uma tendência de projetos baseados apenas na maximização da exploração do espaço e ampliação dos lucros, sem respeitar a importância da rede de drenagem natural. O

projeto sustentável, por outro lado, visa preservar o sistema natural e distribuir a ocupação em lotes menores, mantendo uma maior área verde comum. O meio-fio é retirado das ruas de menor movimento, integrando o asfalto a gramados ou a outros sistemas naturais vegetais, para que toda a água se infiltre próxima ao local onde foi gerada.

Um projeto com preocupações sustentáveis retira a divisa das propriedades (como nas propriedades rurais, no projeto de pequenas bacias e na conservação do solo). Dessa forma, é reduzido o escoamento às condições preexistentes para as chuvas frequentes, e a água se infiltra, não transferindo quantidade e qualidade para jusante. Segundo Tucci (2012), essa é a característica de um projeto residencial, enquanto áreas industriais e comerciais exigem projetos específicos de controle, mas ainda conformes a uma integração conceitual dos projetistas.

Tucci (2012), recomenda ainda, a necessidade de desenvolver estratégias em duas plataformas principais:

- controlar os impactos existentes por meio de ações corretivas estruturais, que tratam da gestão por sub-bacias urbanas;
- incentivar a criação de medidas não-estruturais que levem os tomadores de decisão a utilizar um desenvolvimento com menor impacto e sustentável.

Essas duas medidas podem ser implementadas por meio de mecanismos de ação ordenada que buscam equilibrar o desenvolvimento com as condições ambientais das cidades, como é o caso do Plano Diretor de Drenagem Urbana, ou do Plano Diretor Urbano, que devem incluir diretrizes para projetos de esgotamento sanitário, resíduos sólidos, ao transporte e ao uso do solo. A figura 10 demonstra como ocorre a gestão integrada das águas pluviais.

Figura 10: Concepção estratégica da gestão integrada das águas urbanas



Fonte: TUCCI, 2012.

2.6 Sistemas de drenagem

2.6.1 Sistemas de drenagem convencionais

O sistema de drenagem das chuvas constitui-se num item fundamental para o funcionamento das cidades. Tal mecanismo tem a premissa de evacuar rapidamente a água da chuva em determinada área, uma vez que com o crescimento das áreas urbanizadas ocorre um grande aumento de áreas impermeabilizadas, favorecendo o acúmulo e empoçamento da água, necessitando rápido escoamento a fim de evitar não somente o acúmulo, mas também, problemas com erosão e assoreamento (IBGE, 2011; NIE, 2016).

A rápida expansão urbana traz modificações de paisagem significativas, das quais a marca mais difundida é a transformação de terras naturais para áreas impermeabilizadas (PALLA; GNECCO, 2015; MOGLEN, 2009; YAO; CHEN; WEI, 2017).

Tal fato torna a gestão de águas urbanas uma difícil tarefa para a Administração Pública. Segundo Campos (2001), a gestão de águas é formada por três sub funções: planejamento, administração e regulamentação. Ou seja, a gestão de recursos hídricos passa pelo entendimento dos fatores que influenciam a quantidade e a qualidade dos corpos hídricos e pelo levantamento das normas legais e institucionais sobre o tema (PEIXOTO; STUDART; CAMPOS, 2016).

Assim, as grandes e médias cidades dependem cada vez mais de sistemas de drenagem que constituem parte essencial da agenda de planejamento urbano, para assegurar crescimento ordenado com menores riscos para a população.

As enchentes nas áreas urbanas do Brasil vêm, ao longo de várias décadas, tornando-se um problema crônico. Este cenário foi se construindo ao longo dos anos, principalmente, pela falta de planejamento apropriado dos sistemas de drenagem e pela inadequação dos projetos de engenharia à real dimensão das necessidades das cidades brasileiras. (IBGE, 2011).

Uma rede ou sistema de drenagem é classificado pelo porte dos seus elementos. desta forma os sistemas são compostos por estruturas e instalações de engenharia destinadas ao transporte, retenção, tratamento e disposição final das águas das chuvas (ADASA, 2015). Os sistemas de drenagem são classificados como de microdrenagem e de macrodrenagem, sendo:

- a) A microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais nos loteamentos ou na rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender a drenagem de precipitações com risco moderado e engloba todos os tipos de drenos superficiais como grama, pedras, gabiões, calçadas, escadas, valas, sarjetas,

sarjetões, caixas, bocas-de-lobo, grelhas, bueiros, tubulações e galerias de pequeno porte (TUCCI, 1995).

- b) A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. A macrodrenagem abrange áreas superiores a 4 km² ou 400 ha, sendo que esses valores não devem ser tomados como absolutos porque a malha urbana pode possuir as mais diferentes configurações, este tipo de rede é representado pelas tubulações e galerias de grande porte, canais, corpos receptores, rios, lagos e mares (TUCCI, 1995).

Sabe-se que as soluções tradicionais de drenagem urbana que incluem a canalização dos rios e redes pluviais acabam contribuindo para o agravamento das inundações ao transferir os alagamentos de montante para jusante, além de aumentar a velocidade de escoamento da água e a energia de arraste das enxurradas (PBMC, 2016). Por este motivo, em países desenvolvidos o conceito de escoar a água resultante das precipitações o mais rápido possível caiu em desuso no início da década de 1970 (TUCCI, 2003).

A gestão eficaz do risco de inundação nas áreas urbanas tornou-se uma prioridade crescente para os gestores municipais e as agências de risco de desastres (MEESUK; VOJINOVIC; MYNETT, 2017), uma vez que as intervenções em larga escala nos sistemas de drenagem, são consideradas como soluções menos adequadas devido a preocupações crescentes com os impactos ecológicos negativos, mas também porque essas soluções requerem um processo de planejamento gerenciado de forma centralizada e um financiamento público duradouro (VAN VEELLEN; STONE; JEUKEN, 2015).

2.6.2 Resiliência dos sistemas de drenagem

O crescimento urbano e econômico resulta em mais pessoas, com mais ativos, vivendo em áreas urbanas concentradas, potencialmente expostas a inundações. A urbanização e o desenvolvimento de áreas impermeáveis reduzem a capacidade de infiltração da água da chuva no solo e alteram o ciclo hidrológico da água, levando a mais escorrência em menos tempo (KUMAR et al., 2013).

A consolidação das mudanças climáticas, juntamente com a urbanização e o envelhecimento da infraestrutura são desafios importantes para o setor de água, comunidade e meio ambiente (NIE, 2016). Adaptar os ambientes urbanos aos efeitos das mudanças climáticas exige antecipar tendências e mudanças de longo prazo (VAN VEELLEN; STONE; JEUKEN, 2015).

A antecipação de mudanças em longo prazo traduz-se na busca por um sistema de infraestrutura urbana sustentável, que deve ser funcional agora e adaptativo no futuro incerto. Isto significa que as infraestruturas não só precisam ser confiáveis e sujeitas ao carregamento padrão, mas também ser capaz de minimizar a magnitude e a duração das falhas em condições excepcionais (DONG; GUO; ZENG, 2017).

Em particular, há uma crescente ênfase no aprimoramento da resiliência das infraestruturas urbanas diante da urbanização sem precedentes e das mudanças climáticas (MCDANIELS et al., 2008; OUYANG et al., 2012; HOSSAIN et al., 2015). A definição de resiliência pode ser entendida como a capacidade de um sistema e suas partes componentes para antecipar, absorver, acomodar ou recuperar os efeitos de um evento potencialmente perigoso de forma antecipada e eficiente, inclusive garantindo a preservação, restauração ou melhoria de seu essencial estruturas e funções básicas. Como observa Gaillard (2010), este termo tem sido usado em estudos de desastres desde a década de 1970. E tem suas origens em engenharia, ecologia e psicologia (WERNER et al, 1971; IPCC, 2012).

Além disso, a resiliência no sistema de infraestrutura é considerada como resiliência de engenharia originada de um conceito ecológico que representa a persistência de sistemas naturais em face de mudanças nas variáveis do ecossistema devido a causas naturais ou antropogênicas (PETERSON et al., 1998; WALKER et al., 2004).

Portanto, a resiliência em uma interpretação mais estreita pode ser descrita como a capacidade de um sistema para amortecer as variações naturais, se recuperar de distúrbios e retornar ao seu estado anterior sem experimentar mudanças no sistema como um todo (FOLKE, 2006; HOLLING, 1978; KLEIN; NICHOLLS; THOMALLA, 2003).

É importante afirmar que a adaptação resulta tanto de processos de auto-organização quanto de aprendizagem social dentro de um processo não planejado e reativo e de processos de desenvolvimento de políticas antecipadas, com base na consciência de que as condições mudaram e que é necessária ação para retornar ou manter uma estado desejado (IPCC, 2007;; VAN VEELLEN; STONE; JEUKEN, 2015) Por exemplo, a atitude dos órgãos governamentais e institucionais em relação à mudança ambiental determinará em grande parte a natureza das medidas, a escala de intervenção e a velocidade das trajetórias de implementação.

Além disso, a percepção dominante de risco das sociedades é essencial para entender estratégias de adaptação bem-sucedidas (DESSAI; VAN DER SLUIJS, 2007). Compreender essa interação entre adaptação espacial-técnica e dimensões econômicas, sociais, institucionais e culturais da adaptação é essencial para o desenvolvimento de um sistema resiliente (SCHEFFER, 2009; VAN VEELLEN; STONE; JEUKEN, 2015).

2.6.3 Sistemas alternativos de drenagem

De acordo com o Conselho Mundial da Água, a água é o primeiro e mais importante recurso a considerar nos esforços de adaptação, uma vez que os impactos das mudanças climáticas são sentidos através da água, através de chuvas imprevisíveis, inundações, escassez de água, ciclones, salinização e secas.

O enfrentamento sistemático desses desafios é, portanto, fundamental para se adaptar às mudanças climáticas e reduzir os impactos negativos das catástrofes relacionadas com a água. "A segurança da água é provavelmente o maior desafio humano deste século - é o cerne de uma crise diária enfrentada por milhões. É também a força vital da nossa economia, nosso meio ambiente e nosso bem-estar", disse o presidente do Conselho Mundial da Água, Benedito Braga no plenário de encerramento da Semana Mundial da Água deste ano em Estocolmo.

Sabe-se que as soluções tradicionais de drenagem urbana estão tornando-se obsoletas e inadequadas. Desta forma, as buscas por novas alternativas de infiltração da água ganham cada vez mais espaço na malha urbana. Novos paradigmas urbanos de gerenciamento de água como os sistemas de drenagem sustentável (SUDS), o desenvolvimento de baixo impacto (LID), o design urbano sensível à água (WSUD) e as cidades esponjosas estão recebendo cada vez mais atenção (JIA et al., 2013; QIN et al., 2013; WANG et al., 2017).

Estes novos sistemas recomendam a administração de águas pluviais próximas da fonte através de medidas de controle integradas no local, incentivando a infiltração e se evapotranspiração, a fim de manter o comportamento hidrológico de um local próximo ao seu estado natural (FLETCHER et al., 2014; FLANAGAN et al., 2016).

Estas iniciativas além de promoverem benefícios no controle de quantidade de escoamento, sistemas de drenagem sustentáveis também podem gerenciar a qualidade da água, prevenir a poluição e desenvolver a biodiversidade (WOODS BALLARD et al., 2015; PENG; STOVIN, 2017). No caso das estradas, os sistemas de drenagem sustentável também têm papel relevante, pois limitam a poluição potencialmente gerada por acidentes automobilísticos (FLANAGAN et al., 2016).

A construção de sistemas de drenagem sustentável utiliza uma série de componentes como telhado verde, bio retenção, pavimento permeável, e outros, também chamados de técnicas LID, práticas LID ou controles LID. (CHUI et al., 2016; JOYCE et al., 2017 QIN et al., 2013).

Por fim, importante ressaltar que um sistema de drenagem urbana sustentável deve ser capaz de acompanhar o processo de desenvolvimento da cidade, mantendo sua funcionalidade

(MIGUEZ et.al., 2015). Destarte, tendo em vista que o desenvolvimento urbano altera as respostas naturais da bacia hidrográfica, o crescimento das cidades precisa ser rigorosamente controlado, sob pena de as soluções de drenagem sustentável falharem em num momento futuro.

2.6.4 Cidades esponjas na China

Uma ampla gama de opções de adaptação para as cidades está disponível, mas é necessária uma abordagem mais extensa do que a que está atualmente ocorrendo para reduzir a vulnerabilidade às mudanças climáticas. Existem barreiras, limites e custos, que não são totalmente compreendidos. (PBMC, 2016)

Visando à adaptação das cidades e de seus sistemas de infraestrutura vários países já possuem seus próprios instrumentos de controle e enfrentamento às situações extremas. É o caso da China que depois de vários anos de pesquisa sobre gerenciamento de águas pluviais, apresentou em 2013 o conceito de "Cidade de Esponja" (YUAN; XU; ARULRAJAH, 2017). cujo objetivo é promover uma estratégia de urbanização sustentável, desviando-se da abordagem tradicional de "drenagem rápida".

O termo "cidade de esponja" descreve cidades capazes de se adaptar de forma flexível, como esponjas, a mudanças no meio ambiente, de modo a absorver, armazenar, permear, purificar a água da chuva e usar a água armazenada quando necessário. A construção de uma cidade de esponja é uma tarefa complexa de engenharia de sistemas, envolvendo múltiplos aspectos de hidrologia, meteorologia, sistemas de rios, arranjos de uso da terra, sistemas de rede de gasodutos, desenvolvimento urbano e ecossistemas (SHAO et al., 2016).

Existe uma grande quantidade de sistemas alternativos para manejo das águas pluviais urbanas, com quase a mesma função, porém estes se apresentam com nomes diferentes, como as melhores práticas de gestão (BMPs), desenvolvimento de baixo impacto (LID) (JIA; YAO; YU, 2013), sistemas de drenagem urbana sustentável (SUDS) e design urbano sensível à água (WSUD). Na China o conceito de gerenciamento de águas pluviais é chamado de "cidade esponja" e tornou-se uma estratégia nacional.

A construção da cidade esponja chinesa engloba diversas práticas de manejo sustentável da água da chuva, assim, a construção do sistema LID é um conteúdo importante da construção atual da cidade esponja, porque ajuda a resolver problemas proeminentes de desastres urbanos como inundações, poluição do escoamento da tempestade e escassez de água (ZHANG et al., 2017).

O principal objetivo deste conceito tem como base preservar e recriar características de paisagens naturais, minimizando a impermeabilização efetiva, para criar um sistema de drenagem funcional, tratando a água das tempestades como um recurso em vez de um de resíduo (JIA et al., 2017). Este novo paradigma exige o uso de processos naturais, que contam com o solo e a vegetação como parte da estratégia de controle de escoamento urbano.

Contudo, a complexidade da cidade trouxe consigo uma diversidade no planejamento urbano e dados de construção, desta forma a construção de uma cidade de esponja envolve numerosos departamentos administrativos responsáveis pelo fornecimento e disposição de água, planejamento, transporte, construção, gestão da cidade e meteorologia (SHAO et al., 2016).

O governo Chinês reconhece que o sucesso da construção da Esponja exigirá um esforço combinado e coordenado por muitas agências governamentais em áreas como planejamento paisagístico / arquitetônico, construção, municipal, água, transporte, finanças, proteção ambiental e aportes de outras partes interessadas. Além disso, financiar todos os projetos das Cidades Esponjas, é um verdadeiro desafio. Por este motivo o governo listou algumas estratégias inovadoras para angariação de fundos, que inclui, além de subsídios e subsídios governamentais, correspondência local e parcerias público-privadas. Sendo que o governo também encoraja a participação de instituições financeiras e permitirá que as entidades qualificadas efetuem a compra de títulos de construção para finalizar os projetos da Cidade Esponja (JIA et al., 2017).

2.7 Indicadores para caracterização dos municípios

Os indicadores para caracterização dos municípios têm como objetivo fornecer dados sobre a situação das cidades em relação a características de interesse para a pesquisa. Gallopin (1997) afirma que os indicadores quantitativos constituem variáveis que transmitem informação sobre o estado e/ou tendência dos atributos (qualidade, características, propriedades) de um sistema.

A UN Habitat (2004) define os indicadores como sendo um conjunto de instrumentos de gestão que permitem identificar a realidade urbana e fornecem uma base para a formulação de políticas, programas e projetos de melhoria de forma continuada e sustentável. Através dos indicadores é possível obter um comparativo do estado das cidades, mostrando a existência de algum progresso na implementação de políticas públicas.

Sendo assim, os indicadores podem ser usados para ilustrar e comunicar um fenômeno relevante para o ambiente de uma forma simples permitindo revelar a que distância se está de um determinado objetivo. Para a presente pesquisa, os dados de interesse são indicadores socioeconômicos, ambientais e planejamento e governança urbana, que demonstram a situação dos municípios estudados.

2.7.1 Indicadores Socioeconômicos

Os indicadores socioeconômicos trazem um panorama geral dos municípios, necessário para identificação do tamanho de cidade que se está pesquisando. Esses indicadores são tamanho e característica da população, área total do município, densidade demográfica, IDHM, PIB e abastecimento de água potável.

Quanto ao tamanho da população dos municípios, de acordo com Hortencio (2003), a metodologia IBGE para classificação de municípios pode seguir como critério o número de habitantes. A classificação divide os municípios em 4 grupos:

- Pequeno inferior a 10.000 habitantes
- Médio inferior 10.001 a 25.000 habitantes
- Médio superior 25.001 a 100.000 habitantes
- Grande acima de 100.001 habitantes

Em relação ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM representa o progresso de comunidades a longo prazo em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e longevidade. O IDHM é um número que varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano de uma unidade federativa, município, região metropolitana ou UDH (unidades de desenvolvimento humano) (ATLAS BRASIL, 2013). A Figura 11 demonstra as faixas de desenvolvimento humano municipal.



Fonte: Atlas Brasil (2013).

A densidade demográfica pode ser classificada de acordo com a metodologia proposta pelo Governo do Distrito Federal (2017), que divide a densidade em quatro níveis, conforme tabela abaixo:

Tabela 4: Classificação da densidade demográfica

Densidade > 150 habitantes por hectare	Alta
Densidade > 50 < 150 habitantes por hectare	Média
Densidade > 15 < 50 habitantes por hectare	Baixa
Densidade < 15 habitantes por hectare	Muito Baixa

Fonte: Distrito Federal (2017).

Quando se trata de abastecimento de água potável, a norma NBR 37120:2014 define esse abastecimento como sendo água tratada ou confirmada como segura para consumo humano. Além disso, um serviço de abastecimento de água adequada para consumo deve referir-se ao fornecimento de água potável por meio de um duto ou canal similar conectado a uma rede, cujo fornecimento é relativamente contínuo, pois inclui um depósito construído para seu armazenamento.

No Brasil o abastecimento de água alcançou, em 2010, um percentual de 82,85% dos domicílios atendidos. O Rio Grande do Sul alcançou a sexta posição entre os estados que tinham mais domicílios ligados a rede geral de abastecimento, com percentual de 85,33%.

2.7.2 Indicadores de Planejamento e Governança urbana

O grupo de indicadores de planejamento e governança urbana têm por objetivo verificar a existência de instrumentos de gestão do espaço urbano.

Ao tratar de saneamento ambiental, destaca-se, que o Brasil possui a Lei nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. A referida lei define o conjunto de mecanismos e procedimentos que garantem à sociedade informações, representações técnicas e participações nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços públicos de saneamento básico; (SISTEMA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO, 2016).

Desta forma, os planos de manejo de águas pluviais e de gerenciamento de resíduos sólidos devem estar em conformidade com as disposições da Lei para que sejam considerados como ferramentas nos municípios.

No que diz respeito ao gerenciamento de resíduos sólidos, esta Lei, juntamente com Política Nacional de Resíduos Sólidos, regulada pela Lei nº 12.305/10 estabelece a diferença entre resíduo e rejeito.

Dentre os instrumentos definidos pelas leis como fazendo parte da limpeza urbana estão: a coleta seletiva; os sistemas de logística reversa; o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas e outras formas de associação dos catadores de materiais. Refere-se também ao lixo originário da varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros serviços de limpeza pública urbana.

Pela Lei Federal nº 11.445/2007, entende-se que o manejo das águas pluviais urbanas corresponde ao conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, do transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, do tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas associadas às ações de planejamento e de gestão da ocupação do espaço territorial urbano (RIGHETTO, 2009).

O plano diretor estabelecido pela Constituição Federal e pelo Estatuto da Cidade reafirma os princípios básicos estabelecidos pela Constituição da União, preservando o caráter municipalista, a centralidade do plano diretor como instrumento básico da política urbana e a ênfase na gestão democrática.

O Estatuto da Cidade amplia a obrigatoriedade do plano diretor aos municípios com população superior a 20 mil habitantes. Assim, o plano diretor é também obrigatório aos municípios integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, às áreas de especial interesse turístico e às áreas de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional (CARVALHO, 2001).

2.7.3 Indicadores Ambientais

Os indicadores ambientais têm finalidade de demonstrar alguns aspectos do estado do meio ambiente, dos recursos naturais e de atividades humanas relacionadas.

De acordo com a NBR 37120:2014, esgotamento sanitário adequado deve referir-se à porcentagem da população da cidade com pelo menos o acesso adequado às instalações de eliminação de excrementos que podem efetivamente impedir o contato de humanos.

Também é possível definir esgotamento sanitário como instalações destinadas a propiciar coleta, transporte e afastamento, tratamento e disposição final do esgoto da comunidade, de forma adequada quanto ao padrão sanitário (ABNT, 1993).

Em 2010 no Brasil, o índice médio de atendimento com redes coletoras de esgotos era de 53,5%. Quando se refere ao tratamento dos esgotos gerados, a média nacional chegou a 37,9%, destacando-se a região Centro-Oeste, com maior porcentagem, 43,1%.

A presença dos rios no perímetro urbano é um importante indicador para as cidades, demonstrando a proximidade da água nas áreas urbanizadas, e o nível de interação da população com estas áreas. Os rios urbanos podem trazer benefícios às cidades que vão além da valorização da ambiência urbana. É essencial a presença da natureza em nossas vidas todos os dias, o contato com a biodiversidade está em nosso DNA e não temos como alterar isso (HERZOG, 2013)

Morsch (2015) afirma que reintegrar os rios urbanos na paisagem e fornecer uma relação humana com a água de forma incluyente são desafios para as cidades brasileiras. Esta revitalização fortalece a cultura local e ainda devolve parte da natureza pertencente ao território para o desfrute de todos.

Desta forma identificar a presença dos rios no perímetro urbano das cidades se faz imprescindível, pois é necessário identificar a presença dos rios para que se possa propor intervenções posteriores.

2.8 Processo de tomada de decisão

Torres (2014) expõem que o ato de tomar uma decisão faz parte do cotidiano da vida das pessoas em diversas situações e acontece sempre que uma escolha precisa ser feita, dentre opções disponíveis e considerando critérios de escolha.

O processo de tomada de decisão é um conjunto de atividades que objetiva subsidiar os decisores no que diz respeito à identificação e resolução de problemas (ENSSLIN et al., 2001).

Em situações simples, o processo de decisão pode acontecer intuitivamente, porém em situações que apresentam maior complexidade, com muitas opções e/ou critérios, é importante um tratamento adequado dos dados (CAMPOS, 2011).

Em geral, os problemas de decisão envolvem múltiplos objetivos e critérios, muitas vezes contraditórios entre si, em que a contribuição de um critério pode representar um prejuízo em outro. A problemática da tomada de decisão é caracterizada por um número crescente de alternativas e critérios, visto que os decisores necessitam selecionar, ordenar, classificar ou

ainda descrever com detalhes as alternativas tecnológicas disponíveis, considerando múltiplos critérios. (LIMA et al., 2013)

Quando se trata de questões de elevada complexidade, é necessário um tratamento qualificado e justifica a utilização de métodos de apoio à decisão. Esses métodos são comumente aplicados em diversas áreas da engenharia, recursos hídricos, urbanismo, gestão de bacias hidrográficas, engenharia de transportes e na gestão e tratamento de resíduos sólidos.

2.8.1 Análise multicritério na tomada de decisão

Em função dessa complexidade, os métodos multicritérios de apoio à decisão são ferramentas importantes para auxiliar os tomadores de decisão a resolverem problemas com objetivos conflitantes, e também dar suporte em toda a análise de escolha de forma mais direta envolvendo todos os elementos e consequências das ações potenciais (ALMEIDA, 2009).

A Análise Multicritério torna-se interessante para o setor público, no qual seus gestores têm que tomar decisões para a sociedade como um todo, sem a priorização de um determinado grupo, abrindo a possibilidade de a decisão ser mais participativa, contemplando diferentes interesses (BRIOZO; MUSETTI, 2015).

Para a resolução de problemas que abrangem múltiplos critérios, existem diversos métodos tais como AHP, PROMETHEE, ELECTRE (RODRIGUES et al., 2001; VILAS BOAS, 2006), MAC, TOPSIS, TODIM (RODRIGUES et al., 2001).

Vincke (1986) classifica os métodos de análise multicritério em teoria da utilidade multiatributo, programação matemática multiobjetivo e métodos sobre classificação, conforme o quadro 5.

Quadro 5: Classificação dos métodos de análise multicritério

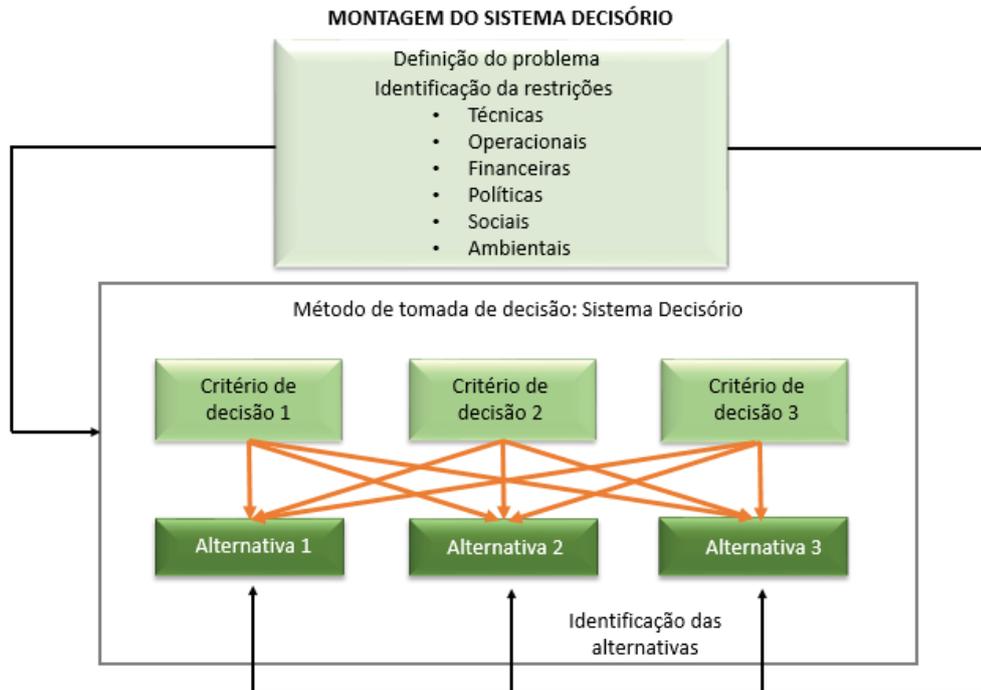
Método	Característica	Exemplo
Utilidade Multiatributo	Une diferentes pontos de vista do problema a ser solucionado	<i>Analytic Hierarchy Process - AHP</i>
Interativo ou Multiobjetivo	Seleciona a solução de melhor compromisso e busca a otimização do conjunto das funções-objetivo, através de critérios, utilizando ferramentas como programação linear e não-linear.	<i>Compromise Programming - CP</i>
Sobre classificação	Faz a comparação entre as opções com uso de relações binárias, determinando a superação de uma alternativa em relação à outra.	ELECTRE e PROMETHE

Fonte: Torres (2014); Salvia (2016).

Conforme se visualiza na figura 12, a construção esquemática para a resolução de um problema multicritério de tomada de decisão inicia-se com a definição do problema, a

identificação das restrições, os critérios e, por fim, as alternativas a serem julgadas pelo tomador de decisão. Isto ocorre por meio do cruzamento dos critérios com as alternativas e dos critérios com o objetivo final (RODRIGUES et al., 2001).

Figura 12: Montagem do sistema decisório nos métodos de tomada de decisão



Fonte: Adaptado de Rodrigues et al. (2001).

2.8.2 Método Processo Analítico Hierárquico – AHP

O método Processo Analítico Hierárquico (AHP - Analytic Hierarchy Process) surgiu no final da década de 1960 e foi desenvolvido pelo matemático Thomas L. Saaty, com finalidade de modelar problemas desestruturados do cotidiano das pessoas, por elas tomarem decisões sem necessariamente ter a noção exata da importância dos parâmetros utilizados (SAATY, 1980; SAATY 1991).

No método AHP, ocorre o esclarecimento das preferências dos tomadores de decisão por meio dos julgamentos subjetivos dos participantes, fazendo com que avaliem numericamente seus julgamentos, considerando a importância relativa dos elementos que estão sendo analisados (VARGAS, 1990; YANG & LEE, 1997).

Além de permitir a resolução de problemas com critério conflitantes, o método AHP possui a vantagem de permitir a participação de diversas pessoas, como é o caso da gestão

pública, em que decisões envolvem diversos atores, diversos critérios e múltiplas alternativas e consequências (GOMES, 2009).

Contudo, também é necessário ficar atento as suas limitações. Como é o caso de uma aplicação inadequada, isto é, em ambientes desfavoráveis onde a aplicação é percebida como simplificação excessiva ou como desperdício de tempo (GRANDZOL, 2005).

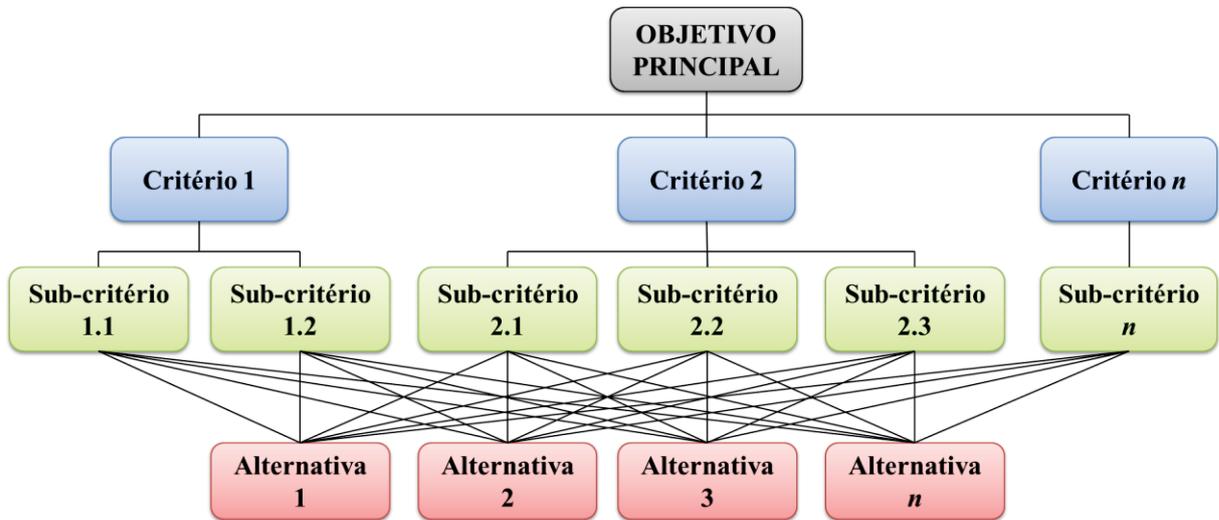
A técnica AHP baseia-se numa matriz quadrada $n \times n$, onde as linhas e colunas correspondem aos n critérios analisados para o problema em questão. Assim, o valor a_{ij} representa a importância relativa do critério da linha i face ao critério da coluna j . Como esta matriz é recíproca, apenas a metade triangular inferior necessita ser avaliada, já que a outra metade deriva desta e a diagonal principal assume valores iguais a 1 (ZAMBON et al., 2005).

O resultado obtido pela aplicação do método *AHP* ocorre por meio da comparação par a par dos critérios, subcritérios e alternativas, quantificando-os (SAATY, 1991). Para a construção do método, é necessário de seguir três passos até chegar ao resultado final: decomposição do problema em critérios, sendo que estes serão ainda divididos em subcritérios até o menor nível da hierarquia; análise comparativa paritária entre os critérios por meio de uma escala numérica; e síntese das preferências através do cálculo de autovetores ou análise do mínimo quadrado, sendo este processo repetido para cada nível da hierarquia até chegar na decisão final (BRIOZO; MUNETTI, 2015).

A utilização de uma hierarquia possibilita a resolução do problema por meio das interações entre os diversos níveis hierárquicos, e não somente entre os fatores de mesmo nível (SAATY, 1991; KE et al., 2012).

A figura 13, representa a estruturação de uma hierarquia para a resolução de um problema por meio do método *AHP*.

Figura 13: Representação Gráfica de uma hierarquia



Fonte: Adaptada de Matsumoto (2010); Bhushan; Rai (2004).

A fase de avaliação consiste basicamente na comparação paritária de todos os fatores de mesmo nível hierárquico que constituem o processo de tomada de decisão. Posteriormente ocorre a construção da matriz de julgamentos, análise de consistência e análise de sensibilidade. (SALVIA, 2016).

Grandzol (2005) descreve que através de comparações aos pares em cada nível da hierarquia baseadas na escala de prioridades do AHP, os participantes desenvolvem pesos relativos, chamados de prioridades, para diferenciar a importância dos critérios. Para tanto é utilizada a escala de peso chamada Escala Fundamental de Saaty, composta pela relação de uma escala numérica e uma escala verbal correspondente, conforme demonstrado na tabela 5.

Tabela 5: Escala fundamental de Saaty

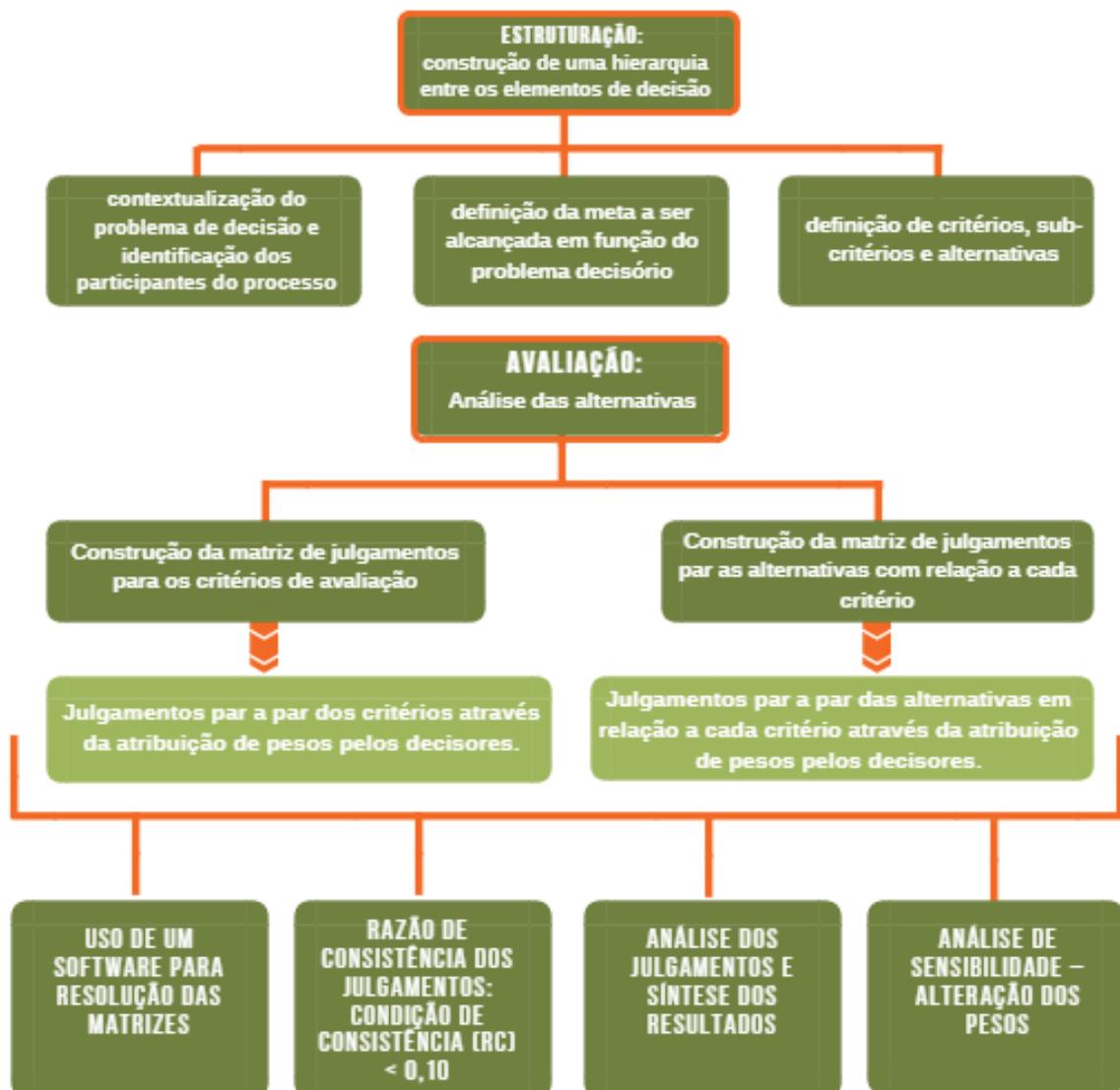
INTENSIDADE DA IMPORTÂNCIA	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Mesma importância	Os dois elementos em avaliação contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada de uma sobre a outra	Experiência e o julgamento favorecem levemente um elemento em relação a outro.
5	Importância forte de uma sobre a outra	Experiência e julgamento favorecem moderadamente um elemento em relação a outro.
7	Importância muito forte de uma sobre a outra	Experiência e julgamento favorecem fortemente um elemento em relação a outro.
9	Importância absoluta de uma sobre a outra	Experiência e julgamento favorecem absolutamente um elemento em relação a outro.
2,4,6,8	Valores intermediários	Julgamento mais preciso da importância relativa dos elementos.

Recíproco dos valores acima	Se o elemento i recebe um dos valores acima quando comparado com o elemento j , então j recebe o valor recíproco se comparado a i	
-----------------------------	---	--

Fonte: Saaty (1980); Salvia (2016).

Após a atribuição dos pesos usando a escala de 1-9 conforme tabela 5, é necessário verificar a razão de consistência do estudo, conforme Saaty, o valor encontrado deve ser inferior à 0,10, a seguir é feita a análise de sensibilidade e de performance. A figura 14 resume as etapas de aplicação do método *AHP*.

Figura 14: Etapas de aplicação do Método *AHP*



Fonte: Elaborado pela Autora adaptado de Torres (2014); Salvia (2016).

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa é classificada como descritiva exploratória, por possuir características destas duas classificações.

Assim como nas pesquisas descritivas os fatos serão observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem que haja interferência sobre eles, ou seja, os fenômenos do mundo físico e humano são estudados, mas não serão manipulados no decorrer da pesquisa (PRODANOV; FREITAS, 2013).

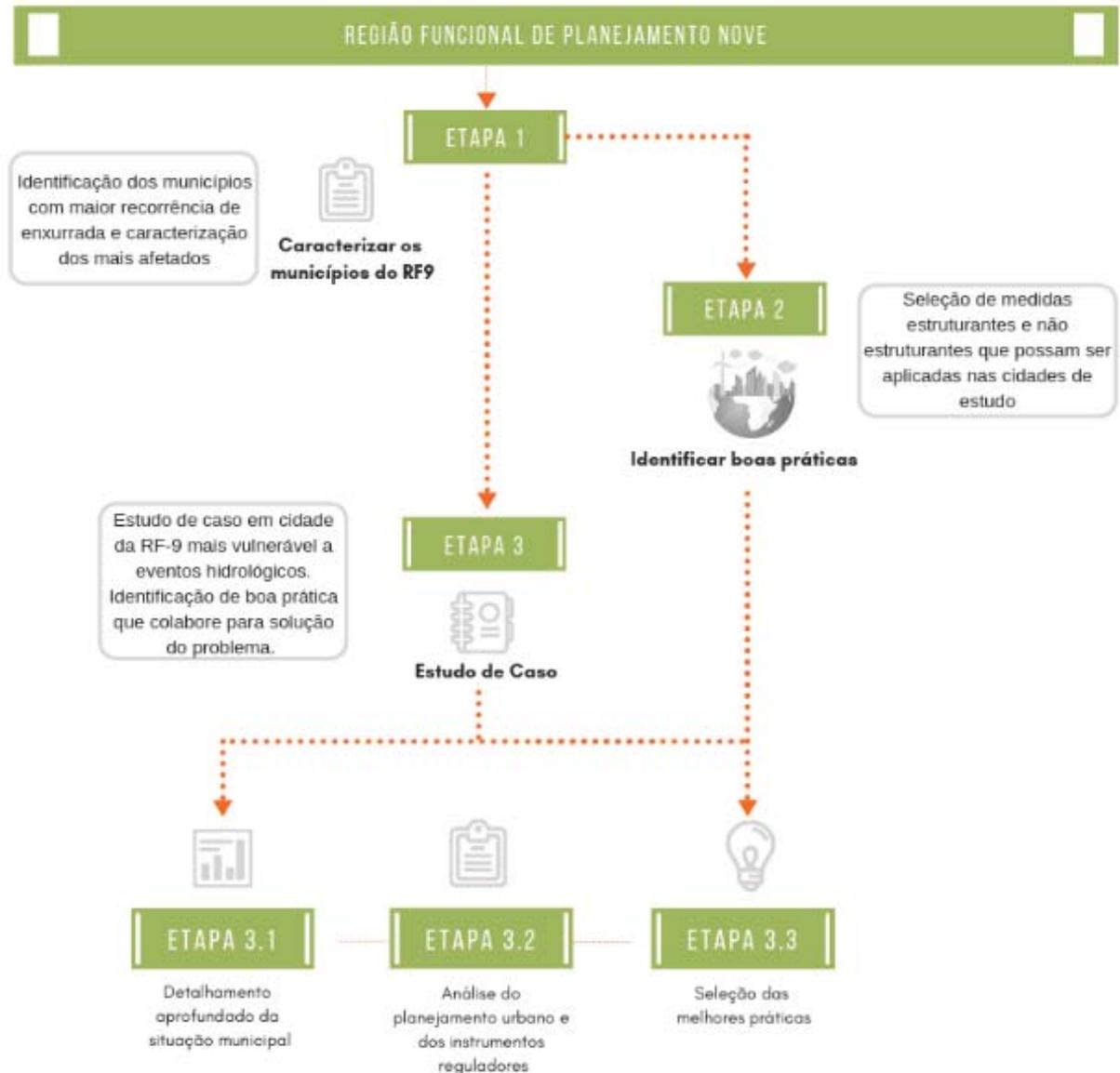
Quanto a pesquisa exploratória, este estudo preserva características como: proporcionar maior familiaridade com o problema, possibilitando sua definição e seu delineamento, orientar a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses ou descobrir um novo tipo de enfoque para o assunto (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

A pesquisa exploratória possui planejamento flexível, e permite o estudo do tema sob diversos ângulos e aspectos. Deste modo, envolve: levantamento bibliográfico, entrevistas e análise de exemplos que estimulem a compreensão (PRODANOV; FREITAS, 2013).

3.2 Processos metodológicos

As etapas da pesquisa estão demonstradas no fluxograma da figura 15 que apresenta os estágios seguidos para a sua conclusão.

Figura 15: Etapas metodológicas



Fonte: Elaborado pela Autora.

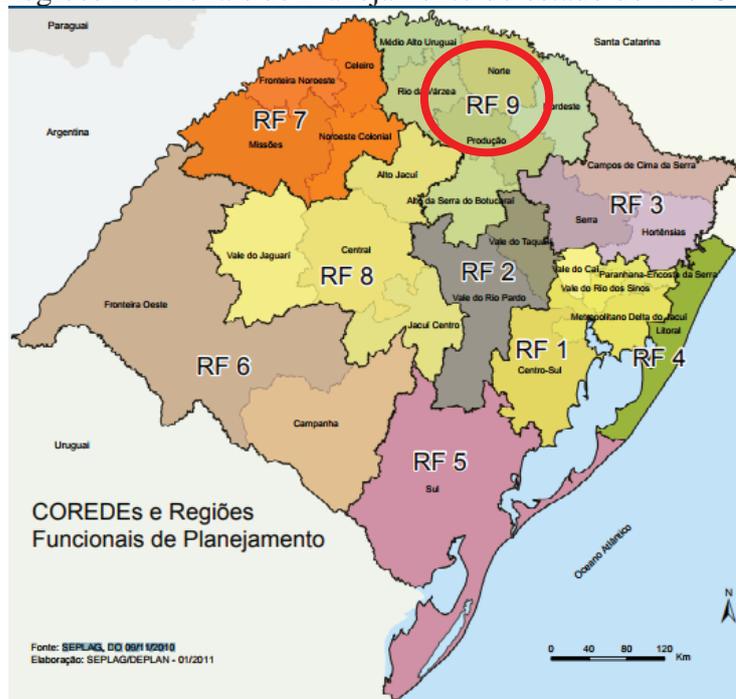
3.3 Área de estudo

Para compreender as etapas metodológicas é necessário que se conheça a área de estudo. Para tanto a área escolhida foi a RF9 das Regiões Funcionais de Planejamento formadas pelo agrupamento de Conselhos Regionais de Desenvolvimento (COREDE) definidos em 1994. Esta regionalização funcional mais ampla foi definida pelo Estudo RUMOS 2015 (Estudo de desenvolvimento regional e logística de transportes no Rio Grande do Sul), com base em critérios de homogeneidade econômica, ambiental e social, dentre outros critérios.

A área de estudo foi escolhida por ser constituída de pequenas e médias cidades, e pelo fato de grande parte das pesquisas acadêmicas não abrangerem este tamanho de cidade. Além

disso, a Universidade de Passo Fundo está localizada nesta região, e possui muita influência sobre a mesma, podendo ser determinante na melhoria da qualidade das cidades e da população através das pesquisas acadêmicas realizadas na instituição.

Figura 16: Regiões Funcionais de Planejamento do estado do Rio Grande do Sul



Fonte: SEPLAN - Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão (2017).

Figura 17: Região Funcional de Planejamento Nove e Bacias hidrográficas



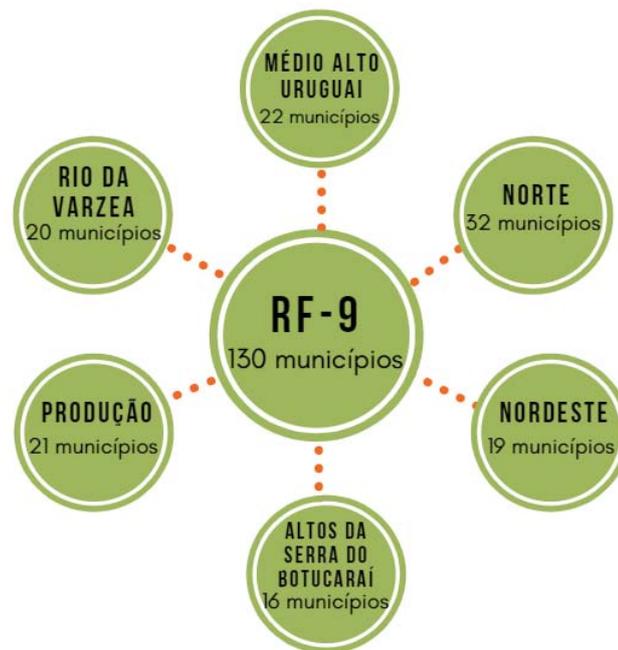
RF-9 — Bacias hidrográficas

Fonte: Elaborado pela Autora com base na Fepam (2018).

Nota-se que a área de estudo abrange seis bacias hidrográficas, sendo elas: Bacia do Rio da Várzea, Bacia do Rio Passo Fundo, Bacia dos Rios Apuê e Inhandava, Bacia dos Rios Taquarí e das Antas, Bacia do Rio Pardo e Bacia do Rio Jacuí. As Bacias dos Rios da Várzea, Passo Fundo, Apuê e Inhandava pertencem à região hidrográfica do Uruguai, as Bacias dos Rios Jacuí, Pardo, Taquarí e das Antas, pertencem à região hidrográfica do Guaíba.

Alguns municípios integrantes da RF9 têm seus territórios municipais constantes em duas ou até três bacias hidrográficas, por este motivo optou-se por apresentar os dados dos municípios por Coredes, pois estes são divididos por municípios.

Figura 18: Divisão da Região Funcional de Planejamento Nove e número de municípios por COREDE



Fonte: Adaptado Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul (2017).

3.4 Seleção e caracterização dos municípios mais afetados por eventos hidrológicos na região funcional de planejamento nove

3.4.1 Seleção dos municípios mais afetados por eventos hidrológicos

Para seleção dos municípios que foram caracterizados, foi utilizado o critério dos municípios com mais ocorrências de desastres hidrológicos. O procedimento adotado foi inicialmente fazer o levantamento de dados sobre desastres naturais disponíveis para consulta, sendo obtidos dados do ano de 1991 até 2017.

Todos os dados foram obtidos no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, volume Rio Grande do Sul, e no Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres (ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2013; SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES, 2017). Sendo assim, somente as ocorrências registradas pelo sistema nacional de proteção e defesa civil foram utilizadas.

Nas bases consultadas existe a disponibilidade de dados sobre a ocorrência de estiagem, seca, enxurrada, inundações, alagamentos, vendavais e granizo do ano de 1991 até 2017. Para a presente pesquisa os dados relevantes são sobre desastres hidrológicos, sendo estes enxurradas, inundações e alagamentos. Assim, para o estudo, os dados foram agrupados em três períodos conforme disponibilidade, que resultou nos seguintes períodos: 1991 a 2001, 2002 até 2012 e 2013 até 2017.

Quanto aos dados obtidos, vale ressaltar que os valores sobre alagamentos não constam nas tabelas, pois não foram registrados pelas cidades no período estudado. Assim, não é possível saber se os alagamentos não ocorreram ou não foram informados pelos municípios.

Todas as 130 cidades da RF9 foram agrupadas nos seus respectivos COREDES e organizadas em tabelas, nas quais foram inseridos os registros dos eventos hidrológicos, nos períodos anteriormente mencionados.

O procedimento para seleção das cidades baseou-se na metodologia de classificação da recorrência de inundações estabelecida no Atlas de Vulnerabilidade a Inundações (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2014). Ao levantar os dados foi possível concluir que o número de enxurradas é maior em relação às inundações, motivo pelo qual a classificação ocorreu em relação à recorrência de enxurradas e não de inundações.

Esta metodologia classifica os municípios com alta, média e baixa recorrência de enxurradas conforme o número de eventos registrados. A adaptação da metodologia e os intervalos utilizados para a classificação são demonstrados na figura 19.

Em função da disponibilidade dos dados o período da pesquisa foi de 26 anos, e a classificação de alta recorrência foi então definida quando o município apresentava cinco ou mais enxurradas no período estudado. Para o caso da média recorrência foram considerados os municípios que apresentaram três ou quatro ocorrências. Para o município com baixa recorrência foi considerado de zero até dois eventos nos anos estudados.

Figura 19: Números para classificação da recorrência de enxurradas

ALTA	Enxurradas observadas em um período inferior a cinco anos	5 ou mais ocorrências para os 26 anos estudados
MÉDIA	Enxurradas observadas em um período de cinco a dez anos	3 ou 4 ocorrências para os 26 anos estudados
BAIXA	Há mais de dez anos não são observadas enxurradas	0 a 2 ocorrências para os 26 anos estudados

Fonte: Elaborado pela autora com base em Agência Nacional de Águas (2014).

Após a classificação da recorrência de enxurradas optou-se por caracterizar apenas os municípios que apresentaram alta recorrência de enxurradas, pois são os que apresentam maior dificuldades em relação a ocorrência desses eventos sendo importante levantar quais são as características gerais desses municípios.

3.4.2 Indicadores para caracterização dos municípios

A definição dos indicadores para construção da tipologia municipal considerou as seguintes fontes de pesquisa: NBR 37120:2017, que se refere ao desenvolvimento sustentável de comunidades, trazendo indicadores de serviços municipais, planejamento urbano e qualidade de vida (ABNT, 2017), o programa Cidades Sustentáveis (PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS, 2018); e a classificação dos indicadores pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Dentre os indicadores disponíveis nestas fontes, foram selecionados para este estudo os que obedeciam ao seguinte critério: disponibilidade de dados para consulta e representatividade em relação ao estudo proposto, de forma com que possibilitem a obtenção de um perfil geral dos municípios da RF9 que registram alta recorrência de eventos hidrológicos. O conjunto de indicadores selecionados é apresentado nos quadros 6 a 8.

A coleta de dados secundários ocorreu nas bases *online* da Fundação de Economia e Estatística (FEE), no IBGE CIDADES, no Ambiente digital dos pequenos negócios do

SEBRAE onde está disponível o perfil das cidades gaúchas, além disso algumas informações foram obtidas no Censo Demográfico 2010 do IBGE e no portal das prefeituras municipais.

Os indicadores selecionados foram agrupados em 3 tipos, sendo eles: socioeconômicos, planejamento e governança urbana e ambientais de acordo com os componentes utilizados para obtenção dos dados.

Os quadros 6, 7 e 8, reúnem os indicadores socioeconômicos, indicadores de planejamento e governança urbana e os indicadores ambientais, respectivamente.

Quadro 6: Indicadores para caracterização socioeconômica dos municípios

INDICADORES	DESCRIÇÃO	UNIDADE	FONTE / ANO BASE
População estimada	População atual do município	Unitário	IBGE (2017)
População do último censo	População levantada pelo último censo demográfico	Unitário	IBGE (2010)
População urbana e rural	População residente em área urbana ou rural	Unitário	SEBRAE (2010)
Área total do município	Área total do município	km ²	FEE (2015)
Densidade demográfica	População por quilômetro quadrado	Hab/km ²	FEE (2013)
PIB	Produto Interno Bruto	R\$	FEE (2013)
Abastecimento de água potável	Domicílios abastecidos por água potável	%	SEBRAE (2010)
Índice de desenvolvimento humano municipal	Qualidade de vida e grau de desenvolvimento de uma comunidade	0 - 1	IBGE (2010)

Fonte: IBGE (2010); SEBRAE (2010); FEE (2013).

Quadro 7: Indicadores de planejamento e governança urbana para caracterização dos municípios

INDICADOR	DESCRIÇÃO	UNIDADE	FONTE/ ANO BASE	FONTE DE INDICAÇÃO
Existência de plano diretor	Existência ou não existência	Sim ou Não	IBGE (2015) Prefeitura Municipal	Programa Cidades Sustentáveis (2018)
Taxa de urbanização	Porcentagem da população vivendo em área urbana	%	IBGE (2010)	Programa Cidades Sustentáveis (2018)
População residente em aglomerados subnormais	Porcentagem da população vivendo em favelas e similares	%	IBGE (2010)	Programa Cidades Sustentáveis (2018)
Existência de plano de bacia	Existência ou não existência	Sim ou Não	SEMA (2018)	

Existência de plano de manejo de águas pluviais conforme Lei nº 11.445/2007	Existência ou não existência	Sim ou Não	SNIS (2016)	IAEG-SDGs (2015)
Existência de plano de gerenciamento de resíduos conforme Lei nº 11.445/2007	Existência ou não existência	Sim ou Não	SNIS (2016)	Programa Cidades Sustentáveis (2018)

Fonte: Programa Cidades Sustentáveis (2018); IAEG-SDGs (2015).

Quadro 8: Indicadores para caracterização ambiental dos municípios

INDICADOR	DESCRIÇÃO	UNIDADE	FONTE/ ANO BASE	FONTE DE INDICAÇÃO
Urbanização de vias públicas	Presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio	%	IBGE(2010)	NBR 37120:2017
Áreas Verdes	Hectares de área verde por pessoa	ha/por pessoa		NBR 37120:2017
Remanescente da Mata atlântica	Porcentagem do território municipal com Mata Atlântica preservada	%	SOS Mata Atlântica	NBR 37120:2017
Presença de rios do Perímetro Urbano	Existência ou não existência	Sim ou Não	ANA, Prefeitura Municipal	HERZOG, 2013; MORSCH; MASCARÓ, 2016.
Domicílios com acesso a coleta de lixo	Porcentagem da população com acesso a coleta de lixo	%	SNIS (2016)	NBR 37120:2017; Programa Cidades Sustentáveis (2018)
Esgotamento sanitário adequado	Porcentagem da população com acesso ao sistema de esgoto	%	SEBRAE(2010)	NBR 37120:2017; Programa Cidades Sustentáveis (2018); IAEG-SDGs (2015)

Fonte: ABNT (2017); Programa Cidades Sustentáveis (2018); IAEG-SDGs (2015); Herzog (2013); Morsch, Mascaró (2016).

3.5 Identificação de boas práticas aplicadas nos planejamentos urbanos para melhorar a adaptação aos eventos hidrológicos e às mudanças climáticas.

A segunda etapa consistiu na busca por práticas benchmarking que resultaram em melhorias em municípios onde foram implantadas. Para o WRI Brasil (2017), o benchmarking tem o objetivo de estabelecer comparações entre diversos atores de determinado setor. Geralmente um grupo realiza um acordo geral para estabelecer as regras de funcionamento e de divulgação dos dados.

“É o processo de identificação, compreensão e adaptação das melhores práticas que se destacam dentro da própria organização ou em outra, visando melhorar o desempenho” (COOK, 1997).

A necessidade de compartilhamento de experiências é compreendida no setor privado, sendo que algumas experiências são compartilhadas com seus próprios concorrentes. Desta forma, no caso das cidades, que não disputam mercados, estabelecer um grupo de benchmarking faz ainda mais sentido como forma de impulsionar a melhoria no serviço público. (WRI BRASIL, 2017).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018), as boas práticas no manejo das águas pluviais têm por base princípios modernos e sustentáveis que levam em consideração a preservação dos mecanismos naturais de escoamento na implementação urbana, a visão de gestão da bacia hidrográfica e o tratamento do esgoto sanitário e da qualidade das águas pluviais.

A seleção das boas práticas ocorreu através da pesquisa em websites tais como Cidades Sustentáveis, WRI cidades, entre outros. Além destas fontes, também foram utilizadas bases de dados para pesquisa de artigos nacionais e internacionais sobre o tema, buscando-se as palavras-chave: boas práticas no manejo de águas pluviais, desenho ou projeto urbano sensível à água e desenvolvimento de baixo impacto. A busca abrangeu um contexto mundial, somente restringindo o período de tempo, onde as boas práticas selecionadas foram implementadas a partir do ano 2000.

Para agrupamento das melhores práticas identificadas na pesquisa foi utilizada a classificação proposta pelo Banco Mundial em parceria com o Fundo Global para Redução e Recuperação de Desastres afirmam que uma abordagem integrada da gestão de riscos de inundação urbana é uma combinação de medidas que, num todo, pode reduzir com sucesso o risco de inundação urbana. Desta forma estas instituições propõem no documento intitulado Cidades e Inundações (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012), uma divisão das medidas de gestão de inundações, e o resultado é a classificação das medidas em estruturais e não estruturais.

As medidas estruturais visam a reduzir o risco de inundação controlando o fluxo de água tanto fora quanto dentro dos assentamentos urbanos. Estas medidas estendem-se desde obras de engenharia pesada e estruturas, tais como defesas contra as cheias e canais de drenagem até as mais naturais e sustentáveis medidas complementares ou alternativas, tais como zonas úmidas e tampões naturais.

Por outro lado, as medidas não-estruturais estão ligadas à formação de capacidades das pessoas em lidar com eventos hidrológicos em seus ambientes. As medidas não-estruturais podem ser categorizadas em quatro objetivos básicos (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012):

- a) Planejamento e gerenciamento de emergência inclusive alerta e evacuação;
- b) Maior preparação através de campanhas de conscientização, que inclui procedimentos de gestão urbana de redução de risco de inundação, como a manutenção de tubulação de esgotos limpos por meio de uma melhor gestão do lixo.
- c) Condições para evitar inundações pelo planejamento do uso do solo conforme observado na legislação.
- d) Aceleração da recuperação e uso do pós-inundação para aumentar a resiliência através da melhoria de projetos de construção e da própria construção.

Medidas estruturais e não estruturais não se opõem umas às outras, e estratégias mais bem-sucedidas devem combinar ambos os tipos. Por este motivo, para realização da pesquisa e apresentação das melhores práticas, optou-se por seguir a classificação das medidas nos dois grupos anteriormente mencionados, resultando na seleção de medidas estruturais e não estruturais.

Esses dois grupos foram subdivididos conforme demonstrado na tabela 6, afim de facilitar a seleção das melhores práticas em cada área.

Tabela 6: Classificação das melhores práticas

TIPO	PRÁTICAS
MEDIDAS ESTRUTURANTES	Práticas de desenvolvimento de baixo impacto (LID - Low Impact Development)
	Desenho urbano sensível à água
MEDIDAS NÃO ESTRUTURANTES	Legislação sobre saneamento ambiental ou especificamente sobre drenagem urbana
	Eventos com foco na conscientização da importância da gestão de águas urbanas

Fonte: Elaborado pela Autora.

Os quatro subgrupos trazem práticas com objetivos e impactos similares. Para cada prática, são apresentados estudos de caso que auxiliam a compreensão da implantação destas iniciativas.

3.6 Estudo de caso de uma das cidades da RF9

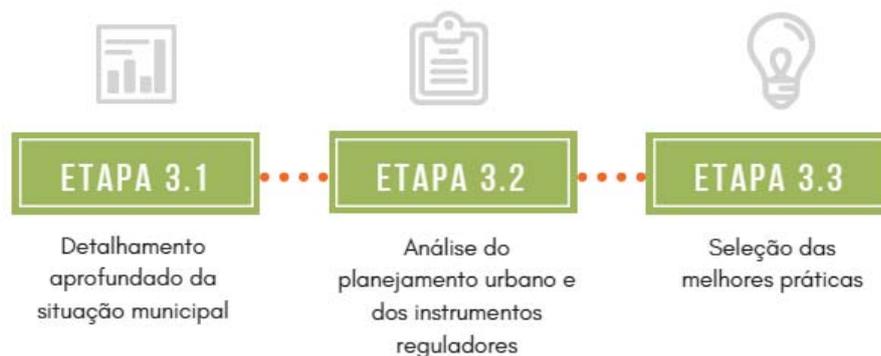
O estudo de caso é um experimento que se utiliza técnicas de interrogação, como o questionário e a entrevista. Deste modo, o estudo de caso pode ser considerado um estudo abrangente, sendo que na sua realização são utilizados diversos métodos ou técnicas de coleta de dados, tendo como exemplo, a observação, a entrevista e a análise de documentos (GIL, 2009).

A definição mais conhecida para o método de estudo de caso foi difundida por Yin (2005), que diz que um “estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.”

Os estudos de caso são úteis para proporcionar uma visão mais clara acerca de fenômenos pouco conhecidos e contribuem para a descrição de grupos, organizações e comunidades. Também podem ser utilizados para fornecer explicações acerca de fatos e fenômenos sob o enfoque sistêmico (GIL, 2009).

O estudo de caso será dividido em três etapas. A primeira será um detalhamento da situação municipal frente aos eventos hidrológicos e as mudanças climáticas. A seguir, deverá ser realizada uma análise do planejamento urbano e dos instrumentos reguladores de expansão da malha urbana, e por fim deverá ser selecionada a melhor prática a ser aplicada no município.

Figura 20: Etapas de realização do estudo de caso



Fonte: Elaborado pela Autora.

Após a caracterização e a obtenção de um perfil geral dos municípios, foi julgado qual apresenta mais indicadores com os piores resultados e maior dificuldade frente aos eventos hidrológicos, para que seja alvo de um estudo de caso mais aprofundado.

Alguns indicadores possuíram um peso maior na seleção do município, pois representam influência direta na ampliação da ocorrência de eventos hidrológicos, como é o caso do indicador presença de rios no perímetro urbano que foi utilizado para desconsiderar os municípios que não possuem rios na área urbana. A tabela 7 apresenta os indicadores com maior influência para a seleção do município.

Tabela 7: Tabela de indicadores mais relevantes para seleção do estudo de caso

INDICADORES SOCIOECONÔMICOS
Densidade demográfica
IDHM
INDICADORES DE PLANEJAMENTO E GOVERNANÇA URBANA
Taxa de urbanização
Existência de plano de bacia
Existência de plano de manejo de águas pluviais conforme Lei nº 11.445/2007
Existência de plano de gerenciamento de resíduos conforme Lei nº 11.445/2007
INDICADORES AMBIENTAIS
Presença de rios do Perímetro Urbano
Domicílios com acesso a coleta de lixo

Fonte: Elaborado pela Autora.

3.6.1 Levantamento de campo e detalhamento da situação municipal

O início do estudo de caso ocorreu com a caracterização geral do município, fazendo levantamentos em relação às alterações populacionais e buscando informações sobre hidrografia do município.

Em um segundo momento verificou-se a evolução da cidade em direção ao rio, nesta etapa foi feito um levantamento de campo de forma a identificar qual a situação atual do Rio e seu entorno, também foi identificado como ocorre o manejo das águas pluviais.

Por fim foram elencados os problemas relatados pelos técnicos da prefeitura municipal em relação às enxurradas e à rede de drenagem urbana.

A base cartográfica utilizada foi o mapa atualizado do município de Sarandi, disponibilizado pelo topógrafo da prefeitura municipal. A fim de facilitar o levantamento do rio urbano, foram propostos pontos para realização do levantamento fotográfico e medições e alguns pontos para levantamento fotográfico apenas.

Para tornar o levantamento de campo mais objetivo Corazza (2008), propôs a elaboração de uma ficha de acompanhamento para cada ponto analisado. Esta ficha também foi utilizada para o presente trabalho, sendo adaptada para as necessidades específicas que devem ser avaliadas no município.

Quadro 9: Ficha cadastral dos Rios Urbanos utilizada para levantamento em Sarandi-RS

FICHA CADASTRAL DOS RIOS URBANOS DE SARANDI – RS			
Ponto n°:		N° ficha:	
Local:			
Bairro:	Data:	Bacia:	
Largura aproximada do curso:			
	Sim	Não	Observações
Ocorrência de alagamento, inundação ou enxurrada			
Curso de água canalizado			Diâmetro aprox.
Existência de vegetação			<input type="checkbox"/> Escassa <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Exótica <input type="checkbox"/> Densa <input type="checkbox"/> Nativa
Parcelamento do solo			<input type="checkbox"/> 150 m ² <input type="checkbox"/> 300m ² <input type="checkbox"/> Maior
Uso do solo			<input type="checkbox"/> Resid. <input type="checkbox"/> Comerc. <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Lazer <input type="checkbox"/> Misto <input type="checkbox"/> Agrícola <input type="checkbox"/> Outros
APP 30 m preservada			
Presença de lixo no rio			
Presença de canalização de esgoto aparente			
Permeabilidade do solo			
Topografia			<input type="checkbox"/> Em nível <input type="checkbox"/> Em declive para o córrego
Existência de processo erosivo			
Paisagem visível da rua			<input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Despercebida <input type="checkbox"/> Degradada
Tipologia das edificações			

Fonte: Adaptado de Corazza (2008).

Conforme procedimento adotado por Corazza (2008), para realização do diagnóstico da ocupação urbana no entorno do rio urbano, foram observados indicadores como:

- Parcelamento do solo, verificando o tamanho do lote urbano da área estudada, e forma de uso e ocupação;

uso do solo: identificação dos usos do solo como: residencial, comercial, industrial, misto, de serviços, etc.

padrão das edificações: identificação da tipologia predominante das edificações como térreas, dois pavimentos ou múltiplos pavimentos bem como características dos materiais e

acabamentos, como alvenaria, madeira, mista, resultando em grupos denominados de padrões alto, médio, baixo, habitações precárias e suas variações.

- Atendimento à legislação ambiental;
- Existência de vegetação e permeabilidade do solo;

vegetação: mata ciliar, porção vegetal que protege os cursos d' água.

permeabilidade do solo: característica que permite ao solo ser penetrado, atravessado pela água.

- Paisagem formada nestes espaços.

paisagem: impressão provocada pela apreensão visual dos espaços formados pelas margens dos cursos d' água urbanos analisados.

3.6.2 Análise da legislação urbanística e ambiental

A legislação municipal foi analisada com base nas legislações federais correspondentes e teve como objetivo verificar quais são as diretrizes para ocupação do solo e proteção dos recursos naturais presentes nas margens dos cursos d' água.

Todas legislações analisadas estão disponíveis online no site da Prefeitura Municipal de Sarandi, site do Palácio do Planalto e no site da Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio Grande do Sul.

3.6.3 Análise multicritério

A terceira etapa do estudo de caso foi a realização de uma análise multicritério que englobou as melhores práticas selecionadas pelo objetivo 2 desta pesquisa.

O método utilizado foi o *AHP - Analytic Hierarchy Process*. Este método possibilita a elucidação das preferências dos tomadores de decisão por meio dos julgamentos subjetivos dos participantes, fazendo com que quantifiquem numericamente seus julgamentos, levando em consideração a importância relativa dos fatores que estão sob análise (YANG & LEE, 1997; VARGAS, 1990; BRIOZO; MUSETTI, 2015).

Para aplicação da análise multicritério, definiu-se o objetivo final: escolha da melhor prática para implantação no município de Sarandi - RS. A seguir, foram identificados os critérios que avaliaram estas práticas.

A escolha dos critérios baseou-se na possibilidade de implementação das práticas pelo município, sendo identificados três critérios básicos para execução de obras e gerenciamento

de projetos pelas administrações públicas: o prazo, o custo e a qualidade (ATKINSON, 1999; BASU, 2014; IPEA, 2017).

Desta forma os critérios adotados foram: custo de implantação, benefícios na redução dos impactos das enxurradas, representando o critério de qualidade, e por fim, a facilidade de implantação que está relacionada ao prazo de execução. A figura 21 apresenta as etapas acima citadas.

Figura 21: Estrutura do método AHP utilizado neste estudo.



Fonte: Elaborado pela autora com base em Salvia (2016).

Os indivíduos envolvidos nesta pesquisa foram os decisores e a facilitadora. O perfil dos decisores foi formado por especialistas na área de planejamento urbano, infraestrutura e meio ambiente. A facilitadora teve como função a aplicação dos questionários, elucidação de dúvidas dos respondentes e aplicação do software para obtenção do resultado final.

Para a definição da importância relativa dos critérios selecionados e das melhores práticas a serem avaliadas, foi utilizado o questionário do Apêndice C, elaborado e aplicado aos decisores por meio de questionário impresso e online, realizado no site Online Pesquisa.

A adaptação da escala Saaty, que é utilizada por vários autores também foi utilizada para a aplicação da análise multicritério nesta pesquisa. (SALVIA, 2016).

Salvia (2016) propõe a utilização de cinco categorias verbais: preferência igual, moderada, forte, muito forte ou absoluta, que equivalem aos valores 1, 3, 5, 7 e 9 em escala numérica, por facilitar a compreensão do decisor na classificação das alternativas. Ao final da aplicação dos questionários, as matrizes equivalentes foram elaboradas e inseridas no *software*

Excel 2013, para análise dos resultados. A figura 22, ilustra um exemplo de esquema de entrevista e matriz quadrada equivalente para elaborar os pesos dos critérios utilizados neste estudo.

Figura 22: Exemplo de esquema de entrevista e matriz quadrada equivalente

	Absoluta 9	Muito Forte 7	Forte Moderada 5	Moderada 3	Preferência Igual 1	Moderada Forte 3	Forte Moderada 5	Muito Forte 7	Absoluta 9	
Custo de Implantação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Redução no impacto das enxurradas
Redução no impacto das enxurradas	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Facilidade de implantação
Facilidade de implantação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Custo de Implantação

Crítérios	Custo de Implantação	Redução do Impacto das Enxurradas	Facilidade de Implantação
Custo de Implantação	1	1/5	3
Redução do Impacto das Enxurradas	5	1	7
Facilidade de Implantação	1/3	1/7	1

Fonte: Adaptado de Briozzo, Musetti (2015).

Com base nas decisões feitas pelos especialistas, foi construída uma matriz de comparação paritária para julgamento dos critérios, e uma matriz de comparação paritária com os julgamentos de cada prática em relação a cada um dos critérios, o modelo de questionário utilizado e matriz equivalentes estão anteriormente demonstrados na figura 22. Os elementos da linha podem ser comparados com os elementos equivalentes das colunas. Este procedimento gera as matrizes referente às comparações pareadas.

Após a construção das matrizes, foram calculados os pesos relativos as práticas e somadas às colunas. Em seguida, procedeu-se à normalização dos elementos de cada coluna, dividindo cada elemento da coluna pela sua soma total. Na sequência, somou-se o elemento de cada linha disposta na última coluna. O terceiro passo foi a obtenção do peso relativo de cada critério, isto ocorreu por meio da divisão do total de cada linha com o número de critérios que foram utilizados na comparação.

Os pesos de cada elemento da matriz de comparação pareada foram normalizados e com isso foram calculados o Índice de Consistência (CI) e a Razão de Consistência (CR) (SAATY, 1980). A equação (1) exemplifica como é calculado o índice de consistência (CI), onde “n” é o

número de elementos que compõem a matriz e “ γ_{\max} ” o maior autovalor da matriz (BRIOZO E MUSETTI, 2015; BRAUN, 2018).

$$CI = \frac{(\gamma_{\max} - n)}{(n - 1)} \quad (1)$$

O valor do CI pode ser comparado com o índice de consistência de uma matriz aleatória, (*Random Index* - RI). O RI relaciona-se com o número de elementos “n” da matriz de comparação do método AHP, conforme quadro 10.

Quadro 10: Índices de consistência aleatória (RI)

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Adaptado de Saaty (1991); Briozo, Musetti (2015).

A Razão de Consistência (CR) é obtida pela razão entre o valor de CI e o RI, conforme Equação (2) (BRIOZO E MUSETTI, 2015; BRAUN, 2018).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

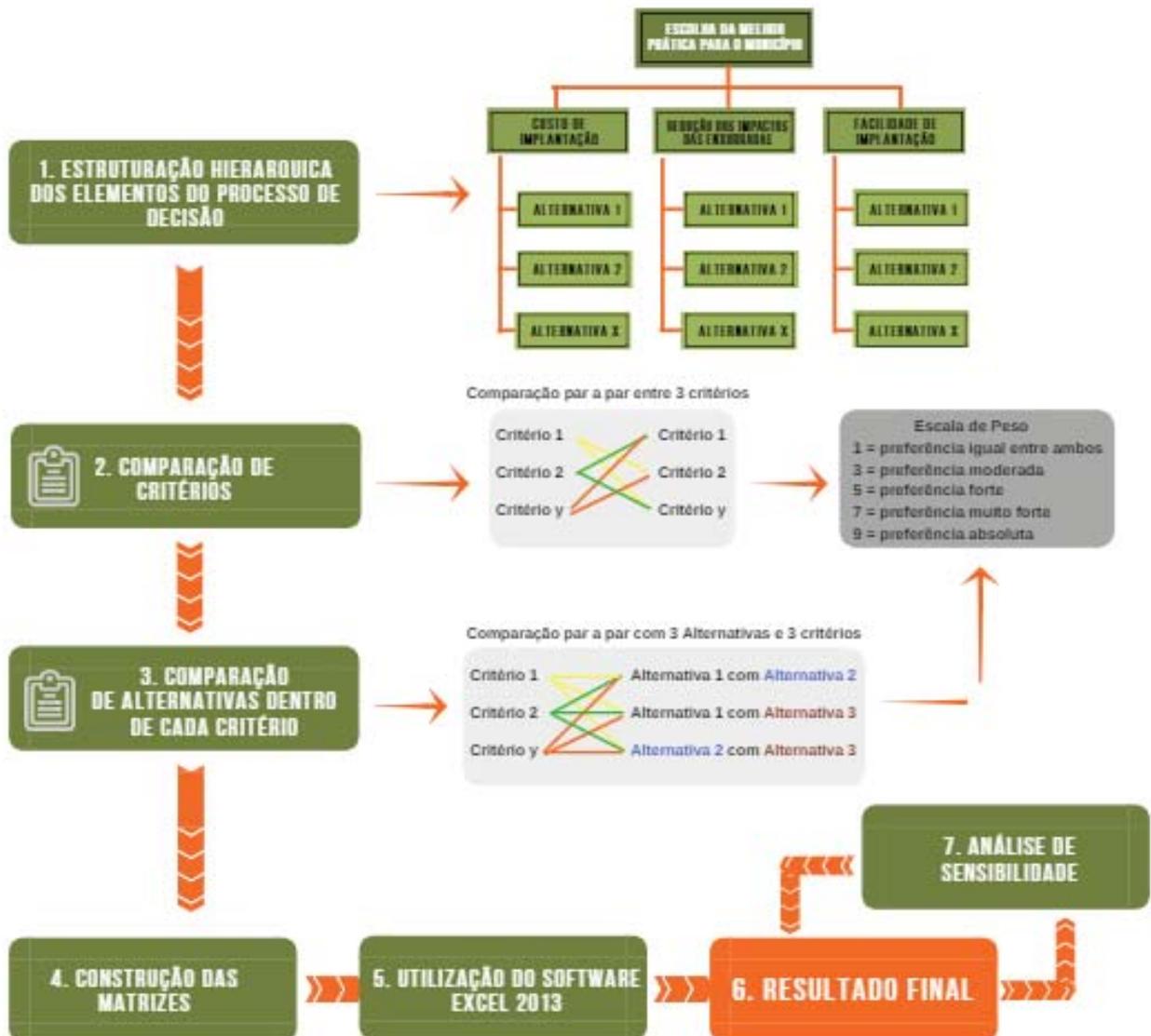
Saaty (1991), recomenda que a Razão de Consistência dos julgamentos realizados seja inferior a 0,10, porém autores como Scala, Needy e Rajgopal (2010) e Briozo e Musetti (2015), defendem que o uso de uma razão de consistência de 0,20 como limite máximo ainda assegura resultados razoáveis quando os julgamentos finais são combinados. Desta forma, a razão de consistência adotada por esta pesquisa é o limite máximo de 0,20.

Ao final da aplicação do método *AHP - Analytic Hierarchy Process*, deve ser realizada a análise de sensibilidade. Esta análise busca observar como se dá a mudança da melhor alternativa quando os valores dos parâmetros (critérios) são alterados. Para um resultado ser considerado mais confiável, o ideal é que haja pouca variação nas alternativas escolhidas, ou seja, mesmo com mudança de importância de cada critério, a melhor prática julgada pelos decisores deve se manter a mesma (SALVIA, 2016).

Nesta pesquisa foi utilizada a abordagem de preferência inversa, que pode ser usada para fornecer informações sobre os tipos de preferências que levariam à seleção de alternativas específicas (MARSH et al., 2016; CAMPOLINA et al., 2017). Neste caso os pesos dos critérios são invertidos com intuito de verificar a solidez do resultado obtido.

A Figura 23 resume o procedimento realizado na aplicação do método *AHP* nesta pesquisa.

Figura 23: Etapas de aplicação do método *AHP* nesta pesquisa



Fonte: Elaborado pela Autora.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa atendendo aos objetivos propostos por este estudo.

4.1 Caracterização da RF-9 em relação aos desastres naturais

A análise dos eventos hidrológicos permitiu identificar que 39 dos 130 municípios integrantes da região funcional de planejamento nove, apresentam alta recorrência de enxurradas. Nos quadros do apêndice A, divididos por Coredes, são apresentadas as ocorrências de enxurradas e inundações dos anos de 1991 até 2017. Conforme a metodologia adotada, os municípios com mais de 5 eventos no período estudado foram considerados com alta recorrência de enxurradas sendo alvo da caracterização. Com intuito de facilitar a visualização dos municípios classificados como de alta recorrência, estes são apresentados de forma destacada.

A intensidade das cores representa o maior número de eventos registrados no período, assim quanto mais eventos, mais escuro se apresentará o resultado do município no período.

O total de municípios por Corede é apresentado na figura 24.

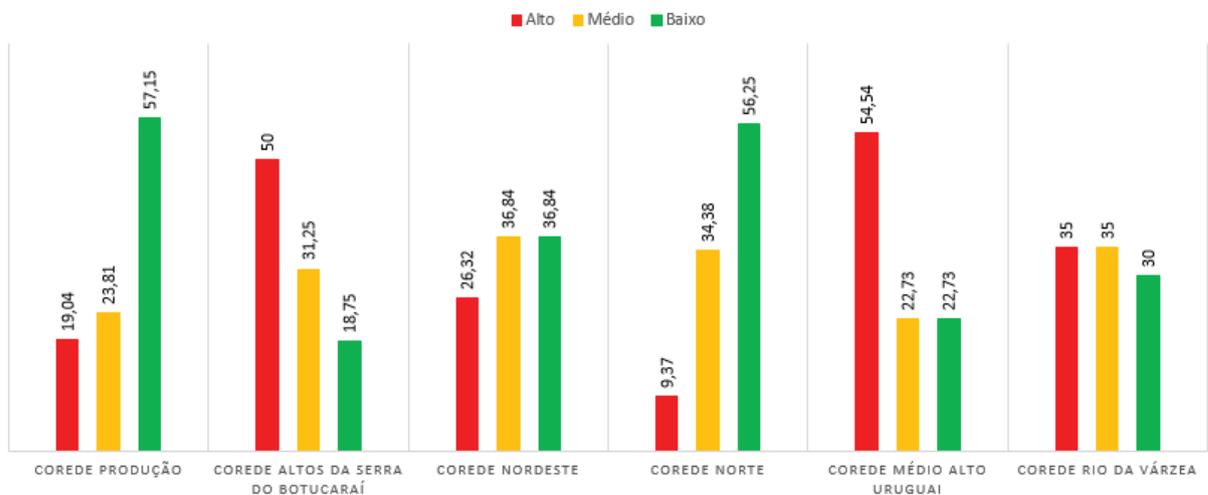
Figura 24: Municípios com alta recorrência de enxurradas por Corede



Fonte: Elaborado pela Autora com base nos resultados obtidos.

Analisando os valores obtidos é possível constatar que o Corede Médio Alto Uruguai é o que possui mais cidades com níveis altos de recorrência de enxurradas, chegando a um total de 12 cidades o que representa 54,54% dos municípios integrantes deste Corede com pelo menos cinco ocorrências no somatório dos períodos estudados. O Corede Médio Alto Uruguai é seguido pelo Corede Altos da Serra do Botucaraí, que apresenta 50% de seus municípios com alta recorrência de enxurradas. Na figura 25 são apresentados todos os Coredes, e como foram classificadas as ocorrências em seus municípios.

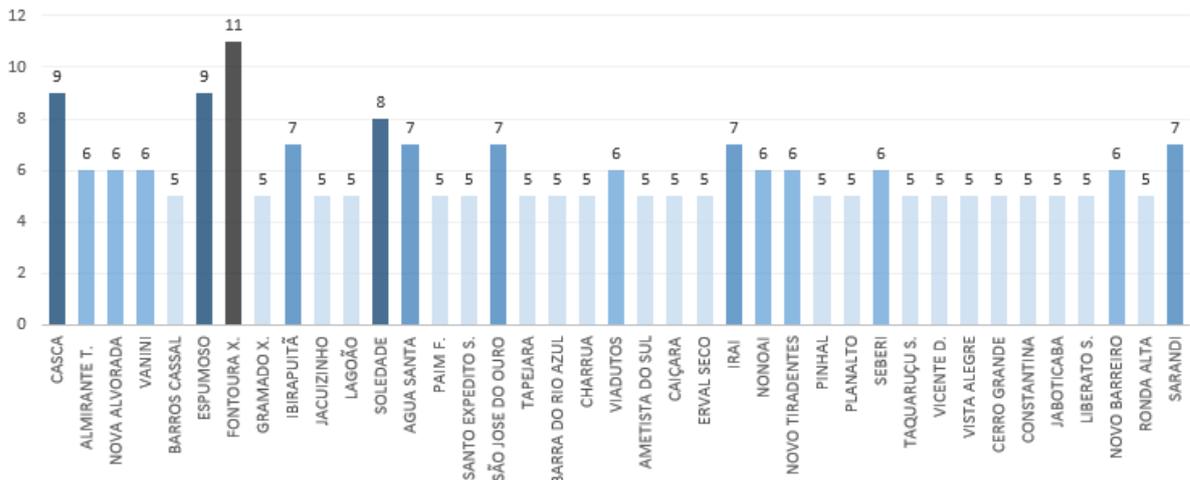
Figura 25: Porcentagem de enxurradas conforme classificação de recorrência por Corede



Fonte: Elaborado pela autora com base no Atlas de desastres naturais volume Rio Grande do Sul (2013); Sistema integrado de informações sobre desastres (2017).

A figura 26 apresenta os municípios classificados separadamente identificando o número de ocorrências no período estudado.

Figura 26: Número de eventos hidrológicos nas cidades classificadas

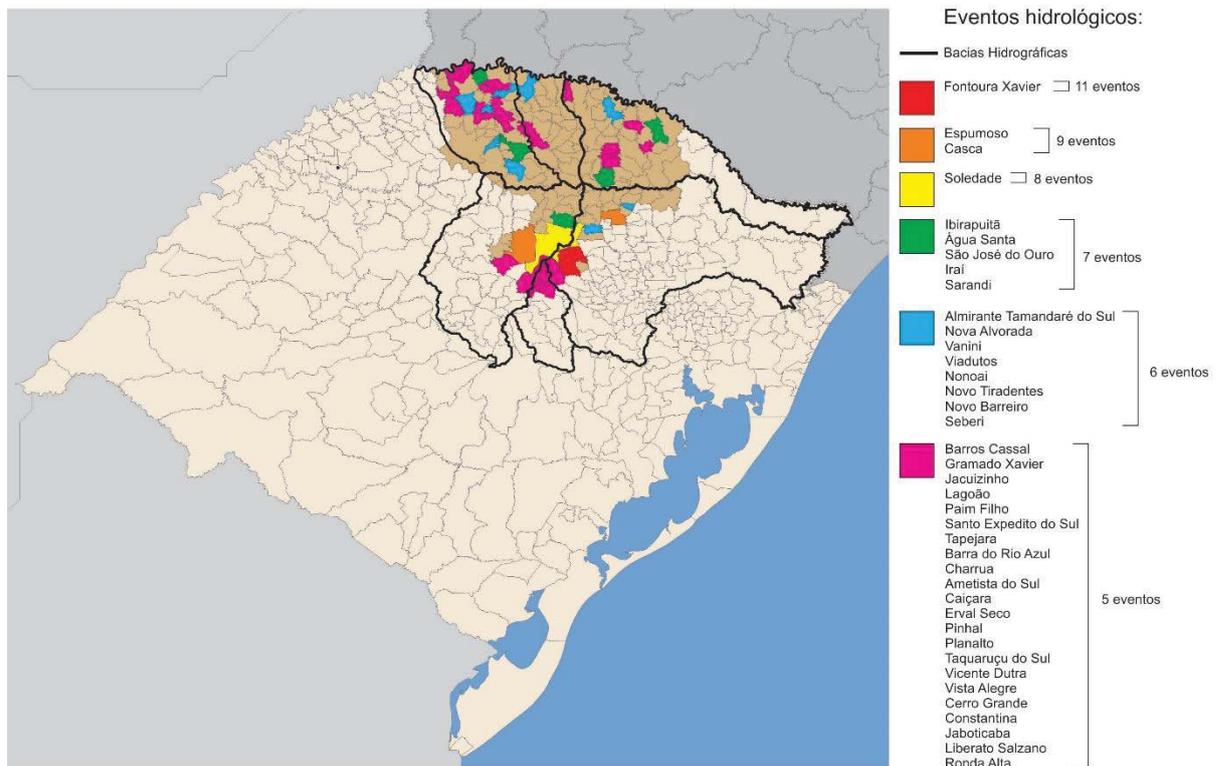


Fonte: Elaborado pela Autora com base nos resultados obtidos.

Na figura 27 são apresentadas as localizações dos 39 municípios identificados como alta recorrência de enxurradas em relação a região funcional de planejamento nove. Para elaboração da imagem os municípios foram divididos por cores conforme número de eventos hidrológicos apresentado. Pode-se observar que em alguns pontos da área de estudo há uma aglomeração dos municípios conforme a ocorrência dos eventos hidrológicos e a localização do município.

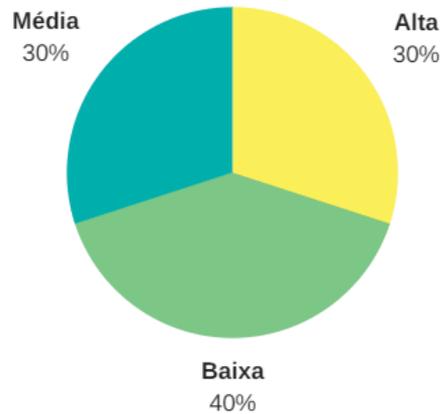
Com relação as bacias hidrográficas notam-se que a área de estudo engloba seis bacias hidrográficas, pertencentes as regiões hidrográficas do Uruguai e do Guaíba, também se observa que alguns municípios pertencem a duas ou até três bacias hidrográficas diferentes.

Figura 27: Localização dos municípios em relação a RF-9, o Rio Grande do Sul, e Bacias hidrográficas



Fonte: Elaborado pela Autora com base nos resultados obtidos.

Figura 28: Recorrência de enxurradas na Região Funcional de Planejamento Nove.



Fonte: Atlas de desastres naturais volume Rio Grande do Sul (2013); Sistema integrado de informações sobre desastres (2017).

Quando a Região funcional de planejamento nove é analisada como um todo as taxas de alta e média recorrência prevalecem em relação a baixa recorrência. O somatório dos valores obtidos com alta e média recorrência chegam a 60%, contra 30% apresentado pela baixa recorrência. A figura 28 apresenta as porcentagens obtidas em relação aos 130 municípios integrantes da região funcional de planejamento nove.

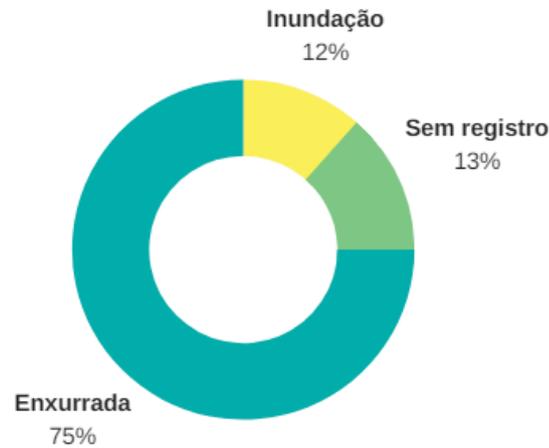
Ao serem analisados em separado, os dados sobre a baixa recorrência apresentam características relevantes para o estudo. Dentre as 52 cidades que foram classificadas nessa faixa, apenas 13 não apresentaram nenhuma ocorrência de enxurrada nos 26 anos estudados. Destes 13 municípios foi identificado que 6 apresentaram inundações ao invés de enxurradas, o que representa ocorrência de desastre hidrológico.

Portanto, como mostram os dados estudados, 7 das 130 cidades da região funcional de planejamento nove não apresentaram nenhum tipo de desastre hidrológico no período estudado.

Na figura 29 é demonstrado um panorama em relação a baixa recorrência, onde estão expressas as situações das 52 cidades classificadas nesse grupo. A partir desta análise fica evidenciado que apenas 13% desses municípios não apresentaram nenhum registro de evento hidrológico.

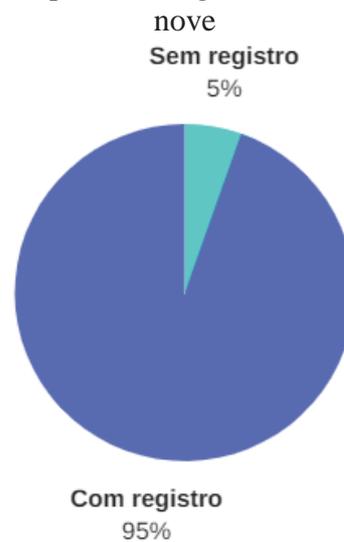
Já a figura 30 mostra a porcentagem de municípios que não registraram eventos hidrológicos no período estudado em relação a toda a região funcional de planejamento nove.

Figura 29: Panorama da baixa recorrência de eventos hidrológicos



Fonte: Elaborado pela autora com base no Atlas de desastres naturais volume Rio Grande do Sul (2013); Sistema integrado de informações sobre desastres (2017).

Figura 30: Porcentagem de municípios sem registro na Região Funcional de Planejamento



Fonte: Elaborado pela autora com base no Atlas de desastres naturais volume Rio Grande do Sul (2013); Sistema integrado de informações sobre desastres (2017).

4.2 Caracterização dos municípios com alta recorrência de enxurradas

Os indicadores analisados para traçar o perfil dos municípios com alta recorrência de enxurradas estão apresentados nos quadros do Apêndice B. Primeiramente são demonstrados os dados socioeconômicos, após os dados de planejamento e governança urbana e os dados ambientais. Para apresentação dos dados os municípios foram divididos em Coredes.

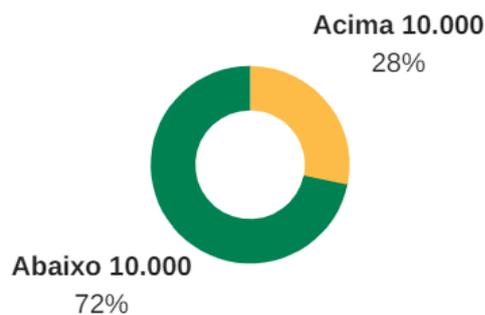
4.2.1 Caracterização socioeconômica

Os indicadores socioeconômicos estão apresentados no Apêndice B.

Em termos populacionais, o município que apresenta maior número de habitantes é Soledade, cuja população em 2010 era de 30.044 munícipes. Por outro lado, Barra do Rio Azul era a cidade com menor população, apresentando 1.984 habitantes. A população estimada em 2017 foi superior em 30 municípios, nos 9 municípios restantes foi observado um declínio no número de habitantes das cidades.

Ao analisar as características da população em relação aos 39 municípios estudados, observa-se que 11 têm população maior que 10 mil habitantes, representando 28,20% do total, sendo estes classificados como porte médio inferior de acordo com Hortencio (2003). Portanto o predomínio dos municípios estudados é de porte pequeno (Figura 31).

Figura 31: Porcentagem de cidades por número de habitantes



Fonte: Elaborado pela Autora com base em IBGE (2010), FEE (2013).

Quando são comparadas as populações urbanas e rurais destes municípios, foi observado que 16 possuem a população urbana maior que a população rural. Assim, evidencia-se um predomínio da população rural em relação a população urbana na área de estudo (Figura 32).

Figura 32: Característica da população

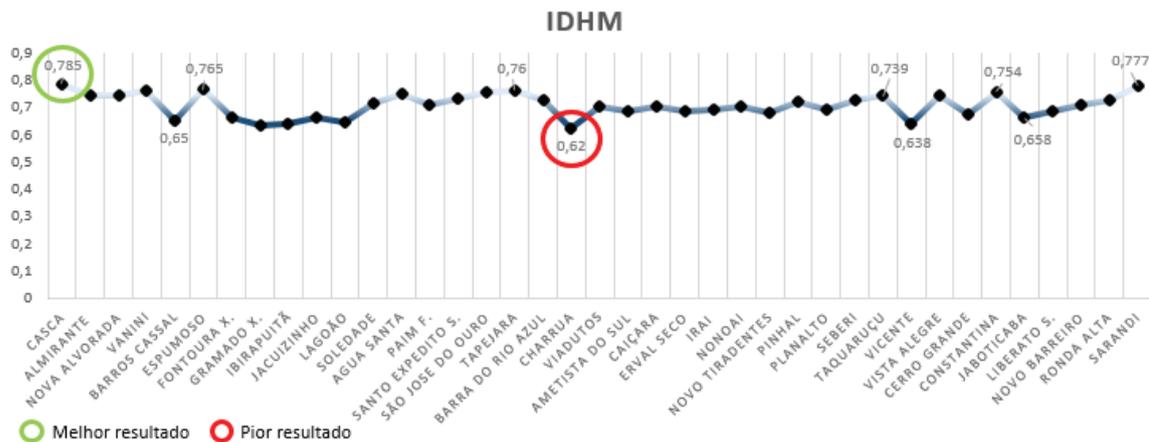


Fonte: Elaborado pela autora com base em IBGE (2010), FEE (2013).

Nos municípios estudados, verifica-se que 79,48% apresentam baixa densidade demográfica, com destaque para Jacuizinho que apresentou 7,6 habitantes por quilômetro quadrado menor valor entre os 39. Vale ponderar, por outro lado, que Tapejara, Ametista do Sul e Sarandi apresentam densidade média com 85,4, 78,6 e 62 habitantes por quilômetro quadrado, respectivamente.

Quanto ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM, o município que apresentou melhor posição foi Casca com IDHM de 0,785, seguido por Sarandi e Espumoso, com IDHM de 0,777 e 0,765 respectivamente, representando alto desenvolvimento humano. O menor índice de desenvolvimento humano municipal foi apresentado por Charrua, 0,62 (Figura 33).

Figura 33: IDHM dos municípios selecionados



Fonte: IBGE (2010).

Ao avaliar o abastecimento de água potável, constata-se que o município de Vanini possui o maior percentual de abastecimento 98,4%, superando a média estadual 85,33% e nacional 82,85%. O município de Gramado Xavier fica no outro extremo, com percentual de 32,5%, valor muito abaixo da média observada em nível de estado e de país.

4.2.2 Indicadores de planejamento e governança urbana

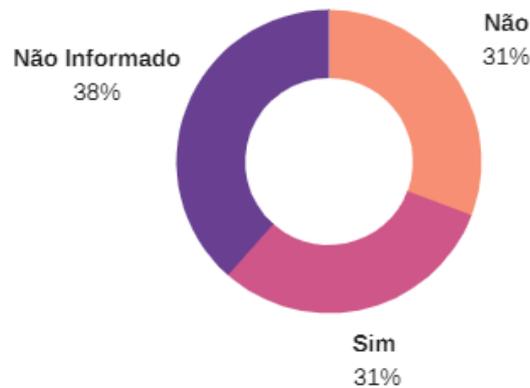
Os indicadores de planejamento e governança urbana, podem ser observados no Apêndice B.

No levantamento de dados sobre planejamento e governança urbana foram verificadas a existência de instrumentos de regulamentação do uso e ocupação do solo, bem como a existência de planos referente ao gerenciamento de resíduos e manejo de águas pluviais.

A informações sobre os planos de manejo de águas pluviais e gerenciamento de resíduos, estão disponíveis para consulta no Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS do Ministério das Cidades. Através destas informações constatou-se que a existência de plano de gerenciamento de resíduos supera o número de planos de manejo de águas pluviais.

Dos 39 municípios com alta recorrência de enxurradas, 12 possuem plano de manejo de águas pluviais em conformidade com a Lei nº11.445/2007, outros 12 não possuem nenhum plano, e 15 não tem informações disponíveis (Figura 34).

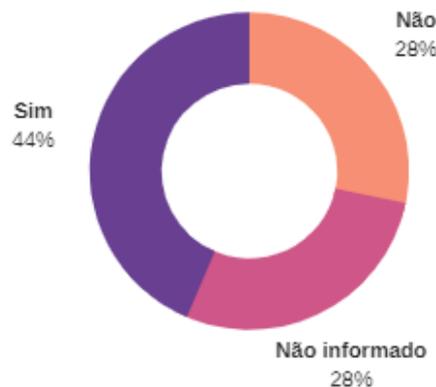
Figura 34: Porcentagem de municípios com plano de manejo de águas pluviais conforme a Lei nº 11.445/2007



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS (2016).

No que diz respeito ao plano de gerenciamento de resíduos sólidos, a maior parte dos 39 municípios estudados possui plano, sendo 17 municípios, o que equivale a 43,58% do total. Dentre os demais municípios, 11 não tinham informações disponíveis e 11 não possuíam plano de gerenciamento de resíduos sólidos, o que equivale a 28,20% para cada item (Figura 35).

Figura 35: Porcentagem de municípios estudados com plano de gerenciamento de resíduos sólidos conforme Lei nº 11.445/2007



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS (2016).

Com relação ao plano diretor, destaca-se que 25 municípios dos 39 estudados não possuem este instrumento de regulação urbana, restando o total de 14 municípios que fazem uso deste tipo de instrumento.

4.2.3 Indicadores ambientais

O quadro com os indicadores ambientais está demonstrado no Apêndice B.

Os índices de domicílios com acesso a coleta de lixo são maiores em Vanini, com 99,52%, e Casca com 97,69%. Os menores índices são observados em Jacuizinho, 22,4% e Lagoão com 26,75% dos municípios atendidos pela coleta de lixo.

Os dados sobre esgotamento sanitário disponíveis para os municípios estudados são do ano de 2010, ano do último censo demográfico. Neste ano o município com menor taxa de esgotamento sanitário adequado era Fontoura Xavier, com apenas 2,1% dos domicílios atendidos. A maior taxa observada foi em Vanini com 74,8%.

Os rios estão presentes em 58,97% dos perímetros urbanos dos municípios, sendo 23 municípios no total. Isto indica que em 16 dos 39 municípios estudados não tiveram enxurradas em suas sedes municipais, e sim na área rural.

Ainda nos municípios estudados é possível afirmar em nenhum caso a porcentagem de remanescentes da mata atlântica ultrapassa 30%, sendo que o maior valor é encontrado em Nonoi, 28,88%. O menor valor é do município de Novo Barreiro com 1,03%.

4.3 Boas práticas para melhoria de drenagem urbana

O quadro 11 resume as boas práticas identificadas que colaboram na drenagem urbana nas cidades. As práticas foram selecionadas e classificadas conforme metodologia proposta pelo Banco Mundial (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012), como medidas estruturais e não estruturais. A aplicação dessas medidas é observada através dos estudos de caso. Os estudos de caso das boas práticas são observados em nível mundial e só possuem limitação de tempo, sendo posteriores ao ano 2000 (Figura 36).

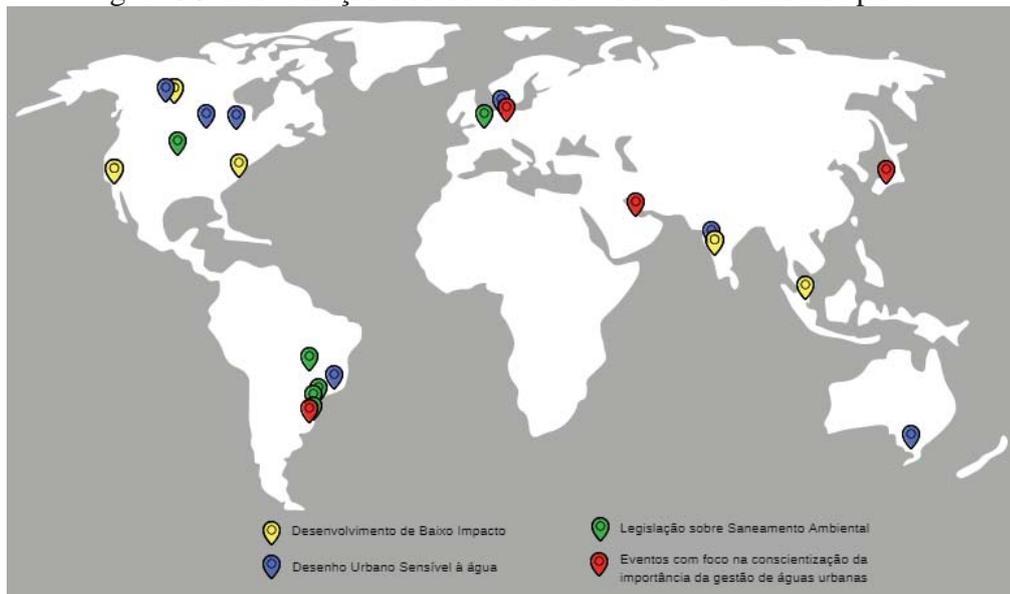
Neste quadro são apresentadas as descrições das práticas, os impactos urbanos e o local onde já foram implantadas.

Quadro 11: Classificação das boas práticas

TIPO	BOA PRÁTICA	DESCRIÇÃO	IMPACTO	ESTUDOS DE CASO
MEDIDAS ESTRUTURANTES	Práticas de desenvolvimento de baixo impacto (LID - Low Impact Development)	A LID refere-se a um método de gestão de águas pluviais baseado na simulação de condições hidrológicas naturais, não causando alterações nas características hidrológicas urbanas. A LID usa medidas ecológicas, controle de fontes e medidas de controle distribuído para controlar as águas pluviais.	Auxílio no escoamento das águas pluviais de forma natural e sustentável, reduzindo as ocorrências de eventos hidrológicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Kuala Lumpur/Malásia • Pune/Índia • Los Angeles • EUA • Long Island/NY • Edmonton/Canadá
MEDIDAS NÃO ESTRUTURANTES	Desenho urbano sensível à água (WSUD - Water Sensitive Urban Design)	O Programa WSUD - Water Sensitive Urban Design (Desenho urbano sensível à água), integra o planejamento urbano com a gestão, proteção e conservação do ciclo urbano da água. Também tem objetivo de diminuir o risco e a severidade das inundações e diversificar as fontes de abastecimento de água, diminuindo a utilização de água potável.	A captação das águas pluviais reduz o transporte de pesticidas, fertilizantes, óleos, metais, sal, bactérias, lixo, e outros materiais, para o lençol freático; auxilia também na redução da utilização de água potável que não tem finalidade de consumo.	<ul style="list-style-type: none"> • Berlim/Alemanha • Minnesota/EUA • Rio de Janeiro, Brasil • Melbourne, Austrália • Pune/Índia • Indianápolis, Indiana/EUA • Edmonton/Canadá
MEDIDAS NÃO ESTRUTURANTES	Legislação sobre saneamento ambiental	A Política Nacional de Saneamento Ambiental tem por objetivo assegurar os benefícios da salubridade ambiental à totalidade da população brasileira. Estabelece regras e procedimentos a fim de alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, por meio do abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos líquidos, sólidos e gasosos, promoção de disciplina sanitária do uso e ocupação do solo, drenagem urbana, e controle de vetores e reservatórios de doenças transmissíveis.	As medidas implementadas pela legislação de saneamento ambiental contribuem para redução de alagamentos, inundações e enxurradas, e tem impacto também na saúde pública de população de uma localidade.	<ul style="list-style-type: none"> • Porto Alegre, Brasil • Guarulhos, Brasil • Curitiba, Brasil • Distrito Federal/Brasil • Estados Unidos • França
MEDIDAS NÃO ESTRUTURANTES	Eventos com foco na conscientização da importância da gestão de águas urbanas	Este tipo de medida não estrutural tem como objetivo principal formar capacidades das pessoas para lidar com os eventos hidrológicos.	O conhecimento sobre os desastres naturais auxilia a população na tomada de decisões em situações de risco, reduzindo o número de desabrigados, feridos e mortos.	<ul style="list-style-type: none"> • Global • Porto Alegre, Brasil • Saijo, Japão • Doha, Catar • Bonn, Alemanha

Fonte: Canadá (2014); Ahiablame, Engel, Chaubey (2013); Dietz (2007); Wong, Brown (2009).

Figura 36: Distribuição dos estudos de caso de cada melhor prática



Fonte: Elaborado pela Autora com base no quadro 11.

É importante ressaltar que os exemplos citados neste documento não exauriram todas as aplicações em cidades no mundo das práticas apresentadas. No entanto, consideraram-se suficientes os exemplos apresentados, dando uma ideia global dos impactos destas práticas nas diferentes cidades.

A seguir, apresenta-se o detalhamento de cada prática.

4.3.1 Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID - Low Impact Development)

O desenvolvimento de baixo impacto é um método de gestão de águas pluviais baseado na simulação de condições hidrológicas naturais, não causando alterações nas características hidrológicas urbanas. Esta prática utiliza medidas ecológicas, controle de fontes e medidas de controle distribuído para gerenciar e utilizar as águas pluviais (SEO et al., 2017).

Devido aos seus impactos positivos, as práticas LID foram desenvolvidas rapidamente na Europa, Oriente Médio, Ásia, África e América do Sul (AHIABLAME; ENGEL; CHAUBEY, 2013). Essa abordagem concentra-se em manter ou restaurar os processos hidrológicos naturais de um local, oferecendo oportunidades para a ocorrência de processos naturais.

Os princípios do desenvolvimento de baixo impacto incluem a preservação de recursos do sítio natural, controles integrados de gestão de águas pluviais em pequena escala, minimizar e desconectar áreas impermeáveis, controlar a água da chuva o mais próximo possível de sua

fonte, prolongar os caminhos e tempos do fluxo de escoamento das águas pluviais e criar paisagens multifuncionais.

As melhores práticas de gerenciamento de LID são técnicas que dependem de processos naturais para gerenciar a quantidade e a qualidade da água, incluindo: a) absorção; b) infiltração; c) evaporação; d) evapotranspiração; e) filtração através de material vegetal e camadas de solo; f) captação potencial de poluentes por vegetação selecionada; g) biodegradação de poluentes pelas comunidades microbianas do solo.

O LID promove a manutenção do ciclo hidrológico, onde a água da chuva é capaz de fornecer umidade para as plantas, infiltrar-se para recarregar aquíferos subterrâneos e permitir a evaporação e transpiração da água de volta à atmosfera.

As propriedades dos materiais naturais, tais como solo, cascalho, vegetação e cobertura morta reduzem o volume e as taxas de pico de escoamento que chegam aos córregos e aumentam a qualidade das águas pluviais que entram nos corpos receptores de água.

Existem três objetivos principais de manejo de águas pluviais que normalmente, direcionam aplicações do desenvolvimento de baixo impacto. Esses são: a) controle de volume de águas pluviais; b) controle de fluxo de pico de águas pluviais; c) melhoria da qualidade da água das águas pluviais.

Quadro 12: Boas práticas de desenvolvimento de baixo impacto

Ano	Local	Descrição	Impacto
2007	Kuala Lumpur, Malásia	Túnel rodoviário e de gestão de tempestades, com finalidade de drenar grandes volumes de água de inundação para um reservatório (UNISDR, 2012).	Redução do risco de enchentes e inundações urbanas, consequentemente reduz o número de desabrigados e os gastos públicos em assistência aos desabrigados das enchentes.
2010	Pune, Índia	Plano de ação municipal para restauração da drenagem natural, com objetivo de aplicar metodologias para infiltração natural de água no solo como ampliação de córregos e conservação de vegetação.	Redução do risco de enchentes e inundações urbanas, que consequentemente reduz o número de desabrigados e os gastos públicos em assistência aos desabrigados das enchentes.
2011	Los Angeles, Estados Unidos	Implantação de cisternas e barreiras da água da chuva; drenos com grades de metal; pavimentos permeáveis. Objetivo, controlar enchentes e reduzir a poluição (ESTADOS UNIDOS, 2011).	Redução dos gastos com o uso da água, devido à possível reutilização. Além disso, há redução do risco de enchente e redução da poluição.

2013	Long Island, Estados Unidos	Parque linear Hunter's Point South. Infraestrutura verde para retenção e absorção da água de chuva, buscando espaços para infiltração da água sem utilizar sistemas de drenagem convencionais (STRENGARI et al., 2015).	Redução do risco de enchentes e inundações urbanas, o que consequentemente reduz o número de desabrigados e os gastos públicos em assistência aos desabrigados das enchentes.
2014	Edmonton, Canadá	Jardins para infiltração da água da chuva, valas de drenagem com cobertura vegetal, telhado verde e pavimentos permeáveis. Proporcionar melhor infiltração da água da chuva (CANADÁ, 2014).	Redução do risco de enchentes e inundações urbanas, o que consequentemente reduz o número de desabrigados e os gastos públicos em assistência aos desabrigados das enchentes. Economia de água através de possível reutilização.

Fonte: Canadá (2014); Unisdr (2012); Estados Unidos (2011); Strengari et al. (2015).

4.3.2 Desenho Urbano Sensível a Água (WSUD - Water Sensitive Urban Design)

A infraestrutura de drenagem urbana verde, conhecida como Projeto Urbano Sensível à Água, *WSUD - Water Sensitive Urban Design*, está sendo cada vez mais implementada em cidades em todo o mundo, a fim de combater os efeitos da mudança climática e da urbanização (KULLER et al., 2018).

Esta prática criada na Austrália, tem como objetivo integrar o planejamento urbano com a gestão, proteção e conservação do ciclo urbano da água, proteger e restaurar as vias navegáveis naturais, diminuir o risco e a severidade das inundações e diversificar as fontes de abastecimento de água (DIETZ, 2007; WONG & BROWN, 2009).

A utilização do WSUD fornece soluções para abastecimento de água urbana, águas residuais e águas pluviais, de uma forma mais econômica, através da introdução de tecnologias “verdes” distribuídas na paisagem urbana, causando menos danos ao meio ambiente (KULLER et al., 2018). Entre seus principais objetivos, destacam-se:

- Redução das demandas por água potável através de usos mais eficientes das águas, além de uma abordagem mais eficiente de fontes de água alternativas;
- Redução da geração de efluentes, além do tratamento destes antes de serem lançados nos corpos d'água receptores;
- Tratamento das águas pluviais para atender aos padrões de qualidade ao serem reutilizadas ou lançadas nos corpos d'água receptores;
- Restaurar ou preservar o regime hidrológico natural das bacias hidrográficas;
- Melhorar a saúde dos corpos de água;
- Melhorar a estética e a conexão entre os recursos hídricos e os residentes das áreas nas quais os sistemas sejam adotados.

Quadro 13: Boas práticas de desenho urbano sensível à água

Ano	Local	Descrição	Impacto
2004	Berlim, Alemanha	Telhado com captação de água pluvial instalado no Instituto de Física Max Planck (ROLA, S. M.; SILVA, N. F.; VAZQUEZ, E. G., 2016).	Diminuição das enchentes.
2018	Minnesota, Estados Unidos	Citizen's guide to stormwater (Guia do cidadão para águas pluviais). O programa procura ensinar os cidadãos questões de gerenciamento de águas pluviais e os incluem na solução de problemas de águas pluviais (ESTADOS UNIDOS, 2018).	Promove educação ambiental e conscientiza os moradores da cidade a modificarem suas atitudes afim de auxiliar na solução dos problemas urbanos.
2006	Rio de Janeiro, Brasil	Captação de água na "Cidade do Samba". Captação da água de chuva e armazenamento em reservatórios nos barracões para limpeza interna e externa e para o sistema de combate a incêndio (ROLA, S. M.; SILVA, N. F.; VAZQUEZ, E. G., 2016).	Redução dos gastos com o uso da água potável, devido à possível reutilização; redução do risco de eventos hidrológicos.
2009	Melburne, Austrália	Tanques de águas pluviais. Os tanques de águas pluviais coletam o escoamento de águas pluviais de superfícies impermeáveis, como telhados, reduzindo a quantidade que entra nos cursos de água. Eles são equipados com um mecanismo de transbordamento, o que significa que, quando um tanque está cheio, o excesso de água é redirecionado para o sistema de drenagem de águas pluviais (DIETZ, 2007; WONG & BROWN, 2009).	Minimização do uso de água quando usado no banheiro, lavanderia ou jardim; reduzir a tensão no sistema de drenagem de águas pluviais; reter a água perto da fonte; reduzir o escoamento do local e os picos de cheia.
2010	Pune, Índia	Incentivos fiscais às propriedades. Objetivo motivar proprietários a armazenar água pluvial para uso doméstico (UNISDR, 2012).	Acesso à água melhora o IDH; preservação dos recursos hídricos; colabora na minimização na demanda de água; e proporciona a recarga subterrânea e manutenção do lençol freático.
2013	Indianápolis, Estados Unidos	Stormwater Credit Manual (Manual de Crédito de Águas Pluviais). Oferece créditos para quem utiliza a água da chuva, diminuindo gastos com o consumo da água potável (ESTADOS UNIDOS, 2016).	Incentivo a educação ambiental; reduz o consumo de água.
2014	Edmonton, Canadá	Captação da água da chuva com cisterna na Universidade de Alberta (CANADÁ, 2014).	Redução do volume e taxas de escoamento das águas pluviais ao mesmo tempo em que armazena água para irrigação.

Fonte: Rola, Silva, Vazquez (2016); Estados Unidos (2018); Dietz (2007); Wong, Brown (2009); Estados Unidos (2016); Canadá (2014).

4.3.3 Legislação sobre saneamento ambiental

Esta prática, tem por objetivo assegurar os benefícios da salubridade ambiental à totalidade da população brasileira, mediante ação articulada entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios.

Saneamento ambiental é o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, por meio do abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos líquidos, sólidos e gasosos, promoção de disciplina sanitária do uso e ocupação do solo, drenagem urbana, e controle de vetores e reservatórios de doenças transmissíveis, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida, tanto nos centros urbanos, quanto nas comunidades rurais e propriedades rurais mais carentes.

Os Municípios e o Distrito Federal devem promover a organização, o planejamento e a execução das funções públicas de saneamento ambiental, caracterizadas como de interesse local.

O quadro 14 apresenta a descrição das ações identificadas por estudos de caso e descreve os impactos para o município onde esta ação foi implantada.

4.3.4 Eventos com foco na conscientização da importância da gestão de águas urbanas

Este tipo de evento tem por finalidade discutir soluções para os problemas de drenagem urbana através dos fatores: compreensão dos desafios, análise das soluções necessárias e identificação oportunidades de investimento em infraestrutura.

Os eventos também buscam criar capacidades para que a população possa lidar com eventos extremos e agir preventivamente para que haja minimização dos efeitos negativos dessas ocorrências.

No quadro 15 apresentam-se eventos que discutem a importância da gestão de águas urbanas, com suas descrições e os impactos esperados pela sua realização.

Quadro 14: Boas práticas de legislação para saneamento ambiental

Ano	Local	Descrição	Impacto
1999	Porto Alegre, Brasil	Plano Diretor que introduz artigos sobre drenagem urbana. Especifica a necessidade de redução da vazão de escoamento da água da chuva em áreas críticas em função do grau de urbanização. Para isto, prevê que seja realizada a detenção desta água (TUCCI, 2001; PORTO ALEGRE, 1999).	Define as áreas de risco de ocorrência de eventos hidrológicos, e auxilia a não ocupação destas áreas, diminuindo o número de pessoas afetadas, como desabrigados, mortos e feridos.
2000	Guarulhos, Brasil	Código de Obras. Obrigatório (para residências com no mínimo 1 hectare) sistema de detenção da água da chuva para reutilização (SOUZA, 2012).	Diminuição das águas pluviais nas áreas onde há captação, reduzindo o número de enchentes, alagamentos ou enxurradas.
2003	Curitiba, Brasil	Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas Edificações (PURA) busca incentivar o uso racional e a conservação da água, bem como a utilização de fontes alternativas de captação da água da chuva (CURITIBA, 2003).	Reduz o fluxo do escoamento através do armazenamento de água, evitando problemas de drenagem urbana, e promove o uso consciente da água potável.
2008	Distrito Federal, Brasil	Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU-DF). Trata da drenagem e manejo das águas pluviais em área urbana. Trata, além dos critérios técnicos de hidrologia e hidráulica, questões relevantes que contribuem para soluções efetivas, como: sistema institucional de gestão, ações estruturais e não estruturais para redução dos riscos de alagamentos e inundações e controle da poluição hídrica. Também traz recomendações construtivas para medidas de controle na fonte e diretrizes para manutenção dos sistemas (BRASILIA, 2018).	Os impactos são notados em escala ambiental, com a gestão de resíduos sólidos, controle de erosão e assoreamento, social com a redução dos riscos relacionados aos eventos hidrológicos, e econômicos com a economia de recursos públicos para reconstrução da infraestrutura urbana.
2014	Estados Unidos (nacional)	Best Management Practices –BMPs, são as melhores práticas para a drenagem urbana, a EPA (United States Environmental Protection Agency), exige que os municípios americanos sejam adeptos às práticas. Estas práticas abordam critérios críticos para o gerenciamento das águas pluviais urbanas como o volume de águas pluviais que entram no sistema de esgoto e a vazão máxima para o sistema combinado (ESTADOS UNIDOS, 2014).	Promove o movimento natural da água, em vez de permitir que ela seja levada em drenos de tempestade, reduz a quantidade de poluentes que entram no sistema de coleta de água, aumenta a qualidade da água e melhora o processo de tratamento de água nas estações de tratamento e reduz o risco de enchentes.
2015	França (nacional)	França cria legislação ambiental onde decreta que telhados de novas edificações comerciais sejam cobertos de plantas e painéis solares. Esta prática tem como objetivo reter a água das chuvas, e a geração de energia limpa (THE GUARDIAN, 2015)	O impacto desta prática está relacionado a redução do fluxo do escoamento, evitando problemas de drenagem urbana e também auxilia na economia de energia, seja pelos painéis solares ou pela inércia térmica que o telhado verde proporciona.

Fonte: Tucci (2001); Porto Alegre (1999); Souza (2012); Curitiba (2003); Brasília (2018); Estados Unidos (2014); The Guardian (2015)

Quadro 15: Eventos que discutem a importância da gestão de águas urbanas

Ano	Local	Descrição	Impacto
2001 - 2018	Global	Dia Internacional de Redução de Desastres. Tem por objetivo construir uma cultura de redução de riscos (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO A CIÊNCIA E A CULTURA, 2001)	Promover educação, para aumentar a resiliência das comunidades como um todo. Educação para reduzir riscos de desastres é importante para criar novas maneiras de pensar e novas práticas, que permitem que as sociedades respondam e se adaptem às pressões das mudanças climáticas.
2011	Porto Alegre, Brasil	11th International Conference on Urban Drainage (ICUD). A conferência ICUD tem como objetivo apresentar os mais recentes avanços e abordagens inovadoras em pesquisa fundamental e aplicada sobre drenagem urbana, levando em consideração aspectos meteorológicos, hidrológicos, hidráulicos, de qualidade da água e socioeconômicos em todo o mundo. Entre seus interesses específicos estão a qualidade da água urbana, sedimentos de esgoto, controle de fontes, gerenciamento de águas pluviais, transbordamento de esgoto combinado, drenagem em climas frios e alpinos, controle em tempo real de sistemas de drenagem urbana e os dados e modelos relacionados à água urbana (INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION, 2011).	Discutir e compartilhar alternativas inovadoras para a drenagem urbana. Ao final do evento é gerado um documento compilando as melhores soluções para drenagem urbana, para que estas possam ser aplicadas nas cidades.
2017	Praga, República Checa	14th International Conference on Urban Drainage (ICUD). A conferência ICUD tem como objetivo apresentar os mais recentes avanços e abordagens inovadoras em pesquisa fundamental e aplicada sobre drenagem urbana, levando em consideração aspectos meteorológicos, hidrológicos, hidráulicos, de qualidade da água e socioeconômicos em todo o mundo. Entre seus interesses específicos estão a qualidade da água urbana, sedimentos de esgoto, controle de fontes, gerenciamento de águas pluviais, transbordamento de esgoto combinado, drenagem em climas frios e alpinos, controle em tempo real de sistemas de drenagem urbana e os dados e modelos relacionados à água urbana (INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION, 2017).	Discutir e compartilhar alternativas inovadoras para a drenagem urbana. Ao final do evento é gerado um documento compilando as melhores soluções para drenagem urbana, para que estas possam ser aplicadas nas cidades.
2012	Saijo, Japão	Crianças e Comunidades Estudam as Montanhas e os Riscos Urbanos. Logo no jardim de infância, as escolas japonesas inserem as crianças na educação sobre como identificar e reagir a situações de desastres, realizando simulados regularmente e 'assistindo aos desastres' (UNISDR, 2012).	Esse investimento de longo tempo salvou, sem dúvida, muitas vidas, pois o envelhecimento da população da cidade representa um desafio em particular. Os jovens, que possuem mais força física, são muito importantes

			para os sistemas comunitários de ajuda mútua e preparação para emergências.
2016	Doha, Catar	3ª Conferência Internacional sobre Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana – Médio Oriente. Esta conferência fornece uma plataforma para interessados obterem insights valiosos sobre projetos de infraestrutura de água urbana atuais e emergentes no Qatar e em toda a região do Oriente Médio (IQPC, 2016).	Discute soluções para o manejo das águas pluviais em áreas urbanas, fornecendo o compartilhamento de projeto de infraestrutura, bem como seu aperfeiçoamento. A implantação desses projetos reduz as inundações, enxurradas e alagamentos urbanos.
2010 - 2018	Bonn, Alemanha	Fórum global sobre Resiliência Urbana/Cidades Resilientes (UNISDR, 2012).	O congresso oferece uma ótima oportunidade para se conectar com uma comunidade global de profissionais e pesquisadores do tema, bem como para construir parcerias e compartilhar ideias e boas práticas.
2010 - 2018	Bonn, Alemanha	Fórum de Adaptação de Prefeitos. Anualmente prefeitos se reúnem para promover discussões sobre temas como, gestão dos riscos urbanos, logística urbana para resiliência, financiamento às cidades resilientes, segurança alimentar nas cidades, infraestrutura inteligente para resiliência, entre outros (RESILIENT CITIES CONGRESS, 2010).	Oportunidade de compartilhamento de experiências sobre gestão dos riscos urbanos, afim de construir cidades mais resilientes.

Fonte: Organização das Nações Unidas para a Educação a Ciência e a Cultura (2001); International Water Association (2011); International Water Association (2017); IQPC (2016); Unisdr (2012); Resilient Cities Congress (2010)

4.4 Estudo de caso

4.4.1 Seleção do município para estudo de caso

Para seleção da cidade onde foi realizado o estudo de caso foram avaliados os indicadores socioeconômicos, de planejamento e governança urbana e os indicadores ambientais. Alguns indicadores possuíram um peso maior na seleção do município, pois têm influência direta na ampliação da ocorrência de eventos hidrológicos, como é o caso do indicador presença de rios no perímetro urbano, utilizado para desconsiderar os municípios que não possuem rios na área urbana, visto que o estudo objetiva compreender as consequências dos eventos hidrológicos em áreas urbanas.

Os indicadores considerados mais relevantes foram: maior número de habitantes, alta taxa de urbanização, alta densidade demográfica e os piores resultados em relação a indicadores como existência de plano de manejo de resíduos sólidos, plano de manejo de águas pluviais, remanescentes da Mata Atlântica, domicílios com acesso a coleta de lixo e esgotamento sanitário adequado.

O indicador presença de rios no perímetro urbano foi usado para descartar 16 municípios com alta recorrência de enxurradas, restando 23 para a avaliação dos demais indicadores. Para restringir ainda mais o número de municípios, foram desconsideradas os que apresentaram menos de 7 eventos de enxurradas, restando apenas 5 municípios para a seleção final.

Os municípios que se enquadraram nos critérios acima mencionados foram: Casca, Espumoso, Soledade, Sarandi e Iraí. Dentre os cinco municípios, os que apresentaram os piores resultados foram Iraí e Sarandi, sendo que o município selecionado para o estudo de caso foi Sarandi. Apesar de registrar os piores resultados, Iraí apresenta uma condição atípica, fica às margens do rio Uruguai, um dos maiores rios do estado, com grande carga hídrica e que tem influência direta nas enxurradas que ocorrem no município.

Alguns fatores colaboraram na escolha de Sarandi. O município apresentou uma densidade demográfica considerada média ultrapassando 50 habitantes por hectare. Além da densidade, a ausência do plano de bacia e o fato de o município não ter plano diretor já possuindo mais de 20 mil habitantes também pesaram na decisão de estudar o município.

O quadro 16 exhibe os dados utilizados para a seleção do estudo de caso.

Quadro 16: Municípios que apresentaram as piores situações dentre os estudados

	CASCA	ESPUMOSO	SOLEDADE	SARANDI	IRAÍ
INDICADORES SOCIOECONÔMICOS					
Pop. último censo (Hab.)	8.651	15.240	30.044	21.285	8.078
Densidade demográfica (Hab./km ²)	31,9	19,5	24,8	62	43,5
Índice de desenvolvimento humano municipal	0,785	0,765	0,713	0,777	0,691
INDICADORES DE PLANEJAMENTO E GOVERNANÇA URBANA					
Existência de plano diretor	Não	Sim	Sim	Não	Não
Taxa de urbanização (%)	58,84	73,04	79,99	84,28	55,17
Existência de plano de bacia	Sim	Sim	Sim/Sim	Não	Não
Existência de plano de manejo de águas pluviais	Sim	Não	NI	Sim	Não
Existência de plano de gerenciamento de resíduos	Sim	Não	NI	Sim	Não
INDICADORES AMBIENTAIS					
Presença de rios do Perímetro Urbano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Domicílios com acesso a coleta de lixo	97,69%	86,31	NI	84,29%	55,18%
Número de eventos hidrológicos registrados	9	9	8	7	7
Número de indicadores com pior resultado	2	3	0	4	6

NI – Não Informado

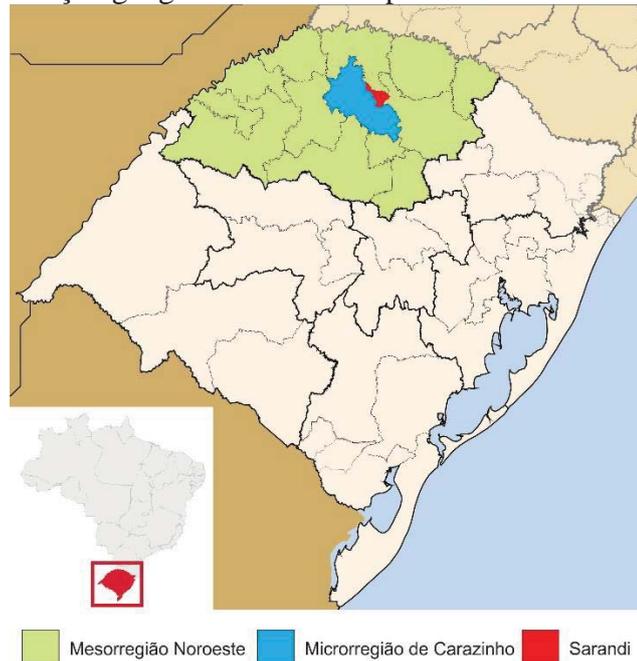
Fonte: Elaborado pela Autora.

4.5 Caracterização do município

Sarandi é uma cidade de porte médio inferior e está localizada ao Norte do Estado do Rio Grande do Sul, na Mesorregião do Noroeste Rio-grandense, microrregião de Carazinho, às margens da BR 386, a chamada Rodovia da Produção, distante 328 km de Porto Alegre.

O município é integrante do Corede Rio da Várzea. De acordo com o censo 2010, Sarandi possuía uma população de 21.285 habitantes, sendo que a população estimada para o ano de 2018 é de 24.205 habitantes.

Figura 37: Localização geográfica do município de Sarandi – Rio Grande do Sul



Fonte: Elaborado pela Autora.

O município de Sarandi localiza-se a uma latitude $27^{\circ}56'38''$ sul e a uma longitude $52^{\circ}55'23''$ oeste, estando a uma altitude de 503 metros do nível do mar. Tem como municípios limítrofes, ao Norte: Constantina, Rondinha e Ronda Alta, ao Sul: Almirante Tamandaré do Sul e Coqueiros do Sul, a Leste: Pontão e a Oeste: Nova Boa Vista, Barra Funda, Novo Barreiro e São José das Missões. As principais vias de acesso são as rodovias BR 386, RS 404, RS 324 e RS 569.

Inicialmente, o município de Sarandi era território de Rio Pardo. Em consequência de sucessivos desmembramentos, passou a figurar nas áreas municipais de Cachoeira do Sul (1819), Cruz Alta (1834) e Passo Fundo (1857). No ano de 1939, Sarandi desmembrou-se de Passo Fundo.

A economia do município é composta por diversas atividades. Atualmente, Sarandi é considerada "Polo Industrial da Região" pelo desenvolvimento alcançado ao longo dos anos. Estão instaladas no município pequenas indústrias têxteis, e uma unidade da Aurora Alimentos. Na área rural, as atividades concentram-se na produção de vinhos, criação de gados e suínos.

Em 2004 foi instalado no município um Campus da Universidade de Passo Fundo, o que também contribuiu com o desenvolvimento da região. Também estão instaladas no município a CESURG, Centro de Ensino Superior Riograndense e um polo da Uab, Universidade Aberta do Brasil. População

A população residente no município de Sarandi vem variando ao longo dos anos. Em 1991 foi registrada uma população de 22.351 pessoas, sendo que este número caiu nos anos seguintes e voltou a crescer somente no ano de 2000. Atualmente, estima-se que o município tenha 24.205 habitantes.

Vale ressaltar que no ano de 2007 a população atingiu 20 mil habitantes, neste momento deveria ter iniciado a elaboração do plano diretor, que até hoje não está concluído.

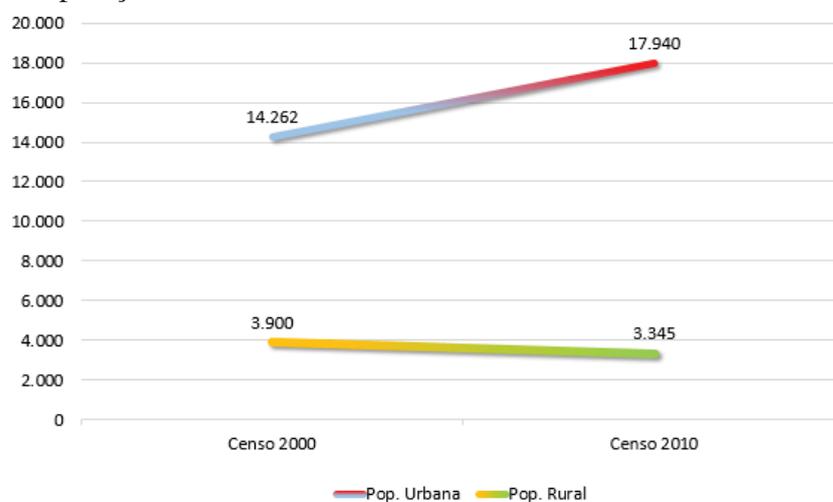
Figura 38: Variação da populacional de Sarandi de 1991 até 2018



Fonte: IBGE (2013); IBGE (2018).

A população urbana e rural também sofreu alterações registradas pelo censo 2000 e 2010, conforme demonstra a figura 39.

Figura 39: População urbana e rural de Sarandi entre os anos de 2000 e 2010.

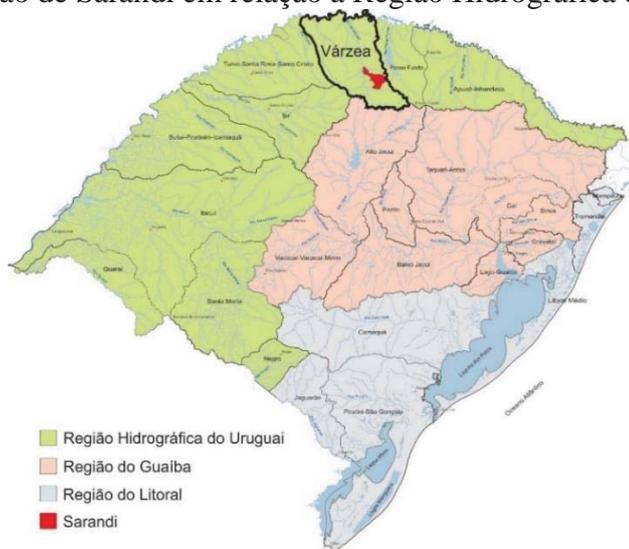


Fonte: IBGE (2000); IBGE (2010).

4.5.1 Hidrografia

Sarandi está localizada na Região Hidrográfica do Uruguai, com todo seu território fazendo parte da Bacia do Rio da Várzea. A hidrografia do município é constituída pelo Rio Cateretê, que atravessa a sede, o Rio da Várzea, o Rio Bonito e o Rio Turvo que ficam na zona rural do município, além de uma grande quantidade de pequenos lagos, arroios e riachos, todos integrantes da Bacia do Rio Uruguai.

Figura 40: Localização de Sarandi em relação a Região Hidrográfica e a Bacia Hidrográfica



Fonte: Elaborado pela Autora.

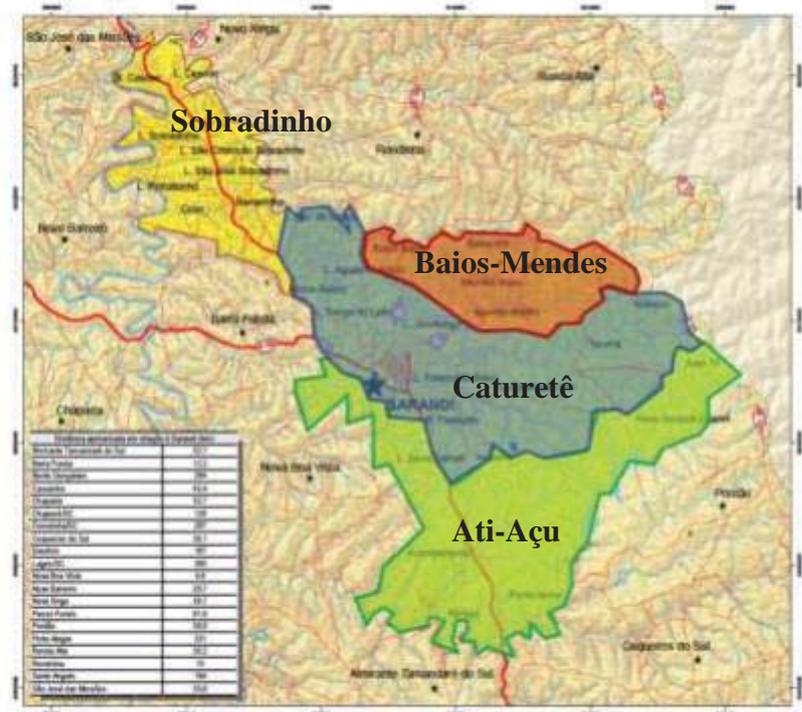
Figura 41: Hidrografia do município de Sarandi - RS



Fonte: Prefeitura Municipal de Sarandi (2018).

O município é dividido em quatro regiões hidrográficas, sendo elas Ati-Açu, Caturetê, Baios-Mendes e Sobradinho. A localização de cada região está demonstrada na figura 42.

Figura 42: Regiões hidrográficas do município de Sarandi



Fonte: Echoa Engenharia (2014).

O perímetro urbano do município está contemplado pela região hidrográfica do Rio Caturetê. A figura 43 demonstra a hidrografia no perímetro urbano do município.

Figura 43: Hidrografia no perímetro urbano Sarandi



Fonte: Elaborado pela Autora com base em Prefeitura Municipal de Sarandi (2018).

Figura 44: Microbacias hidrográficas no perímetro urbano.



Fonte: Echoa Engenharia (2014).

4.5.2 Levantamento do Rio Caturetê

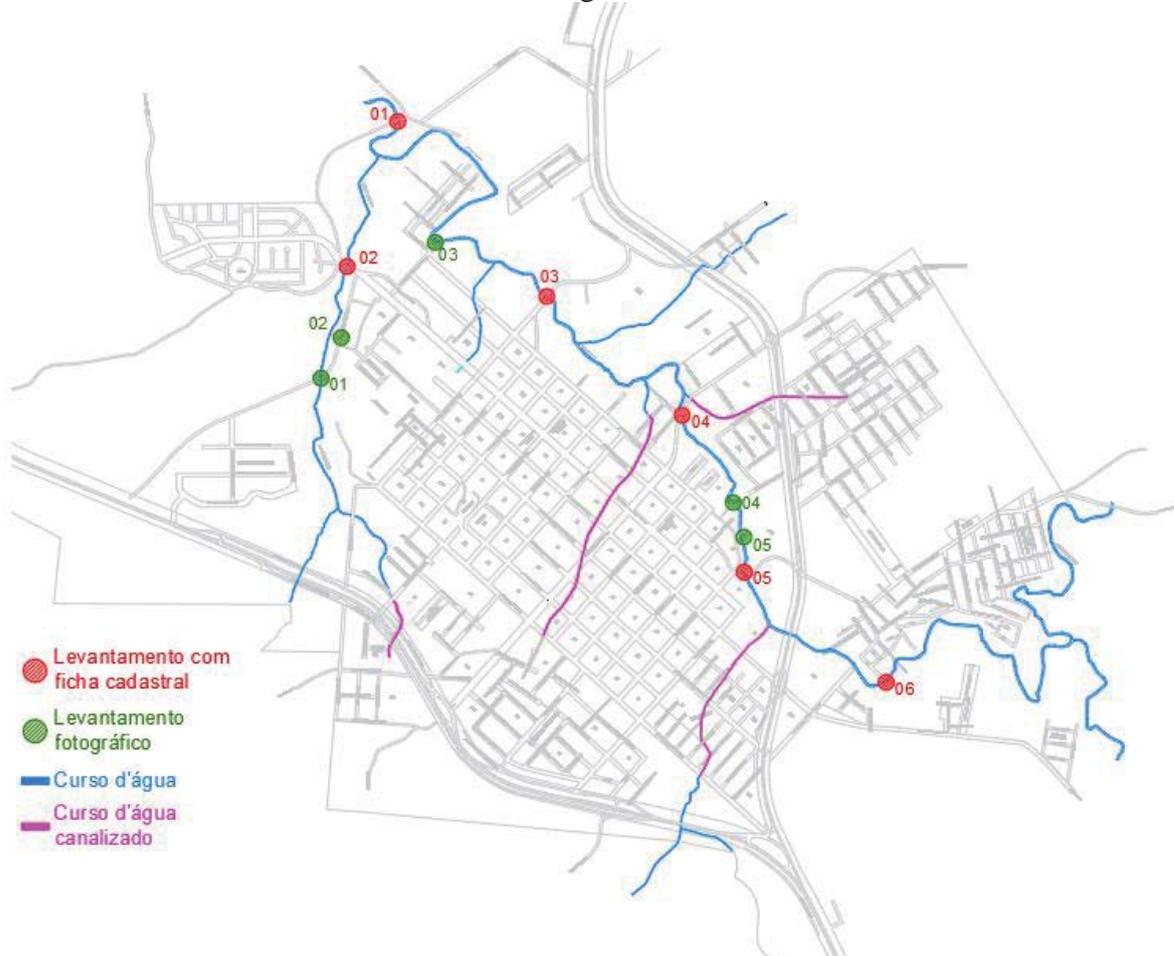
A figura 45 demonstra os pontos que foram levantados a fim de verificar a atual situação do rio urbano. O levantamento ocorreu com ficha cadastral conforme apresentado na metodologia, que serviu como balizadora para elaboração das análises apresentadas na

sequência. Em alguns pontos do Rio Caturetê ocorreu apenas levantamento fotográfico, sem medições no local.

No levantamento foi observado que em todos os pontos monitorados há presença de lixo e em alguns pontos há uma grande aglomeração de residências nas margens do rio.

O esgoto sem tratamento também é despejado em alguns pontos. A seguir está descrita a situação de cada ponto levantado.

Figura 45: Localização dos pontos de levantamento com ficha cadastral e levantamento fotográfico



Fonte: Elaborado pela Autora.

4.5.2.1 Ponto 01 – Saída para o interior do município (comunidade Águas do Angico)

O ponto 01 está localizado um pouco afastado do centro da cidade e fica próximo do final do perímetro urbano. Neste ponto foi possível verificar que o curso d'água possui em torno de 9 a 9,50 metros de largura, não apresentando canalização. A vegetação é densa e estão preservadas espécies nativas, assim como a APP de 30 metros nos dois lados do curso.

O uso do solo é principalmente agrícola, por este motivo seu parcelamento é maior que 300 m², tendo características de propriedades rurais. No local não foi constatada presença de canalização de esgoto, apesar disso foi possível ver a presença de lixo no rio, principalmente nas margens e enroscados nas árvores, provavelmente presos em dias de cheias.

A topografia se apresenta em declive para o córrego e não foram observados processos erosivos na área. Neste local a paisagem vista da estrada é agradável por conta da preservação da APP.

Figura 46: Ponto 1, saída para o interior do município (comunidade águas do angico)



Fonte: Autora.

4.5.2.2 Ponto 2 – Avenida Sete de Setembro próximo da Avenida Esperança

O ponto dois fica localizado na extremidade noroeste da área urbana do município. Este ponto se refere à Sanga Gusmante, afluente do principal Rio urbano o Caturetê, neste ponto está localizada a Vila Esperança, um bairro formado por população de baixa renda e que ocupa a área de APP da sanga.

A área já apresentou episódios de enxurradas e inundações, por este motivo a comunidade que residia no local foi transferida para outro bairro que não apresentava este problema, através de uma verba do PAC obtida pelo município. Porém a área voltou a ser ocupada e hoje encontra-se com muitas famílias residindo no local.

Neste ponto a largura da Sanga é de aproximadamente 5 metros, não possui canalização, a vegetação é escassa e a área de APP não é respeitada. O parcelamento do solo tem terrenos com área em torno de 150m² e o uso é predominantemente residencial. Devido ao grande número de edificações o solo é bastante impermeabilizado. As edificações são construídas em alvenaria e madeira e possuem um e dois pavimentos.

A paisagem visível da rua é degradada com muita presença de lixo, tanto no bairro como na Sanga e no seu entorno. Também foi possível verificar a presença de esgoto despejada na rede pluvial que vai à Sanga. No local não há existência de processo erosivo e a topografia se apresenta em declive na direção do curso d'água.

Figura 47: Ponto 2, Avenida Sete de Setembro esquina com a Avenida Esperança



Fonte: Autora.

4.5.2.3 Levantamento fotográfico pontos 01, 02 e 03

No Bairro Esperança algumas casas foram elevadas no nível do solo para proteger a família e seu mobiliário nas ocorrências de eventos hidrológicos.

Figura 48: Levantamento fotográfico – ponto 01



Fonte: Autora.

Imagem referente ao ponto 02 do levantamento fotográfico, casas elevadas do nível do solo

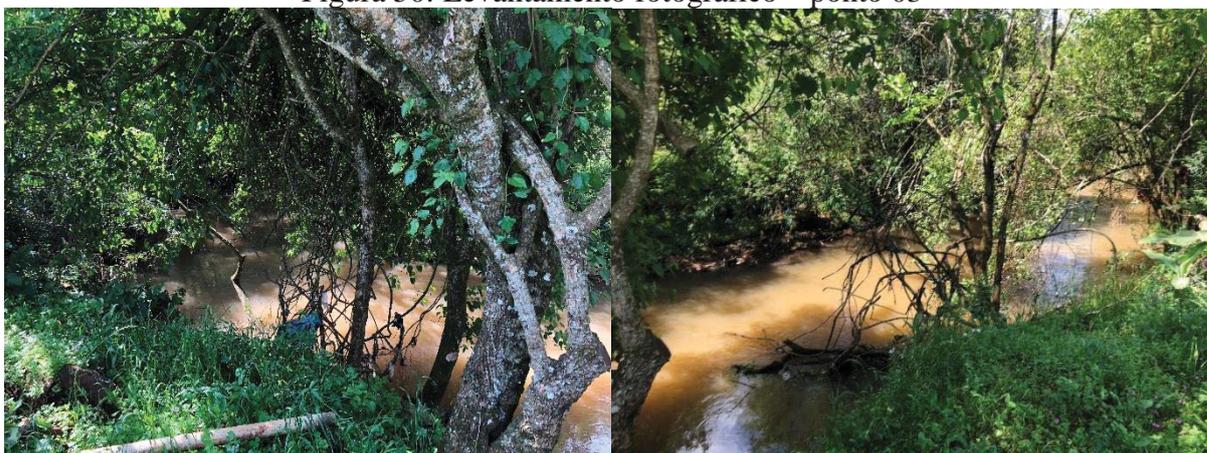
Figura 49: Levantamento fotográfico – ponto 02



Fonte: Autora.

O ponto 03 do levantamento fotográfico se refere a um ponto de enxurradas e inundações frequentes, porém sem muito prejuízo para a população do entorno pois as casas são mais afastadas das margens do rio. A vegetação do local também se encontra preservada e o solo não possui grande impermeabilização, facilitando a drenagem no local.

Figura 50: Levantamento fotográfico – ponto 03



Fonte: Autora.

4.5.2.4 Ponto 03 – Rua Barão do Rio Branco

No levantamento realizado no ponto três foi observado que a largura aproximada do curso d'água é de aproximadamente 10,00 metros. Este é um dos pontos onde ocorre o aumento do nível de água quando é registrada chuva intensa.

O Rio Caturetê não está canalizado nesta área. A vegetação é escassa, em comparação com o ponto 1. O parcelamento do solo se dá em terrenos com aproximadamente 300m², em alguns casos a metragem chega a ser maior. A área não é densamente edificada, sendo ocupada por residências de um e dois pavimentos, construídas em alvenaria ou madeira.

A paisagem em um primeiro momento é agradável, porém quando se aproxima do Rio é possível ver lixo espalhado pelas margens. A APP de 30,00 metros não é preservada, as casas encontram-se a poucos metros do Rio, no entanto, o número de residências é pequeno. A topografia se apresenta em nível e não há processo erosivo.

Figura 51: Ponto 04, Rua Barão do Rio Branco



Fonte: Autora.

4.5.2.5 Ponto 04 – Avenida Expedicionário

O ponto de levantamento número quatro é um dos locais onde se observou maior largura do Rio, tendo aproximadamente 17,00 metros, menor apenas que a largura registrada no ponto 6. Possivelmente devido a largura do rio, neste ponto não são registradas enxurradas, ou inundações.

Não há canalização do curso d'água no local, e também não foi verificada canalização de esgoto aparente. A APP não está preservada, porém a quantidade de vegetação que se observa é média, variando entre nativa e exótica.

Existe presença de lixo no rio, apesar disso a paisagem visível da rua é agradável. O uso do solo é misto e seu parcelamento corresponde a terrenos com área maior que 300,00m². O local é pouco edificado, portando a permeabilidade do solo é boa. A tipologia das edificações constitui-se basicamente edificações em alvenaria de um e dois pavimentos.

Figura 52: Ponto 04, Avenida Expedicionário



Fonte: Autora; Google Earth (2018).

4.5.2.6 Ponto 5 – Rua Otávio Ribeiro

A situação mais alarmante foi encontrada no ponto cinco, onde há ocupação irregular das margens do Rio. Neste ponto há uma grande área impermeabilizada, devido ao número de casas construídas sem recuos em relação ao Rio e as casas vizinhas. Estas casas são de tipologias variadas, com 1 e 2 pavimentos, construídas em alvenaria e madeira, e materiais reutilizados.

O parcelamento do solo se dá de forma bastante irregular com terrenos de até 150,00 m² e a utilização da área é para fins residenciais.

A largura aproximada do Rio Caturetê nesta área é aproximadamente 12,00 metros, não sendo canalizado.

Figura 53: Ponto 5, Rua Otávio Ribeiro



Fonte: Autora.

A presença de lixo é bastante volumosa neste setor. Dentre os lixos descartados nas margens do Rio estão eletrodomésticos, móveis, roupas, entulhos de construção e embalagens plásticas.

Figura 54: Presença de lixo na Rua Otávio Ribeiro



Fonte: Autora.

Outro fato preocupante é o esgoto sem tratamento sendo despejado diretamente no Rio. As imagens demonstram duas situações que foram observadas: primeiro a canalização direta para o Rio, e no segundo caso o esgoto escorrendo pelo solo e em seguida caindo no Rio.

Figura 55: Esgoto despejado sem tratamento no Rio



Fonte: Autora.

4.5.2.7 Ponto 6 – Rua Sem Denominação

O ponto 6 do Rio Caturetê, possui largura aproximada de 21,00 metros. Neste ponto a correnteza é mais intensa e a profundidade é menor. A vegetação é mais densa na lateral próxima da rua, mesmo assim a APP não está preservada.

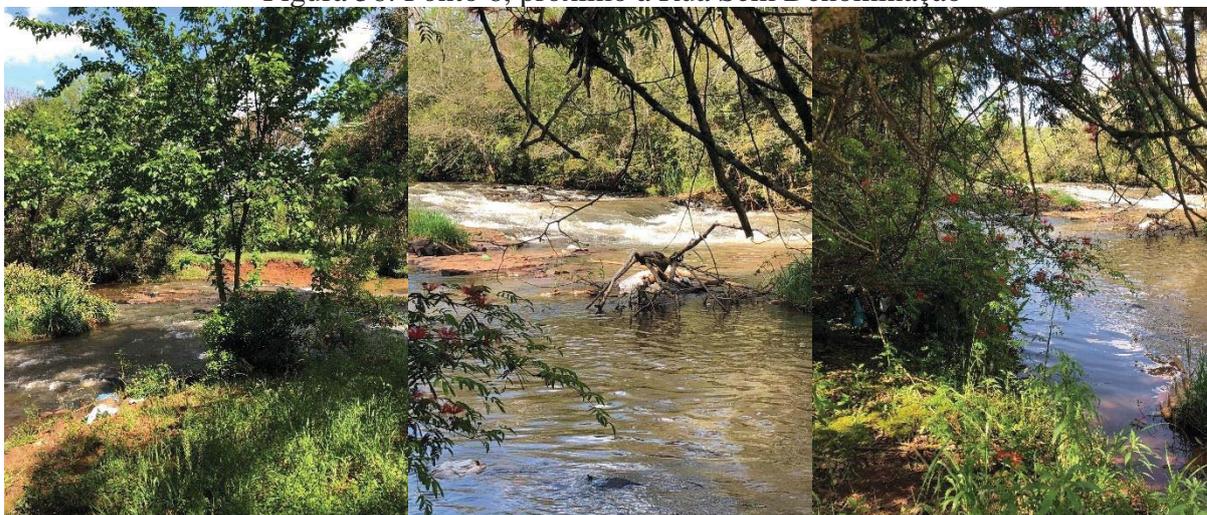
Mesmo com a correnteza forte, a presença de lixo é constante, ficando presa nos galhos e nas margens do rio. Relatos de moradores indicaram que com frequência animais mortos de grande e pequeno porte são jogados no rio e ficam presos aos galhos e nas pedras nas áreas mais rasas, sendo necessário que os moradores da redondeza tomem providências para evitar a permanência do forte odor por muito tempo.

É interessante destacar que este local é utilizado por banhistas no verão, sendo que no dia do levantamento “in loco” haviam banhistas no local.

O relevo é em declive em direção ao Rio e é possível observar processo erosivo em uma das margens do Rio.

As casas que estão localizadas próximas do Rio, são de 1 e 2 pavimentos de alvenaria e madeira.

Figura 56: Ponto 6, próximo à Rua Sem Denominação



Fonte: Autora.

4.5.3 Drenagem urbana no município

O sistema de drenagem do município é composto por bocas de lobo, tubulações e galerias pluviais.

Dentro do perímetro urbano do município são 4 trechos de sangas canalizadas. Esses trechos possuem a extensão aproximada de 2.785 metros e têm dimensões variadas.

A principal galeria possui em torno de 1.048 metros de extensão e está localizada na região central da cidade, passando pelas principais ruas. Acima da galeria há aproximadamente dez metros de aterro e após isso estão edificadas várias residências e prédios comerciais, inclusive um prédio residencial com doze pavimentos.

As galerias pluviais foram construídas na década de 1970 e não recebem manutenção com frequência.

Figura 57: Galerias pluviais

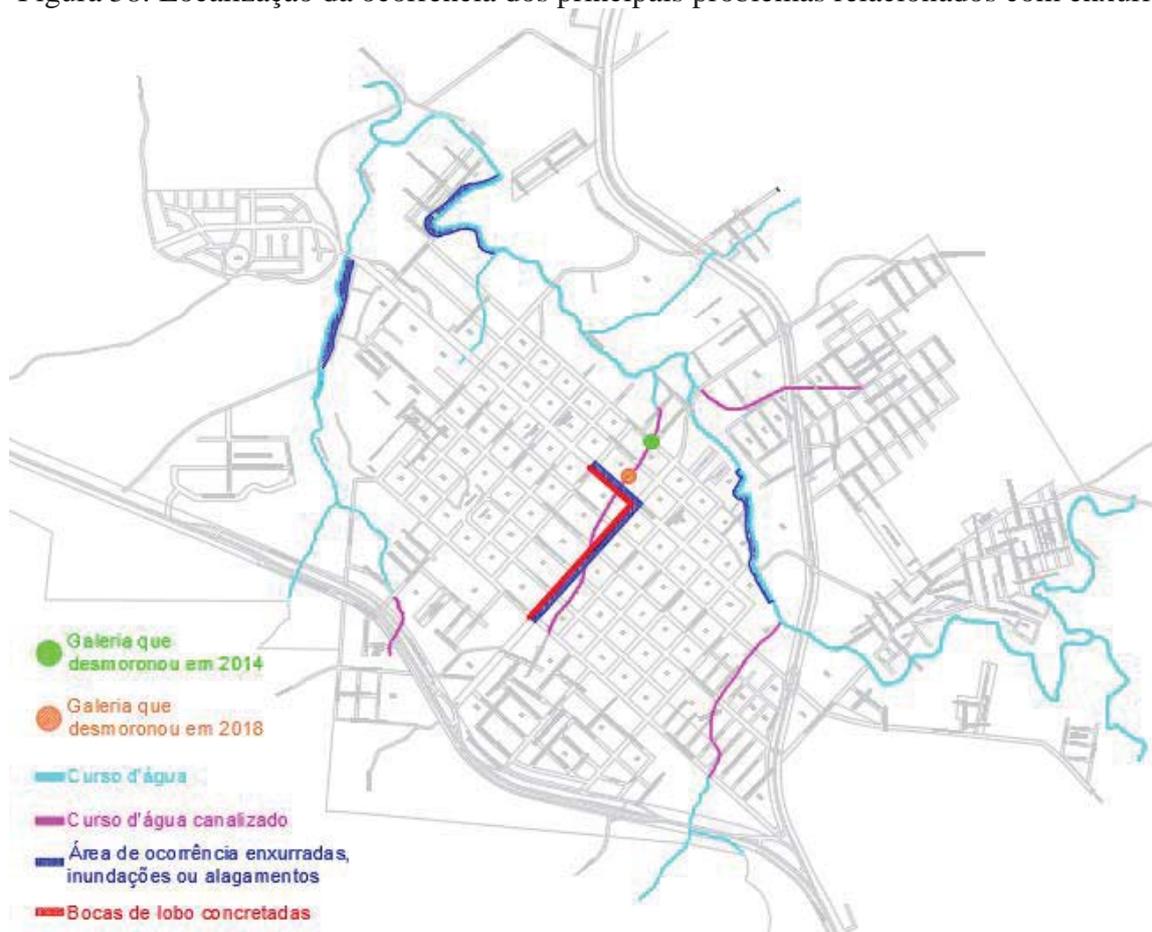


Fonte: Prefeitura Municipal de Sarandi (2018).

4.5.4 Problemas relatados atualmente

O mapa da imagem 58, ilustra os pontos onde ocorrem ou ocorreram problemas recentes relacionados com os eventos hidrológicos.

Figura 58: Localização da ocorrência dos principais problemas relacionados com enxurradas



Fonte: Elaborado pela Autora.

4.5.5 Desmoronamento de galeria pluvial

No ano de 2014 parte da galeria principal desmoronou em decorrência das fortes chuvas que atingiram o município. A falta de manutenção, o subdimensionamento da estrutura, e o crescimento do número de edificações em cima da galeria são fatores que podem ter contribuído para o desmoronamento.

O resultado deste evento foi uma cratera com mais de dez metros de profundidade e aproximadamente cinquenta metros de comprimento. A cratera permaneceu aberta durante 12 meses, aguardando a licitação e empresas interessadas em realizar a obra, que teve um custo total de R\$ 600.000,00.

Como é possível ver nas imagens os transtornos aos moradores foram significativos, pois além de interromper o trânsito na rua, algumas famílias tiveram que ser retiradas de suas residências por risco de desmoronamento.

Figura 59: Obra de recuperação da galeria que desmoronou



Fonte: Prefeitura Municipal de Sarandi (2018).

Em 2018 a galeria pluvial novamente não suportou a intensidade das chuvas e entre a Avenida Sete de Setembro e a Rua Bortolo De Marco acabou se rompendo, causando prejuízos econômicos a famílias e colocando em risco vidas humanas.

Figura 60: Estragos causados pela galeria que desmoronou em 2018.



Fonte: Machado (2018).

4.5.6 Bocas de lobo concretadas

Ao longo da avenida Sete de Setembro e da Avenida Expedicionário várias bocas de lobo foram concretadas pelos comerciantes da região, ao argumento de que o mau cheiro vindo delas atrapalhava as vendas do comércio. Este fato foi relatado pelos munícipes e também veiculados pelos jornais locais.

As bocas de lobo que não foram concretadas estão em bom estado de conservação, todavia várias delas apresentam lixo. Quando os moradores estão em frente as suas residências precisam cobrir a boca de lobo usando papelão para não sentir o cheiro de esgoto que vem delas.

Figura 61: Bocas de lobo concretadas e boca de cobertura com papelão



Fonte: Autora.

4.5.7 Situação da cidade em dias de chuva forte

Em dias de chuva forte, com grandes acumulados em poucas horas o sistema de drenagem no centro da cidade não suporta a carga e as ruas acabam alagando. A lâmina d'água pode chegar até 60 cm de altura em alguns pontos. O nível do Rio Caturetê também se eleva causando estragos nas residências e na infraestrutura urbana, além de causar vários outros transtornos para a população.

Figura 62: Centro da cidade em dias de chuva forte



Figura 63: Centro da cidade em dias de chuva forte



Fonte: Machado (2018).

Figura 64: Bairro Esperança alagado após chuvas fortes.



Fonte: Brito, J. d. (2012).

4.5.8 Análise da legislação

As legislações municipais relacionadas ao uso e ocupação do solo, parcelamento do solo, e saneamento ambiental são as seguintes:

- a) Lei Municipal nº 2825/1997 – Dispõe sobre os Loteamentos e Solos;
- b) Lei Municipal nº 4054/2011 – Altera e acresce dispositivo na Lei Municipal nº 2825/1997 (Lei do Parcelamento do Solo);
- c) Lei Municipal nº 4357/2014 – Altera dispositivos da Lei Municipal nº 2825/1997 (Lei do Parcelamento do Solo);
- d) Lei Municipal nº 3.420/2005 – LDU (Lei das Diretrizes Urbanas);
- e) Lei Municipal nº 4642/2017 – Estabelece a Política Municipal de Saneamento Básico de Sarandi.

4.5.8.1 Lei Municipal nº 4642/2017 – Estabelece a Política Municipal de Saneamento Básico de Sarandi

A Lei nº 4642/2017 – aprovada no dia 08 de novembro de 2017, estabelece a Política Municipal de Saneamento Básico de Sarandi.

Esta Lei visa contribuir para o desenvolvimento e a redução das desigualdades locais, a geração de emprego e de renda e a inclusão social; priorizar planos, programas e projetos que visem à implantação e ampliação dos serviços e ações de saneamento básico nas áreas ocupadas por populações de baixa renda; proporcionar condições adequadas de salubridade sanitária às populações rurais e de pequenos núcleos urbanos isolados; assegurar que a aplicação dos recursos financeiros administrados pelo poder público dê-se segundo critérios de promoção da salubridade sanitária; minimizar os impactos ambientais relacionados à implantação e desenvolvimento das ações, obras e serviços de saneamento básico e assegurar que sejam executadas de acordo com as normas relativas à proteção do meio ambiente, ao uso e ocupação do solo e à saúde, dentre outros objetivos.

A referida lei originou-se após elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico – Eixo das Águas Pluviais, Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos e Plano Municipal de Saneamento Básico – Água Potável e Esgotamento sanitário

Quadro 17: Resumo dos Instrumentos da Lei 4642/2017

LEI	INSTRUMENTO	SITUAÇÃO	PRAZO
Lei Municipal nº 4642/2017 – Estabelece a Política Municipal de Saneamento Básico de Sarandi	Plano Municipal de Saneamento Básico – Eixo das Águas Pluviais	Executado	
	Conferência Municipal de Saneamento Básico	Não executado	Até seis meses após a publicação desta Lei Municipal, depois realizada de dois em dois anos
	Conselho Municipal de Saneamento Básico	Não executado	_____
	Fundo Municipal de Saneamento Básico	Não executado	_____
	Sistema Municipal de Informações em Saneamento Básico	Não executado	180 (cento e oitenta) dias, contados da publicação desta lei

Fonte: Sarandi (2017).

Os artigos 44, 45, 46, 47, 48 e 50 referem-se a obrigatoriedade de instalações de infraestrutura de rede distribuidora de água, rede coletora de esgoto e rede de drenagem pluvial, e estabelecem diretrizes para sua instalação em novos empreendimentos. Os custos destas obras de infraestrutura ficam a cargo do interessado e deverão ser fiscalizadas e atender as exigências do prestador de serviços e demais órgãos competentes.

4.5.8.2 Lei Municipal nº 3.420/2005 – LDU (Lei das Diretrizes Urbanas)

A Lei de Diretrizes Urbanas do município de Sarandi, datada de 06 de setembro de 2005, é um instrumento orientador e normativo dos processos de transformação urbana, estabelecendo normas de organização e ocupação do solo urbano, bem como as diretrizes para o seu crescimento ordenado, padrões construtivos, zoneamento de usos e sistemas viário.

Todas as Leis que regulam o processo de urbanização dos municípios devem seguir as diretrizes da Lei Federal nº 10.257 de 10 de julho de 2001, conhecido como Estatuto das Cidades. O Estatuto das Cidades possui vários instrumentos que regulam o processo de expansão urbana.

No estatuto está prevista a ordenação e controle do uso do solo, proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico, regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda, entre outras diretrizes.

Dentre os instrumentos que regulam o processo de expansão urbana é possível destacar o Plano Diretor, que é obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, e tem como função estabelecer índices urbanísticos, delimitação das áreas urbanas, parcelamento do solo, edificação ou utilização compulsórias.

O município de Sarandi possui oficialmente mais de vinte mil habitantes desde 2010, quando ocorreu o último censo demográfico do IBGE. Na ocasião o censo demográfico revelou uma população de 21.285 habitantes. Desde 2010, portanto, a administração pública deveria ter iniciado a elaboração do plano diretor, porém o município ainda não conta com esta lei.

Atualmente o plano diretor da cidade está sendo redigido e as audiências públicas estão sendo realizadas. Estima-se que na metade do ano de 2019 o Plano Diretor seja aprovado. Até que isso ocorra o município utiliza a Lei de Diretrizes Urbanas (LDU) como base para aprovação de novos empreendimentos. O fato mais preocupante observado na LDU é a ausência de índices urbanísticos para novas construções, o que permite que quase 100% do lote seja edificado, respeitando somente os recuos.

A Lei de Diretrizes Urbanas tem ainda algumas falhas de redação, uma vez que não abrange, por exemplo, afastamentos de fundos e lateral para residências térreas, só estabelecendo afastamentos para as sacadas. Desta forma, fica subentendido que não há necessidade de recuos para aberturas no pavimento térreo de novas edificações. O quadro 18 traz um resumo dos índices urbanísticos utilizados em Sarandi até o presente momento.

Quadro 18: Resumo dos índices e recuos para novas edificações em Sarandi.

LEI DAS DIRETRIZES URBANAS - ART. 14	
Taxa de ocupação	Não consta na lei
Índice de aproveitamento	Não consta na lei
II - Afastamento frontal (AF)	a) pavilhões, depósitos, unidades mistas de depósito é de 04 (quatro) metros; c) para residências é de 02 (dois) metros. d) na zona central não será exigido (AF) para nenhuma atividade;
III - Afastamento Lateral e Fundos (ALF)	b) será permitida construção na divisa de residência de até 02 pavimentos, desde que a faixa edificável não ultrapasse 50% da divisa lateral (frente/fundos) d) as sacadas laterais poderão ser balanceadas sobre o AL até o máximo de 1,50m desde que o balanço mantenha um afastamento mínimo de 1,70m da divisa lateral correspondente; e) nas residências até 02 pavimentos as sacadas deverão manter um afastamento mínimo de 1,50m das divisa.

Fonte: Sarandi (2005).

4.5.8.3 Lei Municipal nº 2825/1997 – Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano

A Lei nº 2825/1997 – Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano, sofreu algumas alterações no decorrer dos anos, principalmente no tamanho mínimo para os lotes residenciais. Mesmo com as mudanças a Lei está em conformidade com a Lei Federal nº 6.766/79, que Dispõe Sobre o Solo Urbano, esta Lei estipula que a testada mínima dos lotes seja de no mínimo 5 metros e a área total seja de 125m².

Para o novo plano diretor está sendo estudado o aumento da testada mínima dos lotes, o que consequentemente aumenta seu tamanho e traz benefícios em termos de permeabilidade do solo. No quadro 19 é possível observar a variação das metragens dos terrenos residenciais ao longo dos anos.

Quadro 19:Resumo das metragens estipuladas pela Lei 2825/1997 e suas alterações

LOTES URBANOS RESIDENCIAIS				
	1997	2014	2014 regularização de situação consolidada	Estudos para plano diretor 2019
Testada mínima	12m	6m	5m	8m
Área mínima	300m ²	130m ²	125m ²	160m ²
Relação máxima entre testada e profundidade	1:4	1:4	1:4	1:4

Fonte: Sarandi (1997); Sarandi (2011); Sarandi (2014).

Com análise da legislação em vigor no município foi possível observar que existe uma demanda de atualização destas legislações. A falta de índices urbanísticos pode ter contribuído para o agravamento dos alagamentos que ocorrem no centro da cidade, visto que, os terrenos podem ser totalmente impermeabilizados, dificultando a drenagem da água da chuva.

Outro ponto de destaque é a sobre a Legislação de Saneamento Ambiental. Foi observado que os instrumentos presentes na Lei não estão sendo utilizados. Estes instrumentos poderiam trazer melhorias para a situação das enxurradas e dos alagamentos, como é o caso da Conferência Municipal de Saneamento Básico, que poderia discutir com a população ações de melhoria e conscientização da importância do saneamento básico no município.

4.6 Análise multicritério para escolha das melhores práticas

A escolha das melhores práticas ocorreu por meio de análise multicritério, para isso, o questionário do Apêndice C, foi aplicado a profissionais que possuem conhecimento técnico sobre planejamento urbano e infraestrutura urbana. A preferência foi por Arquitetos e Urbanistas e Engenheiros Civis, que atuam como profissionais liberais ou como professores do ensino superior, sendo ou não residentes de Sarandi.

O questionário também foi aplicado a profissionais que trabalham diretamente com o acompanhamento das enxurradas e alagamentos na cidade de Sarandi e que não são Arquitetos e Urbanistas ou Engenheiros Civis.

4.6.1 Perfil dos decisores

A abordagem inicial ocorreu pessoalmente com grande parte dos decisores. Assim foi apresentada a temática da pesquisa a fim de verificar a disponibilidade de colaboração dos

profissionais. Aos que concordaram em participar foi aplicado o questionário impresso, com acompanhamento da facilitadora, com objetivo de esclarecer possíveis dúvidas.

Aos professores de ensino superior e a alguns profissionais do município que não foram encontrados em seus locais de trabalho, o contato foi feito por meio digital, sendo que o link do questionário online foi disponibilizado para a participação.

Ao total 30 profissionais foram convidados a participar da pesquisa. Deste total, 8 profissionais não responderam ao questionário online.

Dos 22 decisores participantes, 13 são do sexo masculino e 9 são do sexo feminino, com média de idade de 36,09 anos. A formação profissional varia entre 5 profissões diferentes, sendo, 11 Arquitetos e Urbanistas, 8 Engenheiros Civis, e os profissionais que acompanham as enxurradas e alagamentos no município que são, 1 Topógrafo, 1 profissional formado em Letras (chefe da Defesa Civil) e um Engenheiro Ambiental.

Os decisores dividem-se também em 11 moradores de Sarandi e 11 profissionais que não residem no município. O quadro 20 demonstra o perfil dos decisores.

Quadro 20: Perfil dos decisores entrevistados

Nº	PERFIL DOS RESPONDENTES				
	SEXO	IDADE	PROFISSÃO	FUNÇÃO ATUAL	TEMPO DE TRABALHO
1	F	27	Arquiteta e Urbanista	Professora do Ensino Superior	1 a 3 anos
2	M	26	Engenheiro Civil	Engenheiro Civil	5 a 7 anos
3	M	64	Arquiteto e Urbanista	Arquiteto e Urbanista	mais de 10 anos
4	M	40	Engenheiro Civil	Engenheiro Civil	mais de 10 anos
5	M	25	Engenheiro Ambiental	Fiscal Ambiental	0 a 1 ano
6	M	61	Tecnólogo da construção civil, estradas e topografia	Topógrafo	mais de 10 anos
7	F	35	Arquiteta e Urbanista	Arquiteta e Urbanista	mais de 10 anos
8	M	34	Letras/Espanhol	Chefe da Defesa Civil	1 a 3 anos
9	M	54	Engenheiro Civil	Engenheiro Civil	mais de 10 anos
10	M	26	Engenheiro Civil	Engenheiro Civil	3 a 5 anos
11	F	31	Arquiteta e Urbanista	Arquiteta e Urbanista	7 a 10 anos
12	F	29	Arquiteta e Urbanista	Professora do Ensino Superior	1 a 3 anos
13	F	31	Arquiteta e Urbanista	Arquiteta e Urbanista	0 a 1 ano
14	M	24	Engenheiro Civil	Engenheiro Civil	1 a 3 anos
15	M	53	Arquiteto e Urbanista	Professor do ensino superior	mais de 10 anos

Continua

continuação

16	F	34	Arquiteta e Urbanista	Professora do Ensino Superior	3 a 5 anos
17	F	27	Arquiteta e Urbanista	Arquiteta e Urbanista	3 a 5 anos
18	M	31	Engenheiro Civil	Engenheiro Civil	5 a 7 anos
19	M	46	Engenheiro Civil	Professor do Ensino Superior	mais de 10 anos
20	F	29	Arquiteta e Urbanista	Arquiteta e Urbanista	5 a 7 anos
21	M	28	Engenheiro Civil	Professor do Ensino Superior	0 a 1 ano
22	F	39	Arquiteta e Urbanista	Professora do Ensino Superior	7 a 10 anos

Fonte: Elaborado pela Autora.

4.6.2 Análise da Razão de consistência

Ao final da aplicação dos questionários, todos os julgamentos foram inseridos individualmente no software *Excel* para verificação da razão de consistência.

Nesta análise foi obtida a Razão de Consistência (CR) do julgamento dos critérios e do julgamento das práticas de acordo com cada critério. A razão de consistência global de cada decisor foi obtida através da média da razão consistência de todos os julgamentos. O quadro 21, apresenta as razões de consistência dos julgamentos dos decisores.

Quadro 21: Razão de consistência dos julgamentos de todos decisores

	RAZÃO DE CONSISTÊNCIA				RAZÃO DE CONSISTÊNCIA GLOBAL
	AVALIAÇÃO CRITÉRIOS	AVALIAÇÃO DAS PRÁTICAS CONFORME CRITÉRIOS:			
		CRITÉRIO CUSTO DE IMPLANTAÇÃO	CRITÉRIO REDUÇÃO DO IMPACTO DAS ENXURRADAS	CRITÉRIO FACILIDADE DE IMPLANTAÇÃO	
1	0,00	0,35	0,35	0,35	0,26
2	0,03	0,00	0,04	0,15	0,05
3	0,28	0,08	0,17	0,18	0,18
4	0,00	0,14	0,54	0,02	0,17
5	0,00	0,54	0,20	0,59	0,33
6	0,28	0,53	0,41	0,36	0,40
7	0,01	0,49	1,01	0,15	0,41
8	0,38	0,21	0,38	0,23	0,30
9	0,34	0,14	0,01	0,08	0,14
10	0,48	0,10	0,07	0,16	0,20

continua

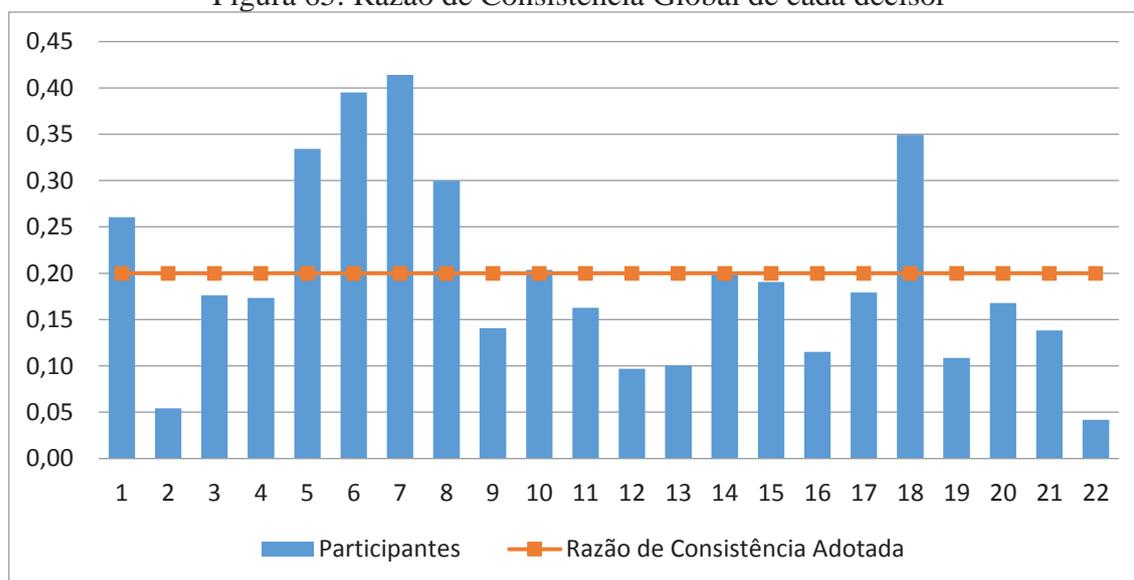
continuação

11	0,00	0,26	0,26	0,12	0,16
12	0,00	0,06	0,14	0,18	0,10
13	0,25	0,06	0,00	0,09	0,10
14	0,03	0,16	0,48	0,13	0,20
15	0,12	0,14	0,16	0,34	0,19
16	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12
17	0,52	0,00	0,19	0,00	0,18
18	0,25	0,04	0,47	0,63	0,35
19	0,03	0,20	0,13	0,07	0,11
20	0,12	0,16	0,23	0,17	0,17
21	0,01	0,16	0,15	0,24	0,14
22	0,00	0,17	0,00	0,00	0,04

Fonte: Elaborado pela Autora.

Observa-se que houve julgamentos inconsistentes, ficando acima da margem da Razão de Consistência (CR) de 0,20, adotada pela pesquisa. Estes julgamentos foram desconsiderados para análise do resultado final.

Figura 65: Razão de Consistência Global de cada decisor



Fonte: Elaborado pela Autora.

Dos 22 decisores que responderam ao questionário, seis não apresentaram respostas consistentes, ficando com razão de consistência acima da margem de CR=0,20, sendo desconsiderados para análise do resultado final.

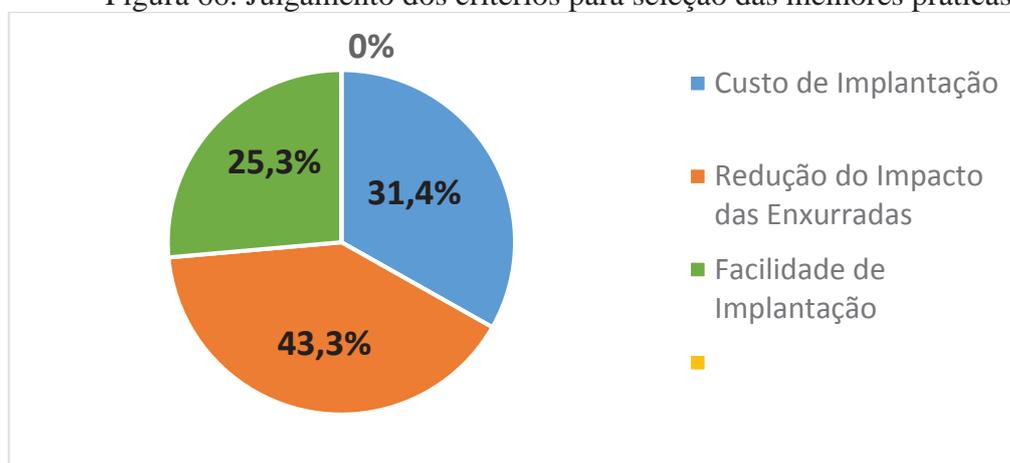
4.6.3 Melhores práticas selecionadas pelos decisores

A análise dos resultados obtidos com base nos julgamentos dos decisores está dividida na análise inicial da preferência/importância dos critérios e em seguida na avaliação de cada prática levando em consideração cada critério individualmente. Por fim, para decisão da melhor prática para o município de Sarandi, foram reunidos todos os julgamentos levando em consideração os pesos atribuídos para cada critério.

A primeira avaliação elegeu o critério com maior preferência entre os decisores. Os critérios avaliados nesta etapa foram: a) custo de implantação; b) redução do impacto das enxurradas; c) facilidade de implantação. O gráfico da figura 65 ilustra as preferências dos decisores para os critérios de escolha das melhores práticas.

O critério considerado mais relevante para seleção das práticas foi a Redução do Impacto das Enxurradas, tendo obtido 43,3% da preferência dos entrevistados. Na segunda colocação aparece o Custo de Implantação. Por outro lado, o critério com menor preferência foi a Facilidade de Implantação. Esta avaliação estabelece o peso que cada critério terá na decisão final.

Figura 66: Julgamento dos critérios para seleção das melhores práticas



Fonte: Elaborado pela Autora.

Após a julgamento da importância dos critérios, ocorreu a avaliação das práticas, sendo nestas avaliações considerado cada critério separadamente.

As práticas avaliadas foram demonstradas aos decisores conforme a figura 66, há um destaque maior para os exemplos pois foi percebido que há uma associação melhor da prática quando algum exemplo é citado.

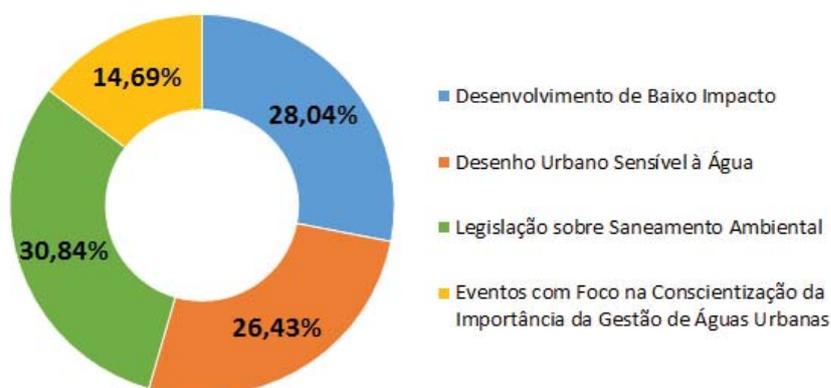
Figura 67: Melhores práticas avaliadas pelos decisores



Fonte: Elaborado pela Autora.

Para o critério custo de implantação os decisores apontaram suas preferências conforme expõe a figura 67.

Figura 68: Julgamentos das melhores práticas considerando o critério custo de implantação



Fonte: Elaborado pela Autora.

Quando avaliado apenas o custo de implantação, os julgamentos revelaram a preferência pela prática: Legislação sobre saneamento ambiental.

Atualmente, o município de Sarandi possui a Lei Municipal nº 4642/2017, que Estabelece a Política Municipal de Saneamento Básico. Tal lei faz menção à correta disposição do lixo, ao manejo das águas pluviais, abastecimento de água potável e esgotamento sanitário adequado. No entanto, a norma disciplinada não tem efetividade, uma vez que o município não implementou todos os instrumentos nela referidos.

Para o critério Redução do Impacto das Enxurradas, a avaliação dos decisores demonstrou uma preferência elevada pela prática Desenho Urbano Sensível à Água, conforme demonstra o gráfico da imagem 68.

Este tipo de prática é considerado uma medida estruturante de acordo com a classificação proposta pelo Banco Mundial (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012), diferentemente da prática Legislação sobre Saneamento Ambiental, considerada uma medida não estruturante, selecionada quando avaliado o critério custo de implantação.

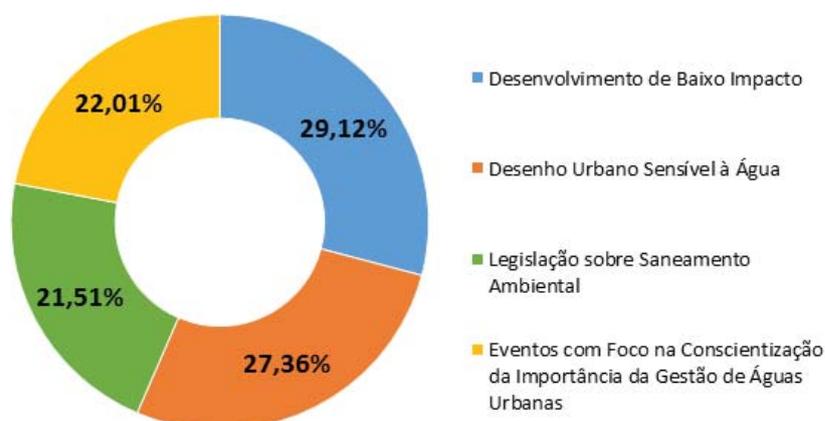
Figura 69: Julgamentos das práticas de acordo com o critério Redução do Impacto das Enxurradas



Fonte: Elaborado pela Autora.

Por fim, os decisores avaliaram as práticas considerando o critério Facilidade de Implantação. Neste julgamento os profissionais consideraram que a prática Desenvolvimento de Baixo Impacto é a que possui maior facilidade de implantação dentre as quatro melhores práticas avaliadas.

Figura 70: Julgamentos das práticas de acordo com o critério Facilidade de Implantação.

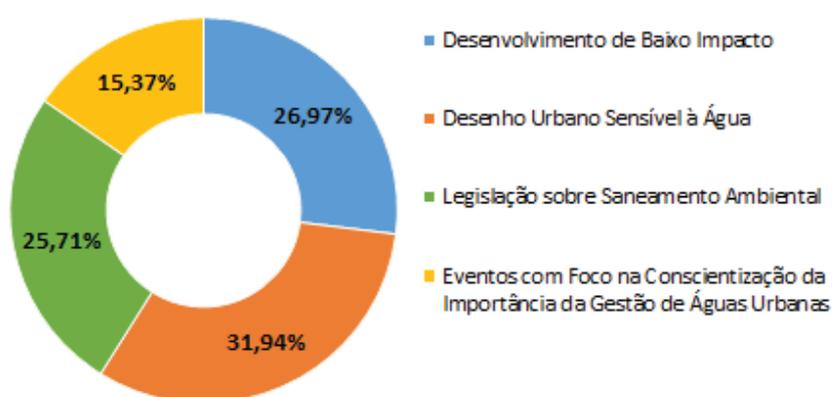


Fonte: Elaborado pela Autora.

Quando os julgamentos de todos os participantes são unidos, considerando os diferentes pesos de cada critério para a obtenção da melhor prática, o cenário é o seguinte: a prática com maior preferência dos decisores foi o Desenho Urbano Sensível à Água, seguida pelo Desenvolvimento de Baixo Impacto, que ficou na segunda colocação.

A terceira prática com maior preferência foi a Legislação Sobre Saneamento Ambiental, e como nos resultados anteriores a prática Eventos com Foco na Conscientização da Importância da Gestão de Águas Urbanas ficou na última colocação, sendo considerada a prática com menor potencial para mudança da situação atual do município.

Figura 71: Julgamentos das práticas considerando todos os critérios



Fonte: Elaborado pela Autora.

Diante disso, como proposta para melhoria da drenagem urbana do município de Sarandi, os decisores optaram pela prática Desenho Urbano Sensível à Água. Esta prática, além de colaborar na redução dos eventos hidrológicos, possui medidas que visam reaproveitar a água da chuva para diferentes finalidades.

As tecnologias verdes utilizadas por esta prática são muito semelhantes com as utilizadas pelo Desenvolvimento de Baixo Impacto, sendo que a diferença consiste no objetivo final de cada prática.

Integra o Desenho Urbano Sensível à Água, a instalação de cisternas, tanques de captação de água da chuva, telhados verdes, jardins de chuva, parques alagáveis e outras. Porém, no caso desta prática o objetivo é além da redução dos eventos hidrológicos, a reutilização de toda água captada, e quando esta não pode ser reutilizada então ela serve para recarga do lençol freático, devendo passar por processo de filtragem natural, outra medida difundida pelo Desenho Urbano Sensível à Água.

A utilização desta prática não exclui a necessidade de utilização dos sistemas convencionais de drenagem, ela serve como infraestrutura auxiliar, buscando reduzir a sobrecarga do sistema, assim como as demais práticas avaliadas pelos decisores nesta pesquisa.

4.6.4 Análise de sensibilidade

A realização da análise de sensibilidade tem como finalidade avaliar a variação dos resultados obtidos pelo método multicritério frente a variações em alguns parâmetros específicos (pesos). O objetivo é verificar se os resultados obtidos se mantêm ou a partir de que valores os resultados se alteram.

No caso desta pesquisa foi utilizada a inversão das preferências dos decisores, a fim de verificar se a prática selecionada permanece inalterada em diferentes cenários.

A proposta foi a criação de dois cenários de análise de sensibilidade com inversão dos valores atribuídos a cada critério. A tabela 8 apresenta os cenários propostos para a análise de sensibilidade.

Tabela 8: Diferentes cenários para análise de sensibilidade

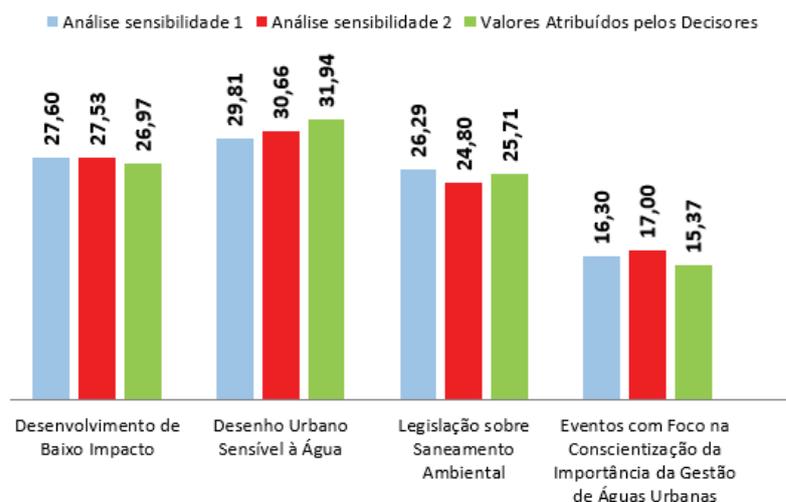
Critérios	Valores atribuídos pelos decisores	Análise de sensibilidade 1	Análise de sensibilidade 2
Custo de implantação	0,314	0,433	0,253
Redução do impacto das enxurradas	0,433	0,253	0,314
Facilidade de implantação	0,253	0,314	0,433

Fonte: Elaborado pela Autora.

Com a análise de sensibilidade realizada é possível observar que não há alteração da preferência pela prática Desenho Urbano Sensível à Água, permanecendo como principal escolha nos dois cenários avaliados.

A maior alteração que pode ser percebida é no cenário Análise de Sensibilidade 1, onde ocorre uma aproximação entre as práticas Desenho Urbano Sensível à Água e o Desenvolvimento de Baixo Impacto. Na figura 71, ficam expressos os valores encontrados para os diferentes cenários da análise de sensibilidade.

Figura 72: Resultado da análise de sensibilidade em dois cenários diferentes



Fonte: Elaborado pela Autora

4.7 Gestão integrada das águas urbanas de Sarandi

A gestão das águas urbanas é defendida por autores como devendo ser executada de forma integrada entre a bacia hidrográfica e os sistemas de infraestrutura urbana que a compõem, de forma com que seja evitada a transferência de impactos negativos entre as cidades integrantes da bacia hidrográfica. Estes sistemas compreendem o controle dos efluentes lançados pelos municípios, o manejo dos resíduos sólidos, abastecimento de água potável, drenagem urbana, diretrizes de uso e ocupação do solo entre outros.

No caso do município de Sarandi existem dois fatores que se opõem a gestão integrada dos sistemas, o primeiro se deve ao fato de que Sarandi pertence a bacia hidrográfica do Rio da Várzea, uma das poucas bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul a não possuir um plano de recursos hídricos.

Outro agravante é a inexistência do plano diretor municipal, que se encontra em estágio de elaboração. Neste caso, não há como ocorrer uma gestão integrada dos recursos hídricos municipais com as observações presentes no plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica. Este fato, sugere que o município torne-se um agente de cobrança para a efetiva da criação do plano de recursos hídricos da bacia, visto que o gerenciamento em escala regional só pode ser realizado através das diretrizes de um plano que envolva a bacia hidrográfica como um todo, elencando diretrizes para evitar a transferência de impactos entre as cidades, criando instrumentos de preservação da água potável e redução dos eventos hidrológicos.

Por outro lado, o plano diretor em elaboração ainda permite ao município uma visão integrada de seus próprios sistemas de infraestrutura, julgando se a integração realmente

ocorrerá da forma com que está sendo proposta ou se mais diretrizes e instrumentos devem ser criados a fim de uma integração total do sistema. Mesmo assim, após a criação do plano de recursos hídricos do Rio da Várzea, há a necessidade da revisão do plano diretor municipal, para que este não ande na contramão das propostas elaboradas pelo plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica.

Para o município de Sarandi, uma boa alternativa está na criação de um Plano Diretor de Drenagem Urbana, este instrumento pode colaborar na execução correta de ações para a melhoria da drenagem urbana municipal que atualmente já se encontra defasada, conforme exposto por esta pesquisa. A criação deste plano não exclui a elaboração do Plano Diretor Municipal, sendo um instrumento complementar para a regulação da procedimentos que envolvam o gerenciamento das águas urbanas.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana pode combinar diretrizes de implementação de medidas sustentáveis de drenagem, como é o caso do Desenho Urbano Sensível à Água, com medidas não estruturais, como a previsão de medidas descentralizadas e participativas, com elementos de incentivo ao usuário através da redução de tributação, estimulando a adoção de medidas estruturais na escala de lote residencial.

Também pode fazer parte das medidas propostas pelo plano de drenagem, o incentivo ao uso racional da água e o reuso controlado da mesma; incentivo econômico progressivo ao usuário com maior grau de armazenamento local de volumes de água da chuva; busca de mecanismo de diálogo com a população trazendo capacitações a fim de prover conhecimento para utilização de sistemas descentralizados de gerenciamento das águas urbanas, e criação de fundo público destinado a implantação de medidas estruturais para a melhoria da drenagem urbana municipal.

A adoção de medidas estruturais e não estruturais para a gestão integrada das águas urbanas pode resultar em avanços que venham fomentar uma melhoria da atual situação municipal, tanto nas questões que envolvem os eventos hidrológicos recorrentes em Sarandi, quanto na quantidade e qualidade das águas disponíveis para o uso e captação no meio urbano e na obtenção de níveis crescentes de salubridade ambiental.

4.7.1 Implementação do Desenho Urbano Sensível à Água em Sarandi - RS

A partir do diagnóstico fornecido pelo Estudo de Caso, foram sugeridos locais de implantação dos métodos previstos pelo Desenho Urbano Sensível à Água, considerada a prática que trará maior retorno na redução dos eventos hidrológicos recorrentes em Sarandi.

A implantação das ações propostas foi organizada dentro de um horizonte de planejamento de 15 anos.

Durante o desenvolvimento desta proposta também se observou a necessidade da introdução de medidas não estruturais conforme indicam as referências bibliográficas anteriormente consultadas. As medidas não estruturais ajudam a promover a consciência ambiental da população, que assim contribui para manutenção dos sistemas de infraestrutura e preservação do meio ambiente. Além disso, as medidas não estruturais englobam as legislações, fundamentais para o ordenamento do espaço urbano.

Medida Estrutural: Jardins de chuva ao longo da Avenida Sete de Setembro e Expedicionário

Período: 2 a 5 anos

Detalhamento: O principal objetivo dessa medida é reduzir o impacto do desenvolvimento urbano, restaurando o ciclo natural da água e promovendo o gerenciamento do escoamento de águas pluviais na fonte, por meio de infiltração e evapotranspiração.

Os jardins de chuva são soluções verdes capazes de interceptar e gerenciar o escoamento de águas pluviais, combinando a qualidade estética com ganhos funcionais que contribuem para o desenvolvimento de uma paisagem mais sustentável (DUNNETT; CLAYDEN, 2007). O substrato do leito filtrante dos jardins de chuva colabora na remediação de nutrientes e poluentes de águas pluviais (MEHRING et al., 2016). Os jardins de chuva podem ainda diminuir a dependência de sistemas de drenagem convencionais, reduzindo consideravelmente os custos de escavação e tubulações (ISHIMATSU et al., 2017).

As plantas são um elemento essencial e funcional de um jardim de chuva. O ciclo da água se beneficia das plantas através do processo de transpiração, e mantém a longo prazo, uma estrutura favorável do solo, essencial para a infiltração de água (HUMMEL et al., 2015; HUNT et al., 2015). As plantas também removem poluentes à base de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) e até certo ponto poluentes considerados não biodegradáveis como, metais pesados, do escoamento de águas pluviais (TAKAIJUDIN et al., 2016). E por fim, as plantas aumentam o valor estético da paisagem urbana.

Medida Estrutural: Praça alagável com tanques de captação da água da chuva

Período: 2 a 5 anos

Detalhamento: Esta ação, também tem como objetivo integrar o planejamento urbano com a conservação do ciclo urbano da água, diminuir o risco e a severidade dos alagamentos e

reutilizar a água da chuva. A praça alagável possui um funcionamento muito semelhante aos Jardins de Chuva, há a criação de um espaço com desnível inferior a cota da rua para que a água possa ficar armazenada em caso de precipitações severas. Este espaço deverá ser forrado com filtro absorvente de nutrientes e vegetado com espécies nativas tolerantes à água, para que ocorra a remoção dos poluentes antes da infiltração até o lençol freático. No mesmo espaço deverá ser construído um tanque para o armazenamento de parte da água depositada no local, possibilitando sua utilização na irrigação dos canteiros centrais e higienização de mobiliário urbano.

Medida Estrutural: Realocação das famílias ribeirinhas

Período: 5 a 10 anos

Detalhamento: Esta medida consiste em buscar recursos federais e estaduais para a realocação das famílias que vivem nas margens do Rio Caturetê e da Sanga Gusmante em outros bairros da cidade. Após a realocação das famílias, as residências deverão ser removidas e os materiais destas, devem ser reutilizados e reciclados. Também é necessário que ocorra uma ação de limpeza nas margens do Rio e da Sanga para uma posterior recuperação da mata ciliar.

Medida Estrutural: Recuperação da mata ciliar nas margens do Rio Caturetê e Sanga Gusmante

Período: 10 a 15 anos

Detalhamento: Após a realocação das famílias e a remoção das residências, deve ser executada a limpeza das margens do Rio e da Sanga. Posteriormente devem ser identificadas as espécies nativas do local para que se faça recuperação da mata ciliar.

Medida não estrutural: Palestras sobre prejuízos do lançamento de lixo e esgoto sem tratamento diretamente no Rio

Período: 2 a 5 anos

Detalhamento: Esta medida não estrutural visa conscientizar a população dos prejuízos causados pelo esgoto e pelo lixo nos Rios. As palestras têm por objetivo também informar e alertar a população sobre as doenças que este tipo de atitude pode causar em curto e longo prazo, incentivando a correção dessas ações.

Medida não estrutural: Legislação para implantação de cisternas em novas edificações

Período: 2 a 5 anos

Detalhamento: Esta legislação deverá exigir a implantação de cisternas para reutilização da água da chuva nas novas residências que estão em processo de aprovação pra obtenção da licença de construção. O objetivo é que as residências façam a coleta a reutilização de parte da água da chuva a fim de preservar este recurso natural e evitar uma futura sobrecarga no sistema de drenagem urbana.

Medida não estrutural: Limpeza e manutenção dos jardins de chuva e praça alagável

Período: após a instalação da infraestrutura verde.

Detalhamento: Esta medida pretende promover a limpeza e manutenção dos jardins de chuva e da praça alagável uma vez por mês. A manutenção consiste em ações como o monitoramento e reposição das plantas destes espaços se necessário, coleta de resíduos acumulados, pintura, eliminação de vetores transmissores de doenças, etc.

Medida não estrutural: Legislação para implantação de telhados verdes ao longo das Avenidas Sete de Setembro, Expedicionário, e Ruas próximas.

Período: indeterminado

Detalhamento: Esta Legislação tem como objetivo reduzir a quantidade de água que chega até o sistema de drenagem convencional principalmente das Avenidas Sete de Setembro e Expedicionário onde atualmente já existe a concentração de água da chuva em eventos de grande volume. A Legislação deverá prever a mudança da cobertura dos prédios comerciais com grande área, para cobertura de telhado verde. A prefeitura como contrapartida poderia oferecer abatimento ou isenção de IPTU para as edificações que realizarem a obra por um período de tempo, para que haja recuperação do investimento ou pelo menos parte dele. Como benefício, a prefeitura gastaria menos em infraestrutura de drenagem e reconstrução de infraestrutura danificada pelos eventos hidrológicos. Para isso, é necessário que ocorra um estudo prévio identificando se a legislação traria realmente resultados positivos consideráveis, além de verificar se haveria a aprovação por parte da população e do poder legislativo.

decisões presentes e futuras. A partir desta classificação é possível identificar qual colaboração pode ser obtida pela implantação de cada prática.

As medidas estruturais representam obras de infraestrutura que podem ser implantadas visando à reparação e/ou preservação dos problemas decorrentes desses eventos. Lado outro, as medidas não estruturais são aquelas que visam a redução dos impactos e consequências das enxurradas, inundações e alagamentos, sem que hajam obras, e sim pela introdução de normas, regulamentos e programas, com objetivo de regular o uso e ocupação do solo; sistemas de alerta; conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem; dentre outras ações.

Esta pesquisa demonstra a importância de conhecer a região ou cidade de implementação de qualquer prática, isto deve ocorrer a partir de um estudo aprofundado do local, observando suas particularidades, possibilitando traçar um perfil geral da área, elencando as principais dificuldades encontradas, a fim de nortear a seleção da prática ou das práticas que melhor se adaptarão para tal situação.

O estudo de caso, conforme elaborado nesta pesquisa, apresenta-se como uma alternativa eficiente de investigação para que se obtenha um diagnóstico da área de estudo, evidenciando as particularidade, fragilidades e pontos positivos da área estudada.

A seleção da melhor prática para a cidade onde o estudo de caso foi realizado foi julgada através da utilização da metodologia de análise multicritério, onde os decisores foram profissionais com conhecimento em planejamento e infraestrutura urbana. A análise multicritério mostrou-se essencial neste processo. Desta forma este estudo propõem os passos básicos que devem ser seguidos para a replicação nos demais municípios da Região Funcional de Planejamento Nove.

Como identificado nesta pesquisa, das 130 cidades inicialmente estudadas, 39 possuem alta recorrência de enxurradas e muitas outras foram classificadas como tendo média recorrência de enxurradas. Sendo assim, tinha-se como pressuposto que as ações identificadas pela pesquisa poderiam beneficiar não só a cidade do estudo de caso, mas também os demais municípios da Região Funcional de Planejamento Nove, o que de certa forma se consolida, considerando obviamente as particularidades de cada município.

A região é composta em grande parte por municípios de pequeno e médio porte, o que facilita a introdução de tecnologias verdes em um município e sua posterior replicação para os demais, através da troca de experiências.

A partir desta pesquisa já é possível identificar a importância da aplicação de uma metodologia para tomada de decisão. A contribuição de profissionais especializados no tema

em discussão e que conhecem a realidade do município onde se pretende implementar qualquer prática.

Nas análises multicritérios os participantes julgam as opções elencadas na pesquisa, de acordo com seu conhecimento técnico e experiências pessoais. Outra vantagem observada neste processo é a consistência dos julgamentos desses profissionais, quando há um conhecimento das técnicas apresentadas, o profissional inclui em suas respostas o julgamento prévio, vindo de seu conhecimento sobre o tema e não se baseia apenas no resumo das práticas que é apresentado pelo questionário.

Através dos estudos realizados para esta pesquisa, observou-se que vários autores salientam a importância da integração de práticas estruturais e não estruturais, pois estas se complementam e possuem maior efetividade quando trabalhadas em conjunto.

As medidas não estruturais tem papel importante para a manutenção das obras de infraestrutura, pois dispõem critérios de gerais de projeto, operação e manutenção das medidas estruturais. A regulação do uso e ocupação do solo e as políticas de saneamento ambiental, influenciam de forma positiva no ambiente urbano, trazendo benefícios na manutenção da permeabilidade do solo e na disposição correta dos resíduos gerados nas cidades.

Os sistemas propostos pelo desenho urbano sensível à água trabalham de forma diferente dos modelos convencionais de drenagem, por isso, o conhecimento e capacitação da população para conviver com essa infraestrutura é necessária, visando a preservação e consolidação de tais estratégias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cidades pequenas e médias não são resilientes em seus sistemas de drenagem, e quando atingidas por eventos hidrológicos demoram anos para reconstruir a infraestrutura antes existente. Em alguns casos a reconstrução dessa infraestrutura ocorre da mesma forma que existia anteriormente, trazendo para o ambiente urbano uma estrutura novamente vulnerável aos eventos ocorridos e que poderá gerar os mesmos transtornos futuramente. Deste modo, faz-se necessário pensar em novas alternativas que auxiliem os sistemas convencionais de drenagem, contribuindo para a redução dos impactos negativos causados pelas enxurradas, alagamentos e inundações.

Sendo assim, este trabalho se propôs a identificar alternativas para adaptação das cidades às mudanças climáticas com foco na gestão sustentável de águas pluviais. Este objetivo foi alcançado à medida que se identificou, através de experiências nacionais e internacionais, alternativas que podem auxiliar a redução da ocorrência de eventos hidrológicos.

A escolha do tema se deu em função do grande volume de eventos hidrológicos observados na RF-9, e a preocupação com o agravamento da situação dos municípios em vista das mudanças climáticas. Além disso, a pesquisa voltada para pequenas e médias cidades representa uma lacuna no atual cenário acadêmico, sendo mais um motivo a contribuição para o aumento de estudos com foco nestes municípios.

Para atender o primeiro objetivo específico proposto por esta pesquisa, identificar e caracterizar os municípios mais afetados por eventos hidrológicos na Região Funcional de Planejamento Nove, foi realizado o levantamento do número de eventos hidrológicos registrado entre os anos de 1991 e 2017, para posterior classificação conforme a recorrência de enxurradas. Esta classificação permitiu a identificação dos municípios com alta recorrência de enxurradas, a análise dos dados obtidos demonstrou que 30% dos municípios da RF-9, possuem alta recorrência de enxurradas, este número pode ser considerado significativo e merece atenção, já que este tipo evento provoca em geral prejuízos econômicos, sociais e ambientais.

Como limitação nesta etapa, destaca-se a obtenção de dados secundários, os dados disponíveis para os eventos hidrológicos estudados não possuem informações como o levantamento dos prejuízos, número de desabrigados, infraestrutura danificada, o que limita a obtenção de uma avaliação da intensidade dos eventos ocorridos, e não permite que seja realizada uma análise mais aprofundada da real situação da RF-9.

A caracterização dos municípios ocorreu através de indicadores socioeconômicos, de planejamento e governança urbana e ambientais, que permitiram traçar um perfil geral dos

municípios mais afetados pelas enxurradas. A conclusão foi que a maioria dos municípios, 72%, têm menos de dez mil habitantes, com população predominantemente rural, reiterando o foco nos pequenos e médios municípios. Nesta etapa observou-se a dificuldade de obtenção de alguns dados, pois estes não foram informados pelas prefeituras, como é o caso do plano de manejo de águas pluviais, onde em 38% dos municípios não haviam dados disponíveis.

O objetivo de identificar melhores práticas nacionais e internacionais de gestão sustentável das águas pluviais resultou na seleção de quatro melhores práticas: Desenvolvimento de Baixo Impacto, Desenho Urbano Sensível à Água, Legislação sobre Saneamento Ambiental e Eventos com Foco na Conscientização da Importância da Gestão das Águas Urbanas. A classificação das práticas ocorreu através da metodologia proposta pelo Banco Mundial onde as práticas foram divididas em dois grupos. Para cada melhor prática foram selecionados estudos de caso que auxiliaram na compreensão e na sua descrição.

Quanto ao objetivo, propor ações para município pertencente à Região Funcional de Planejamento Nove que apresente maior incidência de alagamentos, inundações ou enxurradas, foi necessária a identificação do município que apresenta maior recorrência de eventos hidrológicos. Isto ocorreu através da identificação dos municípios com maior recorrência de enxurradas e pelos indicadores socioeconômicos, de planejamento e governança e ambientais, que revelaram qual município possui mais dificuldades a serem superadas. Sarandi foi o município que apresentou um compilado de informações preocupantes, sendo escolhido para realização do estudo de caso.

Este diagnóstico foi fundamental para identificação dos bairros do município que apresentam maior carência de intervenção, e qual a origem do problema. No levantamento “in loco”, observou-se problemas de drenagem advindos de várias causas, como, impermeabilização do solo, ocupação de áreas de preservação, danificação da infraestrutura de drenagem, falta de manutenção e falta de diretrizes urbanas mais bem elaboradas e rigorosas.

Com os problemas elencados iniciou-se a fase de julgamento das práticas que melhor se adaptam ao município, para isso foi utilizada a metodologia de análise multicritério, onde os decisores foram profissionais com conhecimento em planejamento e infraestrutura urbana. Os profissionais decidiram entre as quatro melhores práticas indicadas pela pesquisa. Destas quatro práticas, a que obteve maior preferência foi a prática Desenho Urbano Sensível à Água.

A prática selecionada trata-se de uma medida estruturante, que prevê obras de infraestrutura, entretanto as medidas propostas pela prática não preveem apenas obras de canalização e sim intervenções urbanas como parques alagáveis, e medidas como telhados

verde, uso de cisternas e principalmente o reaproveitamento da água da chuva para diferentes finalidades.

Mesmo com a escolha da melhor prática pelos decisores, a bibliografia consultada leva a conclusão de que como apoio ao Desenho Urbano Sensível à Água ou qualquer outra medida estrutural, deve se pensar na implantação de medidas não estruturais, com objetivo de conservar a infraestrutura verde que será introduzida no município. A previsão de medidas de manutenção traz benefícios econômicos ao município, prolongando a vida útil da infraestrutura.

Nesta etapa da pesquisa a limitação encontrada foi a respeito da compreensão de algumas práticas pelos decisores, após o primeiro questionário foi necessário reavaliar o texto resumo e optou-se por destacar os exemplos de ações que representam cada prática, assim se observou uma facilidade maior de associação dos profissionais com suas experiências profissionais, para posterior julgamento.

O estudo de caso e a análise multicritério contribuíram no alcance do último objetivo do trabalho, que visava definir a aplicabilidade das práticas em nível regional. Nesta etapa, discutiu-se sobre os passos que devem ser seguidos pelos demais municípios da Região Funcional de Planejamento Nove, para replicação da seleção da melhor prática e posterior implantação. Conclui-se que há necessidade de seguir uma metodologia que dê suporte a escolha da prática e que a troca de experiências favorece a identificação de problemas e indica os melhores caminhos a serem seguidos.

A diversificação dos sistemas de drenagem e a busca por modelos mais sustentáveis para implantação nas cidades é uma realidade em diversos países. A consciência ambiental e as mudanças climáticas, cada vez mais no centro dos debates, trazem questionamentos semelhantes ao problema de pesquisa abordado por este estudo. Quais estratégias podem ser implementadas no planejamento urbano de cidades de pequeno e médio porte, para adaptação às mudanças climáticas com foco na gestão sustentável de águas pluviais?

Neste sentido, deve-se ressaltar que este trabalho se limitou a proporcionar o diagnóstico apenas da RF-9 e propor práticas para melhoria dos problemas encontrados. Contudo, deve se destacar a necessidade de incentivos do poder público para que tais práticas possam ser implementadas e os resultados venham a contribuir para uma gestão mais sustentável das águas pluviais, reduzindo a ocorrência de eventos hidrológicos e evitando prejuízos sociais econômicos e ambientais. Além disso, é necessário que os pequenos e médios municípios ajam de forma proativa frente ao provável agravamento dos impactos negativos por consequências das mudanças climáticas, e a utilização de tecnologias verdes serve como um método auxiliar para a drenagem urbana.

Para trabalhos futuros, sugere-se que se proponha uma metodologia alternativa para o registro dos eventos hidrológicos, uma das limitações encontradas pela pesquisa, abrangendo critérios para medição da intensidade do evento e a estimativa dos impactos primários e secundários na esfera econômica, social e ambiental.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). Drenagem Urbana, Informações Técnicas/Econômicas. Distrito Federal, 2015.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. **Atlas de Vulnerabilidade a Inundações**. Brasília: ANA, 2014. p. 20. Disponível em: file:///C:/Users/Hp-pc/Downloads/Atlas_de_Vulnerabilidade_a_Inundaes (1).pdf. Acesso em: 01 maio 2018.
- AHIABLAME, L. M.; ENGEL, B. A.; CHAUBEY, I. Effectiveness of low impact development practices in two urbanized watersheds: Retrofitting with rain barrel/cistern and porous pavement. **Journal of Environmental Management**, [s.l.], v. 119, p.151-161, 2013.
- AHIABLAME, L.; SHAKYA, R. Modeling flood reduction effects of low impact development at a watershed scale. **Journal of Environmental Management**, [s.l.], v. 171, p.81-91, 2016.
- ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio à decisão**. 2. ed. Recife: Editora Universitária UFPE, 2009.
- ANNEZ, P. C.; BUKLEY, R. M. Urbanization and Growth: Setting the Context. *In*: SPENCER, M.; ANNEZ, P. C.; BUKLEY, R. M. **Urbanization and Growth**. Washington: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. 2009. p. 1 – 47.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS: 2013 / Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. – Brasília: CENAD, 2014.
- ATLAS CLIMÁTICO DA REGIÃO SUL DO BRASIL: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul / WREGE, M. S. et. a., editores técnicos. - Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL (ATLAS BRASIL). **O Atlas**. 2013. Disponível em: http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/idhm/. Acesso em: 19 mai. 2018.
- ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL. Rio Grande do Sul. Secretaria de planejamento orçamento e gestão. **Conselhos Regionais de Desenvolvimento – COREDEs**. 2017. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/conselhos-regionais-de-desenvolvimento-coredes>. Acesso em: 03 set. 2017.
- ATKINSON, R. Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, it's time to accept other success criteria. **International Journal of Project Management**, v. 17, n. 6, p. 337-342, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: Moderna, 1993. 15 p. Disponível em: http://acqwasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf. Acesso em: 19 maio 2018.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO 37120:2017:** Desenvolvimento sustentável de comunidades — Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 87 p.
- BAPTISTA, M. B.; BARRAUD, NASCIMENTO, N. O. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH. 2005. p. 266.
- BARCELLOS, C. et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.10. 2009.
- BASSANI, José Henrique. **Tecnologias Alternativas de Drenagem Urbana Aplicável às Cidades de Pequeno Porte**. 2013, 157 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade de Passo, Passo Fundo. 2013.
- BASU, R. Managing quality in projects: An empirical study. **International Journal of Project Management**, [s.l.], v. 32, n. 1, p.178-187, 2014.
- BELTON, V.; STEWART, T.J. **Multiple Criteria Decision Analysis: An integrated approach**. Springer Science & Business Media, 2002. p.372
- BHUSHAN, N.; RAI, K. **Strategic decision making: Applying the analytical hierarchical process**. Berlin: Springer Science & Business Media, 2004, 172p.
- BRASIL. Congresso. Senado. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece As Diretrizes Nacionais Para O Saneamento Básico**. Brasília, Brasil.
- BRASÍLIA. Agência reguladora de águas energia e saneamento básico do Distrito Federal. **Plano diretor de drenagem urbana (PDDU-DF)**. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/drenagem-urbana/manual-drenagem>. Acesso em: 28 maio 2018.
- BRAUN, A. B. **Proposta de método de avaliação da sustentabilidade para a remediação de áreas contaminadas**. 2018. 175 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.
- BRIOZO, R. A.; MUSETTI, M. A. Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h. **Gestão & Produção**, [s.l.], v. 22, n. 4, p.805-819, 2015.
- BRITO, F.; SOUZA, J. Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. **São Paulo em Perspectiva**, [s.l.], v. 19, n. 4, p.48-63, 2005.
- BRITO, J. d. Diário Rs. **Sarandi - vila esperança e bairro progresso também sofreram com o excesso de chuva**. 2012. Disponível em: <http://www.diariors.com.br/site/noticias/641-sarandi-vila-esperan%C3%A7a-e-bairro-progresso-tamb%C3%A9m-sofreram-com-o-excesso-de-chuva.html>. Acesso em: 23 out. 2018.

BOF, Pedro Henrique. **RECUPERAÇÃO DE RIOS URBANOS: O CASO DO ARROIO DILÚVIO**. 2014. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

CURITIBA (Município). Lei nº 10785, de 18 de setembro de 2003. **Cria no município de Curitiba, O Programa de conservação e Uso Racional da Água nas edificações - Purae**. Curitiba, PR.

CAMPOLINA, A. G. et al. Análise de decisão multicritério para alocação de recursos e avaliação de tecnologias em saúde: tão longe e tão perto?. **Cadernos de Saúde Pública**, [s.l.], v. 33, n. 10, p.455-470, 2017.

CAMPOS, V. R. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento**. 2011. 175 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

CANADÁ. AMEC Earth & Environmental. **Low Impact Development Best Management Practices Design Guide**. Edmonton: Edmonton, 2014. 269 p. Disponível em: https://www.edmonton.ca/city_government/documents/PDF/LIDGuide.pdf. Acesso em: 10 jun. 2018.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. p. 384.

CARVALHO, S. N. de. Estatuto da cidade: aspectos políticos e técnicos do plano diretor. **São Paulo em Perspectiva**, [s.l.], v. 15, n. 4, p.130-135, dez. 2001.

CHUI, T. F. M.; LIU, X.; ZHAN, W. Assessing cost-effectiveness of specific LID practice designs in response to large storm events. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 533, p.353-364, 2016.

CIDAD, N. C; MANZANI, P. S. **Metodologia multicritério para a análise de riscos em projetos de P&D: um estudo de caso na Light**. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2015.

COBRADE. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. 2012. Disponível em: http://www.integracao.gov.br/documents/3958478/0/Anexo+V+-+Cobrade_com+simbologia.pdf/d7d8bb0b-07f3-4572-a6ca-738daa95feb0. Acesso em: 02 nov. 2017.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL GRANDE ABC (São Paulo). **Plano de ação de enfrentamento às mudanças climáticas do grande ABC**. 2017. Disponível em: [http://consorcioabc.sp.gov.br/imagens/noticia/Plano de Acao de Enfrentamento as Mudancas Climaticas do Grande ABC.pdf](http://consorcioabc.sp.gov.br/imagens/noticia/Plano%20de%20Acao%20de%20Enfrentamento%20as%20Mudancas%20Climaticas%20do%20Grande%20ABC.pdf). Acesso em: 17 out. 2017.

COOK, S. **Practical Benchmarking: A Manager's Guide to Creating a Competitive Advantage**. London: Kogan Page, 1997. p. 240.

- CORAZZA, J. **Rios urbanos e o processo de urbanização: o caso de Passo Fundo/RS**. 2008. 193 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.
- CORRÊA, R. L. Globalização e reestruturação da rede urbana: uma nota sobre as pequenas cidades. *In*: CORRÊA, R. L. (Org.). **Estudos sobre a rede urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. p. 42-61.
- DESSAI S., VAN DER SLUIJS, J. Uncertainty and climate change adaptation – A scoping study. Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation: Utrecht, The Netherlands. 2007.
- DIAS. G. F. **Educação Ambiental: Princípios e Práticas**. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2004. p. 551.
- DIETZ, M. E. Low Impact Development Practices: A Review of Current Research and Recommendations for Future Directions. **Water, Air, And Soil Pollution**, [s.l.], v. 186, n. 1-4, p.351-363, 2007.
- DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação - Segeth Subsecretaria de Gestão Urbana – Sugest. **Nota técnica 01/2017- COGEST. Estudo de densidade demográfica para a área de abrangência da lei de uso e ocupação do solo no DF – LUOS**. 2017. Disponível em: http://www.segeth.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/10/notatecnica_estudodensidade-1.pdf. Acesso em: 19 maio 2018.
- DONG, X.; GUO, H.; ZENG, S. Enhancing future resilience in urban drainage system: Green versus grey infrastructure. **Water Research**, [s.l.], v. 124, p.280-289, 2017.
- DUNNETT, N., CLAYDEN, A., **Rain Gardens: Managing Water Sustainably in the Garden and Designed Landscape**. Oregon, USA: Timber Press. 2007. p. 188.
- EARP, B. D.; TRAFIMOW, D. Replication, falsification, and the crisis of confidence in social psychology. **Frontiers in Psychology**, [s.l.], v. 6, p.610-621, 2015.
- ECHOA ENGENHARIA. **Plano Municipal De Saneamento Básico – Eixo Águas Pluviais**. 2014. Disponível em: <https://www.sarandi.rs.gov.br/images/2015/06/PMSB.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- ENDLICH, A. M. Papéis e dinâmicas das pequenas cidades e a construção de uma temática de pesquisa. *In*: ENDLICH, A. M.; MENDES, C. M. (Org.). **10 anos do PGE/UEM: Construindo o saber geográfico**. Maringá: Eduem, 2011. p. 13-34.
- ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G. N.; NORONHA, S. M. **Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001. p. 296.
- ESTADOS UNIDOS. Department of public works. **Indianapolis Storm Water Credit Manual**. Indianapolis: Storm Water Credit Application, 2016. 86 p. Disponível em: <[http://www.indy.gov/eGov/City/DPW/StormWaterProgram/Documents/Stormwater Credit Manual 6.28.16.pdf](http://www.indy.gov/eGov/City/DPW/StormWaterProgram/Documents/Stormwater%20Credit%20Manual%206.28.16.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2018.

ESTADOS UNIDOS. LA Stormwater. **Low Impact Development Stormwater Mitigation Plans / SUSMP**. 2011. Disponível em: <http://www.lastormwater.org/green-la/low-impact-development/>. Acesso em: 10 jun. 2018.

ESTADOS UNIDOS. Minnesota Pollution Control Agency. **Citizen's guide to stormwater**. 2018. Disponível em: <https://www.pca.state.mn.us/water/citizens-guide-stormwater>. Acesso em: 10 jun. 2018.

ESTADOS UNIDOS. United States Environmental Protection Agency. **Best Management Practices (BMPs) Siting Tool**. 2014. Disponível em: <https://www.epa.gov/water-research/best-management-practices-bmps-siting-tool>. Acesso em: 11 jun. 2018

ESTRATÉGIA ODS. 2015. Disponível em: <http://www.estrategiaods.org.br/>. Acesso em: 11 out. 2017.

FLANAGAN, K. et al. Evaluation of the relative roles of a vegetative filter strip and a biofiltration swale in a treatment train for road runoff. **Water Science and Technology**, [s.l.], v. 75, n. 4, p.987-997, 2016.

FLETCHER, T. D. et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, [s.l.], v. 12, n. 7, p.525-542, 2014.

FOLKE, Carl. Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. **Global Environmental Change**, [s.l.], v. 16, n. 3, p.253-267, 2006.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n. 1, p.127-132. 1997.

FORUM CLIMA (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. **Observatório de Políticas Públicas de Mudanças Climáticas**. 2017. Disponível em: <http://adaptaclima.mma.gov.br/conteudos/95>. Acesso em: 26 nov. 2017.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA - FEE. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. **PERFIL SOCIOECONÔMICO RS – Municípios**. 2013. Disponível em: <https://www.fee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/municipios/>. Acesso em: 02 mai. 2018.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA - FEE. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. **PERFIL SOCIOECONÔMICO RS – Municípios**. 2015. Disponível em: <https://www.fee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/municipios/>. Acesso em: 30 abr. 2018.

GAILLARD, J. C. Vulnerability, capacity and resilience: perspectives for climate and development policy. **Journal of International Development**. n. 22, p. 218-232, 2010.

GALLOPÍN, G. C. Indicators and their use: information for decision making. *In*: MOLDAN, B.; BILHARZ, S. (eds). **Sustainability Indicators. Report on the project on Indicators of Sustainable Development**. 1997. 415 p.

GRANDZOL, J.R. Improving the faculty selection process in higher education: A case for the analytic hierarchy process. **IR Applications**, v. 6, n. 24, 2005.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 120 p.

GERRING, J. What is a case study and what is it good for? **American Political Science Review**, v. 98, no 2, p. 341-354, 2004.

GIL, A. C. **Estudo de caso. Fundamentação científica subsídios para coleta e análise de dados e como redigir o relatório**. São Paulo: Atlas, 2009. 168 p.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. p. 192.
GNADLINGER, J. Rainwater Harvesting in Rural Areas. *In: 2º FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA*. HAIA, HOLANDA, 2000. Disponível em:
<http://www.irpaa.org.br/br/ebooks.htm>. Acesso em: 20 out. 2017.

GODOY, S. G. M. de. Uma análise do mercado mundial de certificados de carbono. **Revista Cronos**, Natal, v. 2, n. 10, p.77-99, 2009.

GOMES, K. G. A. **Um método multicritério para localização de unidades de celulares de intendência da FAB**. 2009. Dissertação. (Mestrado Engenharia de Produção), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2009.

GRIMM, A.M. et al. **El Niño no Paraná: o que se pode esperar em cada região. Uma análise científica**. Instituto Tecnológico Simepar, Informativo nº 1, Curitiba, PR. 1997.

GUEDES, J. Conjecturas sobre o futuro da urbanização brasileira. **Revista do Servidor Público**. Brasília/DF, Brasil, v. 40, n. 1, 1983.

HENDRICK, C. Replication, strict replications, and conceptual replications: Are they important? *In: NEULIEP, J. W. (Ed.). Replication research in the social sciences*. 1991. 41– 49 p.

HERZOG, C. P.; Cidades para todos: (re) aprendendo a conviver com a natureza. 1. ed. Rio de Janeiro,RJ: Inverde, 2013. p. 311.

HOLLING, C.S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, p. 1-23, 1973.

HORTENCIO, L. M. **A estruturação do espaço urbano-regional no contexto contemporâneo: o caso da Região da Produção/RS**. 2003. 158 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

HOSSAIN, F. et al. Local-To-Regional Landscape Drivers of Extreme Weather and Climate: Implications for Water Infrastructure Resilience. **Journal of Hydrologic Engineering**, [s.l.], v. 20, n. 7, p.02515002-02515011, 2015.

HUMMEL, R. L.; STAHNKE, G. K.; LOHR, V. I. Growth and establishment of pacific ninebark (*Physocarpus Capitatus*) and Atlantic ninebark (*Physocarpus Opulifolius* 'Center Glow') In: Rain Gardens in the Pacific Northwest. **Acta Horticulturae**, [s.l.], n. 1085, p.293-297, 2015.

HUNT, W. F. et al. Plant Selection for Bioretention Systems and Stormwater Treatment Practices. **Springerbriefs In Water Science and Technology**, [s.l.], p.1-59, 2015.

IBGE. **Censo Demográfico 2010: Aglomerados subnormais – Informações territoriais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE. **Atlas de saneamento: 2011 / IBGE, Diretoria de Geociências**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 268 p.

IBGE. **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação**. Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IBGE. **Perfil dos municípios brasileiros: 2012**. Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

IBGE. **Perfil dos municípios brasileiros: 2015**. Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

IBGE. **Panorama das cidades brasileiras**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/sarandi/panorama>. Acesso em: 14 nov. 2018.

INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION (Porto Alegre, Brasil). **12th International Conference on Urban Drainage**. 2011. Disponível em: <http://www.acquacon.com.br/icud2011/en/>. Acesso em: 09 jun. 2018.

INTER-AGENCY AND EXPERT GROUP ON SDG INDICATORS (IAEG-SDGs). **SDG Indicators - Global indicator framework for the Sustainable Development Goals and targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development**. 2015. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/>. Acesso em: 29 jun. 2018.

INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION (República Checa). **14th IWA/ IAHR International Conference on Urban Drainage**. 2017. Disponível em: <http://www.acquacon.com.br/icud2011/en/>. Acesso em: 09 jun. 2018.

IPCC, 2007: Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for policymakers of the synthesis report of the IPCC fourth assessment report. Geneva: IPCC Secretariat, 2007.

IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 p.

IPCC, 2014: Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambio climático, 2015. **Climate Change 2014: Mitigation of climate change**. Genebra, Suíça, p. 161, 2015. Disponível em: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/WGIIIAR5_SPM_TS_Volume.pdf.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Gerenciamento de obras públicas**. Rio de Janeiro: Ipea, 2017. 65 p. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7692/1/td_2284.pdf. Acesso em: 25 nov. 2018.

IQPC, Infrastructure A Division Of. **3rd International Conference on Sustainable Urban Drainage Systems - Middle East**. 2016. Disponível em:

<https://drainageandsewerageme.iqpc.ae/mediapartners>. Acesso em: 11 jun. 2018.

ISHIMATSU, K. et al. Use of rain gardens for stormwater management in urban design and planning. **Landscape and Ecological Engineering**, [s.l.], v. 13, n. 1, p.205-212, 2016.

JACOBI, P. Riscos ambientais urbanos - o que está em jogo? *In*: MENDONÇA, Francisco (Org.). **Impactos Socioambientais Urbanos**. Curitiba: Editora UFPR, 2004. p. 169-184.

JHA, A. K.; BLOCH, R.; LAMOND, J. **Cidades e Inundações: Um guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o Século XXI**. 2012. THE WORLD BANK. Disponível em: http://mi.gov.br/pt/c/document_library/get_file?uuid=3c3b9a72-9358-415f-9efe-89fad4cbb381&groupId=10157. Acesso em: 2017.

JIA, H. et al. China's sponge city construction: A discussion on technical approaches. **Frontiers of Environmental Science & Engineering**, [s.l.], v. 11, n. 4, p.200-211, 2017.

JIA, H. et al. Development of a multi-criteria index ranking system for urban runoff best management practices (BMPs) selection. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s.l.], v. 185, n. 9, p.7915-7933, 2013.

JOYCE, J. et al. Developing a multi-scale modeling system for resilience assessment of green-grey drainage infrastructures under climate change and sea level rise impact. **Environmental Modelling & Software**, [s.l.], v. 90, p.1-26, 2017.

KENIA. UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. **Urban Indicators Guidelines: Monitoring the Habitat Agenda and the Millennium Development Goals**. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2004. 68 p. Disponível em: [file:///C:/Users/Hp-pc/Downloads/Urban Indicators.pdf](file:///C:/Users/Hp-pc/Downloads/Urban%20Indicators.pdf). Acesso em: 19 maio 2018.

KLEIN, R. J. T.; NICHOLLS, R. J.; THOMALLA, F. Resilience to natural hazards: How useful is this concept? **Environmental Hazards**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.35-45, 2003.

KONG, F. et al. Modeling stormwater management at the city district level in response to changes in land use and low impact development. **Environmental Modelling & Software**, [s.l.], v. 95, p.132-142, 2017.

KULLER, M. et al. What drives the location choice for water sensitive infrastructure in Melbourne, Australia? **Landscape and Urban Planning**, [s.l.], v. 175, p.92-101, 2018.

KUMAR, D. S.; ARYA, D. S.; VOJINOVIC, Z. Modeling of urban growth dynamics and its impact on surface runoff characteristics. **Computers, Environment and Urban Systems**, [s.l.], v. 41, p.124-135, 2013.

- LAGO, A. A. C. do. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo: O Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas**. Brasília: FUNAG, 2006. p. 17-18. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=167170. Acesso em: 20 nov. 2017.
- LIMA, J. D. de et al. Modelo de apoio à decisão para alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na região nordeste do Brasil. **Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica.**, Cidade do México, v. 6, n. 3, p.11-28, 2013.
- LIMA, L. O. Escala Intraurbana e Produção do Espaço em Senador Canedo (GO). **Ateliê Geográfico**. Goiânia, v. 9, n. 3, p. 128 – 143, 2015.
- LOPES, D. M. F. Cidades pequenas são urbanas? O urbano possível. **Revista Bahia Análise & Dados**, Salvador, BA. p. 395-412, 2009.
- LOPES, D. M. F.; HENRIQUE, Wendel (Org.). **Cidades médias e pequenas: teorias, conceitos e estudos de caso**. Salvador: Sei, 2010. 250 p.
- LYKKEN, D. T. Statistical significance in psychological research. **Psychological Bulletin**, [s.l.], v. 70, n. 31, p.151-159, 1968. American Psychological Association (APA).
- MACHADO, R. **Sarandi - Município decreta situação de emergência**. 2018. Disponível em: <http://rogeriomachadoblog.com.br/sarandi-municipio-decreta-situacao-de-emergencia/>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- MARCOVITCH, J. **Para mudar o futuro: mudanças climáticas, políticas públicas e estratégias empresariais**. São Paulo: Saraiva, 2006. p.378.
- MARENGO, J. A. et al. Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. **Ministério do Meio Ambiente (MMA). Sumário Técnico**. Brasília, DF: MMA, p. 54, 2007.
- MARSH, K. et al. Multiple Criteria Decision Analysis for Health Care Decision Making—Emerging Good Practices: Report 2 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. **Value in Health**, [s.l.], v. 19, n. 2, p.125-137, 2016.
- MARTINS, L. C. et al. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, [s.l.], v. 36, n. 1, p.88-94, 2002.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **MMA difunde boas práticas no manejo das águas pluviais**. 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/5013-mma-difunde-boas-praticas-no-manejo-das-aguas-pluviais>. Acesso em: 10 mai. 2018.
- MCDANIELS, T. et al. Fostering resilience to extreme events within infrastructure systems: Characterizing decision contexts for mitigation and adaptation. **Global Environmental Change**, [s.l.], v. 18, n. 2, p.310-318, 2008.
- MEESUK, V.; VOJINOVIC, Z.; MYNETT, A. E. Extracting inundation patterns from flood watermarks with remote sensing SfM technique to enhance urban flood simulation: The case

of Ayutthaya, Thailand. **Computers, Environment and Urban Systems**, [s.l.], v. 64, p. 239-253, 2017.

MENDONÇA, F. S.A.U.- Sistema Ambiental Urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade *In*: MENDONÇA, Francisco (Org.). **Impactos Socioambientais Urbanos**. Curitiba: Editora UFPR, 2004. p. 185-207.

MERING, A. S. et al. Soil invertebrates in Australian rain gardens and their potential roles in storage and processing of nitrogen. **Ecological Engineering**, [s.l.], v. 97, p.138-143, 2016.

MIGUEZ, M. et al. Urban Floods in Lowlands—Levee Systems, Unplanned Urban Growth and River Restoration Alternative: A Case Study in Brazil. **Sustainability**, [s.l.], v. 7, n. 8, p.11068-11097, 2015.

MIGUEZ, M. G; VERÓL, A. P. A catchment scale Integrated Flood Resilience Index to support decision making in urban flood control design. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, [s.l.], v. 44, n. 5, p.925-946, 2016.

MIGUEZ, M. G.; MAGALHAES, Luiz Paulo Canedo de. Urban Flood Control, Simulation and Management - an Integrated Approach. **Methods and Techniques in Urban Engineering**, [s.l.], p.131-160, 2010.

MIGUEZ, M. G.; REZENDE, O. M.; VERÓL, A. City Growth and Urban Drainage Alternatives: Sustainability Challenge. **Journal of Urban Planning and Development**, [s.l.], v. 141, n. 3, p.04014026-04014036, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **MMA difunde boas práticas no manejo das águas pluviais**. 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/5013-mma-difunde-boas-praticas-no-manejo-das-aguas-pluviais>. Acesso em: 26 maio 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). **Leptospirose: o que é, causas, sintomas, tratamento, diagnóstico e prevenção**. 2018. Disponível em: <http://portalms.saude.gov.br/saude-de-a-z/leptospirose>. Acesso em: 26 nov. 2018.

MIRANDA, A. T. de. **Urbanização do Brasil: Consequências e características das cidades**. 2006. Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/urbanizacao-do-brasil-consequencias-e-caracteristicas-das-cidades.htm>. Acesso em: 22 out. 2017.

MOGLEN, G. E. Hydrology and Impervious Areas. **Journal of Hydrologic Engineering**, [s.l.], v. 14, n. 4, p.303-304, 2009.

MORALES-TORRES, A., ESCUDER-BUENO, I., ANDRÉS-DOMENECH, I., PERALES-MOMPARLER, S. Decision support system tool for energy-efficiency, sustainable and integrated urban storm water management. **Environ. Model. Softw.** 84, p. 518–528. 2016.

MORSCH, M. R. S.; MASCARÓ, J. J. Restauração dos rios urbanos como estratégia para uma cidade mais sustentável. *In*: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS, 2016, Passo Fundo. **Anais...** . Passo Fundo: Imed, 2016. p. 1 - 6. Disponível em: https://www.imed.edu.br/Uploads/5_SICS_paper_21.pdf. Acesso em: 19 maio 2018.

MORSCH, M. R. S. **Resgate de um rio urbano esquecido: promovendo a qualificação de uma cidade brasileira de médio porte.** 2015. 148 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015.

MOURA, P. M.; BAPTISTA, M. B.; BARRAUD, S. Avaliação multicritério de sistemas de drenagem urbana. **Rega - Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 6, p. 31-42, 2009.

NAÇÕES UNIDAS (Genebra). **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030.** 2015. Disponível em:
http://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframefordrren.pdf. Acesso em: 11 out. 2017.

NAÇÕES UNIDAS. **Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, Sobre a Rio+20.** 2017. Disponível em:
http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20.html. Acesso em: 29 out. 2017.

NERY, J. T. Dinâmica climática da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.80-95, 2005.

NETO, A. C. **Sistemas Urbanos de Drenagem.** 2012. Disponível em:
www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0192/Aut192_2012bibliografia_inund_dren.pdf. Acesso em: 17 out. 2017.

NIE, L. Enhancing urban flood resilience – a case study for policy implementation. **Proceedings of The Institution of Civil Engineers - Water Management**, [s.l.], v. 169, n. 2, p. 85-93, 2016.

OGDEN, F. L. et al. Relative importance of impervious area, drainage density, width function, and subsurface storm drainage on flood runoff from an urbanized catchment. **Water Resources Research**, [s.l.], v. 47, n. 12, p. 1-12, 2011.

OPEN SCIENCE COLLABORATION. Estimating the reproducibility of psychological science. **Science**, [s.l.], v. 349, n. 6251, p.4706-4716, 2015.

OUYANG, M.; DUEÑAS-OSORIO, L.; MIN, X. A three-stage resilience analysis framework for urban infrastructure systems. **Structural Safety**, [s.l.], v. 36-37, p.23-31, 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO A CIÊNCIA E A CULTURA (Brasil). **Dia Internacional para a Redução de Desastres Naturais.** 2001. Disponível em: http://www.unesco.org/new/pt/brasil/about-this-office/single-view/news/international_day_for_disaster_reduction_2011_13_october/. Acesso em: 11 jun. 2018.

PALLA, A.; GNECCO, I. Hydrologic modeling of Low Impact Development systems at the urban catchment scale. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 528, p.361-368, 2015.

PBMC, 2014: **Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas.** Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao

Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [ASSAD, E.D., MAGALHÃES, A. R. (eds.)]. Rio de Janeiro, Brasil, 2014. p. 414.

PBMC, 2016: **Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas** [RIBEIRO, S.K., SANTOS, A.S. (Eds.)]. Rio de Janeiro, Brasil. 2016. p. 116.

PEIXOTO, F.; STUDART, T.; CAMPOS, J. Gestão das águas urbanas: questões e integração entre legislações pertinentes. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, [s.l.], v. 13, n. 2, p.160-174, 2016.

PENG, Z.; STOVIN, V. Independent Validation of the SWMM Green Roof Module. **Journal of Hydrologic Engineering**, [s.l.], v. 22, n. 9, p.04017037-0417049, 2017.

PETERSON, G.; ALLEN, C. R.; HOLLING, C. S. Original Articles: Ecological Resilience, Biodiversity, and Scale. **Ecosystems**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 6-18, 1998.

PHILIPPI Jr., A.; BRUNA, G. C. Política e gestão ambiental. *In*: PHILIPPI JUNIOR, A., ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (Orgs.). **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Manole, 2004. cap. 18, p. 657- 711.

PORTO ALEGRE (Município). Lei Complementar nº 434 de 1999. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental**. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/spm/usu_doc/planodiretortexto.pdf. Acesso em: 22 mai. 2018.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. La L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 22, n. 63, p.43-60, 2008. FapUNIFESP (SciELO).

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. p. 277.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Indicadores**. 2018. Disponível em: <https://indicadores.cidadessustentaveis.org.br/>. Acesso em: 02 mai. 2018.

PYKE, C. et al. Assessment of low impact development for managing stormwater with changing precipitation due to climate change. **Landscape and Urban Planning**, [s.l.], v. 103, n. 2, p.166-173, 2011.

QIN, H.; LI, Z.; FU, G. The effects of low impact development on urban flooding under different rainfall characteristics. **Journal of Environmental Management**, [s.l.], v. 129, p. 577-585, 2013.

RADDER, H. Experimental reproducibility and the experimenters regress. *In*: HULL, D., M. FORBES, M.; OKRUHLIK, K. (Eds.), **Proceedings of the 1992 biennial meeting of the philosophy of science association**. East Lansing: Philosophy of Science Association. 1992 p. 63–73.

RESILIENT CITIES CONGRESS (Alemanha). **Mayors Adaptation Forum at Resilient Cities**. 2010. Disponível em: <http://resilient-cities.iclei.org/index.php?id=833>. Acesso em: 11 jun. 2018.

RIGHETTO, A. M. (Org.). **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: Abes, 2009. P. 398. Projeto PROSAB.

RIO GRANDE DO SUL. Sema. Fepam (Org.). **PACE/RS – Plano Ar Clima Energia do Rio Grande do Sul**. 2011. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/Documentos_e_PDFs/RELATORIO_PACE_FINAL.pdf. Acesso em: 25 out. 2017.

RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul**. 2017. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em: 10 nov. 2017.

RODRIGUES, F. H.; MARTINS, W. C.; MONTEIRO, A. B. F. C. O Processo de Decisão Baseado em um Método de Análise Hierárquica na Tomada de Decisão Sobre Investimentos. *In* J. V. CAIXETA-FILHO, J. V.; MARTINS, R. S. (Eds.), **GESTÃO LOGÍSTICA DO TRANSPORTE DE CARGAS**. São Paulo: Atlas. 2001.

RODRÍGUEZ-SINOBAS, L. et al. Techniques and criteria for sustainable urban stormwater management. The case study of Valdebebas (Madrid, Spain). **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 172, p.402-416, 2018.

ROLA, S. M.; SILVA, N. F.; VAZQUEZ, E. G. Águas Pluviais e Resiliência Urbana ou os Impactos da Vulnerabilidade Hídrica em Áreas Rurais e Urbanas no Brasil. **Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, v. 15, n. 1, p. 28, 2016.

ROSENTHAL, R. Replication in behavioral research. *In*: NEULIEP, J. W. **Replication research in the social sciences**. Newbury Park: Sage. 1991. p. 1–39.

SAATY, T. L. **The analytic hierarchy process**. New York: McGraw-Hill. 1980.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: Makron Books. 1991. p. 326.

SALVIA, A. L. **Eficiência energética em iluminação pública na gestão sustentável de cidades: estudo de multicaseos**. 2016. 161 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.

SANG, Y.; YANG, M. Urban waterlogs control in China: more effective strategies and actions are needed. **Natural Hazards**, [s.l.], v. 85, n. 2, p.1291-1294, 2016.

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. 5. ed. São Paulo: Edusp, 2008. 176 p.

SARANDI (Município). Lei nº 2825, de 22 de dezembro de 1997. **Dispõe Sobre O Parcelamento do Solo Para Fins Urbanos e A Instituição de Condomínios Por Unidades Autônomas Constituídas Por Duas Ou Mais Edificações Destinadas à Habitação Unifamiliar Ou Coletiva, e Dá Outras Providências**. Sarandi, RS.

SARANDI (Município). Lei nº 3420, de 06 de setembro de 2005. **Institui A Lei de Diretrizes Urbanas do Município de Sarandi e Dá Outras Providências**. Sarandi, RS.

SARANDI (Município). Lei nº 4642, de 08 de novembro de 2017. **Estabelece A Política Municipal de Saneamento Básico do Município de Sarandi e Dá Outras Providências**. Sarandi, RS.

SARANDI (Município). Lei nº 4054, de 23 de agosto de 2011. **Altera e Acresce Dispositivo na Lei Municipal Nº 2825/1997 (lei do Parcelamento do Solo)**. Sarandi, RS.

SARANDI (Município). Lei nº 4054357, de 09 de setembro de 2014. **Altera Dispositivos da Lei Municipal Nº 2825/1997 (lei do Parcelamento do Solo)**. Sarandi, RS.

SCHEFFER, M. **Critical Transition in Nature and Society**. Princeton: Princeton University Press, 2009. p. 400.

SCHMIDT, S. Shall we really do it again? The powerful concept of replication is neglected in the social sciences. **Review of General Psychology**, [s.l.], v. 13, n. 2, p.90-100, 2009.

SEBRAE. **Perfil das 497 cidades gaúchas**. 2010. Disponível em: <https://datasebrae.com.br/perfil-dos-municipios-gauchos/>. Acesso em: 20 maio 2018.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO ORÇAMENTO E GESTÃO (Rio Grande do Sul). **Regiões funcionais**. 2017. Disponível em: <https://planejamento.rs.gov.br/28-regioes>. Acesso em: 03 out. 2017.

SELUCHI, M.E.; SERAFINI, Y.V.; LE TREUT, H. The Impact of the Andes on Transient Atmospheric Systems: a comparison between observations and GCM results. **Monthly Weather Review**, v. 126, n. 4, p. 895-912, 1998.

SEO, M. et al. Evaluating the Impact of Low Impact Development (LID) Practices on Water Quantity and Quality under Different Development Designs Using SWAT. **Water**, [s.l.], v. 9, n. 3, p.193-210, 2017.

SHAO, W. et al. Data Integration and its Application in the Sponge City Construction of CHINA. **Procedia Engineering**, [s.l.], v. 154, p.779-786, 2016.

SILVA, S. T. da. A ONU e a proteção do meio ambiente. *In*: MERCADANTE, A.; MAGALHÃES, J. C. de (orgs.). **Reflexões sobre os 60 anos da ONU**. Ijuí: Unijuí, 2005.

SILVA, R. T.; PORTO, M. F. do A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 17, n. 47, p.129-145, abr. 2003. FapUNIFESP (SciELO)

SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES (Brasil). Ministério da Integração Nacional. **Relatório Gerencial - Reconhecimentos Realizados**. 2017. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>. Acesso em: 05 maio 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (Brasil). Ministério das Cidades. **Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2016**. 2016. Disponível em: <http://snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2016>. Acesso em: 21 maio 2018.

SILVEIRA, A.L.L. Hidrologia urbana no Brasil. *In*: BRAGA, B.; TUCCI, C.E.M.; TOZZI, C. (org.). **Drenagem urbana: gerenciamento, simulação e controle**. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1998. p. 7-25.

SIRVINSKAS, L. P. **Manual de direito ambiental**. 7. ed. São Paulo: Saraiva, 2009. p. 1016

SOARES, J. A. S.; ALENCAR, L. D.; CAVALCANTE, L. P. S.; ALENCAR, L. D. Impactos da urbanização desordenada na saúde pública: Leptospirose e Infraestrutura urbana. **Polêmica**, v. 13, n. 1, p. 1006-1020, 2014.

SOUZA, M. L. de. **A B C do desenvolvimento urbano**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 192.

SOUZA, S. A. de. Água juridicamente sustentável: um estudo sobre a educação ambiental como instrumento de efetividade do programa de conservação e uso racional da água nas edificações de Curitiba/PR. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 1, n. 1, p. 93-113, 2012.

SPOSITO, E. S.; SILVA, P. F. J. da. **Cidades Pequenas: perspectivas teóricas e transformações socioespaciais**. Jundiaí: Paco Editorial, 2013, 148 p.

SPOSITO, M. E. B. Globalização, consumo e papéis intermediários de cidades médias no Brasil. *In*: SANFELIU, C. B.; SPOSITO, M. E. B. (Org.). **Las ciudades medias o intermedias en un mundo globalizado**. 1 ed. Lleída: Edicions de la Universitat de Lleída. 2009. p. 41-69.

STRENGARI, L. A. B.; KACUTA, L. G.; DALESSANDRO, N. T.; BIANCHI, R. H. e MARGATO, V. Água em ambientes urbanos. *In*: CIDADES RESILIENTES A INUNDAÇÕES. São Paulo, p. 16, 2015.

SUBRAMANIAN, N.; RAMANATHAN, R. A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. **International Journal of Production Economics**, [s.l.], v. 138, n. 2, p.215-241, 2012.

THE GUARDIAN (França). **France decrees new rooftops must be covered in plants or solar panels**. 2015. Disponível em: <https://www.theguardian.com/world/2015/mar/20/france-decrees-new-rooftops-must-be-covered-in-plants-or-solar-panels>. Acesso em: 11 jun. 2018.

TORRES, C. J. F. **Desenvolvimento metodológico para apoio à tomada de decisão sobre o programa de efetivação do enquadramento dos corpos d'água**. 2014. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

TAKAIJUDIN, H., AB GHANI, A., ZAKARIA, N.A. Challenges and developments of bioretention facilities in treating urban stormwater runoff: a review. **Pollution** v. 2, n.4, p.489–508, 2016.

TUCCI, C.E.M.; Drenagem urbana. **Ciência e Cultura**. São Paulo, v.55 n.4. p. 36-37, 2003.

TUCCI, C.E.M.; PORTO, R. L.; BARROS, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1995.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 7 n. 1. p. 5-27. Porto Alegre, 2001.

TUCCI, C. E. M. Gestão integrada das águas urbanas. **Rega - Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p.71-81, dez. 2008.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012. 944 p.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). 50p.

UNISDR. **Como Construir Cidades Mais Resilientes: Um Guia Para Gestores Públicos Locais**. Genebra, p. 98, 2012. Disponível em: https://www.unisdr.org/files/26462_guiagestorepublicosweb.pdf. Acesso em: 23 nov. 2017.

UNITED NATIONS Secretary-General's High-level Panel on Global Sustainability. **Resilient People, Resilient Planet: A future worth choosing**. New York: United Nations, p. 94, 2012. Disponível em: https://en.unesco.org/system/files/GSP_Report_web_final.pdf. Acesso em 15 out. 2017.

URSINO, N. Risk analysis of sustainable urban drainage and irrigation. **Advances In Water Resources**, [s.l.], v. 83, p. 277-284, 2015.

VAN VEELLEN, P. C.; STONE, K.; JEUKEN, A. Planning resilient urban waterfronts using adaptive pathways. Proceedings of The Institution of Civil Engineers - **Water Management**, [s.l.], v. 168, n. 2, p.49-56, 2015.

VARGAS, L. G. An overview of the analytic hierarchy process and its applications. **European Journal of Operational Research**, [s.l.], v. 48, n. 1, p.2-8, 1990

VILAS BOAS, C. L. Método multicritérios de análise de decisão (MMAD) para as decisões relacionadas ao uso múltiplo de reservatórios: analytic hierarchy process (AHP). *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Brasília, p. 16, 2005.

VINCKE, P. Analysis of multicriteria decision aid in Europe. **European Journal of Operational Research**, [s.l.], v. 25, n. 2, p.160-168, 1986.

YANG, J.; LEE, H. An AHP decision model for facility location selection. **Facilities**, [s.l.], v. 15, n. 9/10, p.241-254, 1997.

WALKER, B.; HOLLING, C. S.; CARPENTER, S. R., KINZIG, A. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. **Ecology and Society**. v.9, n.2, p. 1-9, 2004.

WANG, M. et al. A framework to support decision making in the selection of sustainable drainage system design alternatives. **Journal of Environmental Management**, [s.l.], v. 201, p.145-152, 2017.

WANG, M. et al. Assessing hydrological effects and performance of low impact development practices based on future scenarios modeling. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 179, p.12-23, 2018.

WERNER, E. E.; BIERMAN, J. M.; FRENCH, F.E. The Children of Kauai: A Longitudinal Study from the Prenatal Period to Age Ten. University of Hawaii Press: Honolulu. p. 199, 1971.

WHEATER, H.; EVANS, E. Land use, water management and future flood risk. **Land Use Policy**, [s.l.], v. 26, p. 251-264, 2009.

WOODS BALLARD, B., WILSON, S.; UDALE-CLARKE, H.; ILLMAN, S.; SCOTT, T.; ASHLEY, R.; KELLAGHER, R. **The suds manual**, CIRIA, London, p. 937, 2015.

Disponível em:

<http://www.hrwallingford.com.cn/pdfs/news/CIRIA%20report%20C753%20The%20SuDS%20Manual-v2.pdf>. Acesso em 30 set. 2017.

WONG, T. H. F.; BROWN, R. R. The water sensitive city: principles for practice. **Water Science & Technology**, [s.l.], v. 60, n. 3, p.673-683, 2009.

WORLD BANK. Atlas of Sustainable Development Goals 2017: **World Development Indicators**. Washington, DC. 2017. Disponível em:

<https://blogs.worldbank.org/opendata/2017-atlas-sustainable-development-goals-new-visual-guide-data-and-development>. Acesso em 18 maio 2018.

WORLD WATER COUNCIL. **8th FORUM / Previous Editions**. 2017. Disponível em: <http://8.worldwaterforum.org/en/previous-editions>. Acesso em: 12 out. 2017.

WRI BRASIL. **Troca de experiências entre cidades pode ajudar a elevar a qualidade do transporte coletivo**. 2017. Disponível em: <http://wricidades.org/noticia/troca-de-experiencias-entre-cidades-pode-ajudar-elevar-qualidade-do-transporte-coletivo>. Acesso em: 19 nov. 2017.

YANG, W. et al. Saturation-excess and infiltration-excess runoff on green roofs. **Ecological Engineering**, [s.l.], v. 74, p.327-336, 2015.

YAO, L.; CHEN, L.; WEI, W. Exploring the Linkage between Urban Flood Risk and Spatial Patterns in Small Urbanized Catchments of Beijing, China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s.l.], v. 14, n. 3, p.239-255, 2017.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. p.200, 3. ed. - Porto Alegre: Bookman, 2005.

YUAN, Y.; XU, Y.; ARULRAJAH, A. Sustainable Measures for Mitigation of Flooding Hazards: A Case Study in Shanghai, China. **Water**, [s.l.], v. 9, n. 5, p.310-326, 2017.

ZHANG, S. et al. Pollutant reduction effectiveness of low-impact development drainage system in a campus. **Frontiers of Environmental Science & Engineering**, [s.l.], v. 11, n. 4, p.100-108, 2017.

ZHU, Z.; CHEN, X. Evaluating the Effects of Low Impact Development Practices on Urban Flooding under Different Rainfall Intensities. **Water**, [s.l.], v. 9, n. 7, p.548-565, 2017.

ZUBELZU, S. et al. Design of water reuse storage facilities in Sustainable Urban Drainage Systems from a volumetric water balance perspective. **Science of The Total Environment**, [s.l.], v. 663, p.133-143, 2019.

APÊNDICE A

Quadros de eventos hidrológicos registrados por coredes entre 1991 e 2017.

Quadro 22: Eventos hidrológicos registrados no Corede Produção entre 1991 e 2017.

COREDE PRODUÇÃO	ENXURRADA			TOTAL	INUNDAÇÃO			TOTAL
	1991 a 2001	2002 a 2012	2013 a 2017		1991 a 2001	2002 a 2012	2013 a 2017	
MUNICÍPIO								
Camargo	0	0	1	1	1	0	0	1
Carazinho	3	0	1	4	0	0	0	0
Casca	1	5	3	9	0	0	0	0
Ciríaco	0	2	2	4	1	0	0	1
Coqueiros do Sul	1	1	0	2	0	0	0	0
Coxilha	0	0	1	1	0	0	0	0
David Canabarro	0	1	1	2	0	0	0	0
Ernestina	0	2	1	3	0	0	0	0
Almirante Tamandaré do Sul	0	3	3	6	0	0	0	0
Marau	1	1	0	2	0	0	0	0
Mato Castelhano	0	0	1	1	0	0	0	0
Muliterno	0	0		0	0	0	0	0
Nova Alvorada	1	4	1	6	0	1	0	1
Passo Fundo	0	0	0	0	0	0	0	0
Pontão	1	2	0	3	0	0	0	0
Santo Antônio do Palma	0	0	2	2	0	0	0	0
Santo Antônio do Planalto	1	0	0	1	0	0	0	0
São Domingos do Sul	0	0	2	2	0	0	0	0
Vanini	2	3	1	6	0	0	0	0
Vila Maria	1	0	3	4	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pela autora com base no Atlas de desastres naturais volume Rio Grande do Sul, 2013; Sistema integrado de informações sobre desastres, 2017.

Quadro 23: Eventos hidrológicos registrados no Corede Altos da Serra do Botucará entre 1991 e 2017.

COREDE ALTOS DA SERRA DO BOTUCARÁ	ENXURRADA			TOTAL	INUNDAÇÃO			TOTAL
	1991 a 2001	2002 a 2012	2013 a 2017		1991 a 2001	2002 a 2012	2013 a 2017	
MUNICÍPIO								
Alto Alegre	0	2	0	2	0	0	0	0
Barros Cassal	0	3	2	5	0	0	0	0
Campos Borges	0	1	0	1	0	0	0	0
Espumoso	4	4	1	9	0	1	0	1

Fontoura Xavier	1	8	2	11	1	1	0	2
Gramado Xavier	1	4	0	5	0	0	0	0
Ibirapuitã	2	2	3	7	0	1	0	1
Itapuca	0	3	1	4	0	0	0	0
Jacuzinho	1	4	0	5	0	1	0	1
Lagoão	1	3	1	5	0	0	0	0
Mormaço	2	2	0	4	0	0	0	0
Nicolau Vergueiro	2	1	1	4	0	0	0	0
São José do Herval	1	3	0	4	0	0	0	0
Soledade	2	5	1	8	0	0	0	0
Tio Hugo	0	0	1	1	0	1	0	1
Victor Graeff	2	2	0	4	1	0	0	1

Fonte: Elaborado pela autora com base no Atlas de desastres naturais volume Rio Grande do Sul, 2013;
Sistema integrado de informações sobre desastres, 2017.

Quadro 24: Eventos hidrológicos registrados no Corede Nordeste entre 1991 e 2017.

COREDE NORDESTE	ENXURRADA			TOTAL	INUNDAÇÃO			TOTAL
	1991 a 2001	2002 a 2012	2013 a 2017		1991 a 2001	2002 a 2012	2013 a 2017	
MUNICÍPIO								
Água Santa	2	4	1	7	0	0	0	0
Barracão	1	3	0	4	1	0	0	1
Cacique Doble	2	1	1	4	1	0	0	1
Capão Bonito do Sul	0	0	0	0	0	0	0	0
Caseiros	0	1	0	1	0	0	0	0
Ibiaçá	0	0	0	0	2	0	0	2
Ibiraiaras	2	1	0	3	1	0	0	1
Lagoa Vermelha	0	0	0	0	3	0	0	3
Machadinho	2	1	1	4	1	0	0	1
Maximiliano de Almeida	1	1	2	4	3	0	0	3
Paim Filho	0	2	3	5	2	0	0	2
Sananduva	0	0	2	2	2	0	0	2
Santa Cacília do Sul	0	1	0	1	0	0	0	0
Santo Expedito do Sul	1	1	3	5	0	0	0	0
São João da Urtiga	1	2		3	0	0	1	1
São José do Ouro	1	4	2	7	0	0	0	0
Tapejara	3	1	1	5	1	0	0	1
Tupanci do Sul	0	0	0	0	1	0	0	1
Vila Lângaro	0	2	1	3	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pela autora com base no Atlas de desastres naturais volume Rio Grande do Sul, 2013;
Sistema integrado de informações sobre desastres, 2017.

Quadro 25: Eventos hidrológicos registrados no Corede Norte entre 1991 e 2017.

COREDE NORTE	ENXURRADA			TOTAL	INUNDAÇÃO			TOTAL
	1991 a 2001	2002 a 2012	2013 a 2017		1991 a 2001	2002 a 2012	2013 a 2017	
MUNICÍPIO								
Aratiba	0	1	0	1	1	0	1	2
Áurea	0	1	1	2	0	0	0	0
Barão do Cotegipe	0	1	2	3	0	0	0	0
Barra do Rio Azul	0	3	2	5	0	0	0	0
Benjamin Constant do Sul	0	2	0	2	0	0	0	0
Campinas do Sul	0	0	1	1	1	0	0	1
Carlos Gomes	0	0	0	0	1	0	0	1
Centenário	1	3	0	4	0	0	0	0
Charrua	1	3	1	5	0	0	0	0
Cruzaltense	0	1	3	4	0	0	0	0
Entre Rios do Sul	0	1	1	2	0	0	0	0
Erebango	0	0	1	1	0	0	0	0
Erechim	0	2	0	2	1	0	0	1
Erval Grande	1	2	0	3	1	0	1	2
Estação	3	0	1	4	1	1	0	2
Faxinalzinho	0	0	0	0	0	0	0	0
Florianópolis	0	0	0	0	0	0	0	0
Gaurama	0	2	1	3	0	0	0	0
Getúlio Vargas	0	0	1	1	2	0	0	2
Ipiranga do Sul	0	0	0	0	1	0	0	1
Itatiba do Sul	0	0	2	2	0	0	0	0
Jacutinga	0	2	2	4	1	0	0	1
Marcelino Ramos	0	3	1	4	1	0	0	1
Mariano Moro	0	1	0	1	0	0	0	0
Paulo Bento	0	0	0	0	0	0	0	0
Ponte Preta	0	0	1	1	0	0	1	1
Quatro Irmãos	0	1	1	2	0	0	0	0
São Valentim	1	2	0	3	2	0	0	2
Sertão	0	4	0	4	1	0	0	1
Severiano de Almeida	0	2	0	2	1	0	0	1
Três Arroios	0	1	3	4	1	0	0	1
Viadutos	2	2	2	6	1	0	0	1

Fonte: Elaborado pela autora com base no Atlas de desastres naturais volume Rio Grande do Sul, 2013;

Sistema integrado de informações sobre desastres, 2017.

Quadro 26: Eventos hidrológicos registrados no Corede Médio Alto Uruguai entre 1991 e 2017.

COREDE MÉDIO ALTO URUGUAI	ENXURRADA			TOTAL	INUNDAÇÃO			TOTAL
	1991 a 2001	2002 a 2012	2013 a 2017		1991 a 2001	2002 a 2012	2013 a 2017	
MUNICÍPIO								
Alpestre	0	3	1	4	0	0	0	0
Ametista do Sul	0	4	1	5	0	0	0	0
Caiçara	0	3	2	5	0	0	0	0
Cristal do Sul	0	3	1	4	0	0	0	0
Dois Irmãos das Missões	0	0	0	0	0	3	0	3
Erval Seco	0	3	2	5	1	0	0	1
Frederico Westphalen	0	1	1	2	0	0	0	0
Gramado dos Loureiros	0	0	1	1	0	0	0	0
Iraí	2	4	1	7	0	0	0	0
Nonoai	2	1	3	6	0	0	0	0
Novo Tiradentes	0	3	3	6	0	1	0	1
Palmitinho	0	2	1	3	0	0	0	0
Pinhal	0	4	1	5	0	0	0	0
Pinheirinho do Vale	0	1	1	2	0	0	0	0
Planalto	0	5	0	5	0	0	0	0
Rio dos Índios	1	0	1	2	0	0	0	0
Rodeio Bonito	0	3	1	4	0	0	0	0
Seberi	1	3	2	6	0	0	0	0
Taquaruçu do Sul	1	2	2	5	0	0	0	0
Trindade do Sul	0	3	0	3	1	0	0	1
Vicente Dutra	0	4	1	5	0	0	0	0
Vista Alegre	0	3	2	5	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pela autora com base no Atlas de desastres naturais volume Rio Grande do Sul, 2013;

Sistema integrado de informações sobre desastres, 2017.

Quadro 27: Eventos hidrológicos registrados no Corede Rio da Várzea entre 1991 e 2017.

COREDE RIO DA VÁRZEA	ENXURRADA			TOTAL	INUNDAÇÃO			TOTAL
	1991 a 2001	2002 a 2012	2013 a 2017		1991 a 2001	2002 a 2012	2013 a 2017	
MUNICÍPIO								
Barra Funda	0	0	1	1	0	0	0	0
Boa Vista das Missões	1	2	1	4	0	0	0	0
Cerro Grande	1	2	2	5	0	0	0	0
Chapada	1	2	0	3	0	0	0	0
Constantina	0	3	2	5	0	0	0	0

Engenho Velho	0	3	1	4	0	0	0	0
Jaboticaba	1	2	2	5	1	0	0	1
Lajeado do Bugre	1	1	2	4	0	0	0	0
Liberato Salzano	1	1	3	5	1	0	0	1
Nova Boa Vista	1	0	1	2	0	0	0	0
Novo Barreiro	1	3	2	6	0	0	0	0
Novo Xingu	0	1	1	2	0	0	0	0
Palmeira das Missões	0	2	2	4	1	0	0	1
Ronda Alta	0	5	0	5	1	0	0	1
Rondinha	0	0	1	1	0	0	0	0
Sagrada Família	0	1	2	3	0	0	0	0
São José das Missões	0	2	1	3	0	0	0	0
São Pedro das Missões	0	1	1	2	0	0	0	0
Sarandi	1	4	2	7	0	0	0	0
Três Palmeiras	1	0	0	1	1	0	0	1

Fonte: Elaborado pela autora com base no Atlas de desastres naturais volume Rio Grande do Sul, 2013;

Sistema integrado de informações sobre desastres, 2017.

APÊNDICE B

Quadros com indicadores socioeconômicos, de planejamento e governança urbana e ambientais

Quadro 28: Indicadores socioeconômicos por município

INDICADORES	COREDE PRODUÇÃO			
	CASCA	ALMIRANTE TAMANDARÉ DO SUL	NOVA ALVORADA	VANINI
População estimada (Hab.)	9.079	2.079	3.481	2.101
Pop. último censo (Hab.)	8.651	2.067	3.182	1.984
População urbana	5.090	839	1.332	1.001
População rural	3561	1.228	1.850	983
Área total do município (km ²)	271,7	265,4	149,4	64,9
Densidade demográfica (Hab./km ²)	31,9	7,7	21,9	31,1
PIB (R\$)	370.903,49	121.281,02	136.236,74	51.650,37
Abastecimento de água potável (%)	89,6%	52,5	84,9%	98,4%
Índice de desenvolvimento humano municipal	0,785	0,74	0,74	0,757
INDICADORES	COREDE ALTOS DASERRA DO BOTUCARAÍ			
	BARROS CASSAL	ESPUMOSO	FONTOURA XAVIER	GRAMADO XAVIER
População estimada (Hab.)	11.486	15.843	10.836	4.251
Pop. último censo (Hab.)	11.133	15.240	10.719	3.970
População urbana	3.531	11.131	4.100	528
População rural	7.602	4.109	6.619	3.441
Área total do município (km ²)	648,9	783,10	583,5	217,5
Densidade demográfica (Hab./km ²)	17,1	19,5	18,1	18,6
PIB (R\$)	160.623,26	606.744,49	162.013,24	65.843,93
Abastecimento de água potável (%)	33,4	85,0	53,1	32,5
Índice de desenvolvimento humano municipal	0,65	0,765	0,661	0,634
INDICADORES	COREDE ALTOS DA SERRA DO BOTUCARAÍ			
	IBIRAPUITÃ	JACUIZINHO	LAGOÃO	SOLEDAD E
População estimada (Hab.)	4.155	2.666	6.516	31.361

Pop. último censo (Hab.)	4.061	2.507	6.185	30.044	
População urbana	2.391	562	1.655	24.032	
População rural	1.670	1.945	4.530	6.012	
Área total do município (km ²)	307,0	338,5	387,0	1.213,4	
Densidade demográfica (Hab./km ²)	13,2	7,6	16,1	24,8	
PIB (R\$)	99.013,60	86.227,88	89.335,57	693.399,58	
Abastecimento de água potável (%)	85,1	68,4	34,6	86,3	
Índice de desenvolvimento humano municipal	0,638	0,662	0,643	0,713	
INDICADORES	COREDE NORDESTE				
	ÁGUA SANTA	PAIM FILHO	SANTO EXPEDITO DO SUL	SÃO JOSÉ DO OURO	TAPEJARA
População estimada (Hab.)	3.841	4.172	2.468	7.117	22.077
Pop. último censo (Hab.)	3.722	4.243	2.461	6.904	19.250
População urbana	1.447	2.253	872	4.423	17.080
População rural	2.275	1.990	1.589	2.481	2.170
Área total do município (km ²)	291,8	182,2	125,7	334,8	238,8
Densidade demográfica (Hab./km ²)	12,9	22,8	19,3	20,6	85,4
PIB (R\$)	264.789,13	94.632,29	62.039,15	241.964,86	752.232,65
Abastecimento de água potável (%)	47,7	84,3	80,3	56,5	91,5
Índice de desenvolvimento humano municipal	0,750	0,706	0,732	0,755	0,76
INDICADORES	COREDE NORTE				
	BARRA DO RIO AZUL		CHARRUA	VIADUTOS	
População estimada (Hab.)	1.915		3.482	5.205	
Pop. último censo (Hab.)	2.003		3.471	5.311	
População urbana	403		584	2.643	
População rural	1.600		2.887	2.668	
Área total do município (km ²)	147,1		198,1	268,4	
Densidade demográfica (Hab./km ²)	13,1		17,2	19,3	
PIB (R\$)	42.167,44		70.885,11	145.554,70	
Abastecimento de água potável (%)	71,9		46,0	58,5	

Índice de desenvolvimento humano municipal	0,723	0,620	0,702	
INDICADORES	COREDE MÉDIO ALTO URUGUAI			
	AMETISTA DO SUL	CAIÇARA	ERVAL SECO	IRAÍ
População estimada (Hab.)	7.576	5.064	7.660	7.921
Pop. último censo (Hab.)	7.323	5.071	7.878	8.078
População urbana	3.811	1.594	3.437	4.457
População rural	3.512	3.477	4.441	3.621
Área total do município (km ²)	93,5	189,2	363,9	181,0
Densidade demográfica (Hab./km ²)	78,6	26,6	21,1	43,5
PIB (R\$)	87.036,15	82.665,80	213.706,56	142.472,81
Abastecimento de água potável (%)	63,5	53,7	73,1	63,5
Índice de desenvolvimento humano municipal	0,682	0,699	0,685	0,691
INDICADORES	COREDE MÉDIO ALTO URUGUAI			
	SEBERI	TAQUARUÇU DO SUL	VICENTE DUTRA	VISTA ALEGRE
População estimada (Hab.)	11.144	3.101	5.152	2.877
Pop. último censo (Hab.)	10.897	2.966	5.285	2.832
População urbana	5.923	1.164	2.351	1.185
População rural	4.974	1.802	2.934	1.647
Área total do município (km ²)	301,4	76,8	193,1	77,5
Densidade demográfica (Hab./km ²)	35,8	38,6	26,8	36,3
PIB (R\$)	299.534,23	85.755,18	78.471,26	60.033,57
Abastecimento de água potável (%)	79,5	80,5	71,0	59,6
Índice de desenvolvimento humano municipal	0,723	0,739	0,638	0,739
INDICADORES	COREDE MÉDIO ALTO URUGUAI			
	NONOAI	NOVO TIRADENTES	PINHAL	PLANALTO
População estimada (Hab.)	12.247	2.312	2.616	10.623
Pop. último censo (Hab.)	12.074	2.277	2.513	10.524
População urbana	9.065	654	1.290	5.932
População rural	3.009	1.623	1.223	4.592

Área total do município (km ²)	468,9	75,4	68,2	230,4
Densidade demográfica (Hab./km ²)	25,5	29,9	37,3	45,2
PIB (R\$)	330.498	44.134,11	64.449,44	167.387,73
Abastecimento de água potável (%)	86,5	96,1	93,6	67,04
Índice de desenvolvimento humano municipal	0,702	0,676	0,720	0,687
INDICADORES	COREDE RIO DA VÁRZEA			
	CERRO GRANDE	CONSTANTINA	JABOTICABA	
População estimada (Hab.)	2.437	10.109	4.082	
Pop. último censo (Hab.)	2.417	9.752	4.098	
População urbana	830	6.510	1.487	
População rural	1.587	3.242	2.611	
Área total do município (km ²)	73,4	203,0	128,1	
Densidade demográfica (Hab./km ²)	32,7	48,3	31,6	
PIB (R\$)	46.569,60	244.501,85	85.918,54	
Abastecimento de água potável (%)	93,5	87,09	75,02	
Índice de desenvolvimento humano municipal	0,674	0,754	0,658	
INDICADORES	COREDE RIO DA VÁRZEA			
	LIBERATO SALZANO	NOVO BARREIRO	RONDA ALTA	SARANDI
População estimada (Hab.)	5.686	4.181	10.695	23.398
Pop. último censo (Hab.)	5.780	3.978	10.221	21.285
População urbana	1.297	1.306	6.867	17.940
População rural	4.483	2.672	3.354	3.345
Área total do município (km ²)	245,6	123,6	419,3	353,4
Densidade demográfica (Hab./km ²)	23,1	32,5	24,5	62,0
PIB (R\$)	115.987,63	75.440,52	261.858,18	754.694,31
Abastecimento de água potável (%)	87,7	92,2	91,1	91,6
Índice de desenvolvimento humano municipal	0,685	0,706	0,724	0,777

Fonte: IBGE, 2017; IBGE, 2010; FEE, 2015; FEE, 2013; SEBRAE, 2010.

Quadro 29: Indicadores de planejamento e governança urbana

INDICADORES	COREDE PRODUÇÃO				
	CASCA	ALMIRANTE TAMANDARÉ DO SUL	NOVA ALVORADA	VANINI	
Existência de plano diretor	Não	Não	Não	Não	
Taxa de urbanização (%)	58,84	40,59	41,86	50,45	
População residente em aglomerados subnormais (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	
Existência de plano de bacia	Sim	Não	Sim	Sim	
Existência de plano de manejo de águas pluviais	Sim	NI	Não	Não	
Existência de plano de gerenciamento de resíduos	Sim	NI	Não	Não	
INDICADORES	COREDE ALTOS DASERRA DO BOTUCARAÍ				
	BARROS CASSAL	ESPUMOSO	FONTOURA XAVIER	GRAMADO XAVIER	
Existência de plano diretor	Sim	Sim	Não	Não	
Taxa de urbanização (%)	31,72	73,04	38,25	13,32	
População residente em aglomerados subnormais (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	
Existência de plano de bacia	Sim/sim	Sim	Sim	Sim	
Existência de plano de manejo de águas pluviais	NI	Não	NI	Não	
Existência de plano de gerenciamento de resíduos	NI	Não	NI	Sim	
INDICADORES	COREDE ALTOS DA SERRA DO BOTUCARAÍ				
	IBIRAPUITÃ	JACUIZINHO	LAGOÃO	SOLEDAD E	
Existência de plano diretor	Não	Sim	Não	Sim	
Taxa de urbanização (%)	58,88	77,58	26,76	79,99	
População residente em aglomerados subnormais (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	
Existência de plano de bacia	Sim	Sim	Sim/Sim	Sim/Sim	
Existência de plano de manejo de águas pluviais	NI	NI	Não	NI	
Existência de plano de gerenciamento de resíduos	NI	Sim	Não	NI	
INDICADORES	COREDE NORDESTE				
	ÁGUA SANTA	PAIM FILHO	SANTO EXPEDITO DO SUL	SÃO JOSÉ DO OURO	TAPEJARA
Existência de plano diretor	Não	Não	Não	Não	Sim

Taxa de urbanização (%)	38,88	53,10	35,43	64,06	88,73
População residente em aglomerados subnormais (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Existência de plano de bacia	Sim/Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Existência de plano de manejo de águas pluviais	Sim	Não	NI	NI	Sim
Existência de plano de gerenciamento de resíduos	Sim	Não	NI	Sim	Sim
INDICADORES	COREDE NORTE				
	BARRA DO RIO AZUL	CHARRUA		VIADUTOS	
Existência de plano diretor	Sim	Sim		Não	
Taxa de urbanização (%)	20,12	16,83		49,76	
População residente em aglomerados subnormais (%)	0,00	0,00		0,00	
Existência de plano de bacia	Sim/Sim	Sim		Sim	
Existência de plano de manejo de águas pluviais	NI	Sim		NI	
Existência de plano de gerenciamento de resíduos	NI	Sim		Sim	
INDICADORES	COREDE MÉDIO ALTO URUGUAI				
	AMETISTA DO SUL	CAIÇARA	ERVAL SECO	IRAÍ	
Existência de plano diretor	Não	Não	Não	Não	
Taxa de urbanização (%)	52,04	31,43	43,63	55,17	
População residente em aglomerados subnormais (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	
Existência de plano de bacia	Não	Não	Não	Não	
Existência de plano de manejo de águas pluviais	Não	NI	Sim	Não	
Existência de plano de gerenciamento de resíduos	Não	Sim	Sim	Não	
INDICADORES	COREDE MÉDIO ALTO URUGUAI				
	NONOAI	NOVO TIRADENTES	PINHAL	PLANALTO	
Existência de plano diretor	Sim	Sim	Sim	Não	
Taxa de urbanização (%)	75,08	28,72	51,33	56,37	
População residente em aglomerados subnormais (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	
Existência de plano de bacia	Sim	Não	Não	Não	
Existência de plano de manejo de águas pluviais	Sim	NI	Sim	NI	
Existência de plano de gerenciamento de resíduos	Sim	NI	Sim	NI	
	COREDE MÉDIO ALTO URUGUAI				

INDICADORES	SEBERI	TAQUARUÇU DO SUL	VICENTE DUTRA	VISTA ALEGRE
Existência de plano diretor	Não	Não	Sim	Não
Taxa de urbanização (%)	54,35	39,24	44,48	41,84
População residente em aglomerados subnormais (%)	0,00	0,00	0,00	0,00
Existência de plano de bacia	Não	Não	Não	Não
Existência de plano de manejo de águas pluviais	Sim	Sim	Não	Não
Existência de plano de gerenciamento de resíduos	Sim	Sim	Não	Não
	COREDE RIO DA VÁRZEA			
INDICADORES	CERRO GRANDE	CONSTANTINA	JABOTICABA	
Existência de plano diretor	Sim	Não	Sim	
Taxa de urbanização (%)	34,34	66,76	36,29	
População residente em aglomerados subnormais (%)	0,00	0,00	0,00	
Existência de plano de bacia	Não	Não	Não	
Existência de plano de manejo de águas pluviais	NI	Sim	Não	
Existência de plano de gerenciamento de resíduos	NI	Sim	Não	
	COREDE RIO DA VÁRZEA			
INDICADORES	LIBERATO SALZANO	NOVO BARREIRO	RONDA ALTA	SARANDI
Existência de plano diretor	Não	Sim	Não	Não
Taxa de urbanização (%)	22,44	32,83	67,19	84,28
População residente em aglomerados subnormais (%)	0,00	0,00	0,00	0,00
Existência de plano de bacia	Não	Não	Sim	Não
Existência de plano de manejo de águas pluviais	Não	NI	Sim	Sim
Existência de plano de gerenciamento de resíduos	Não	NI	Sim	Sim

Fonte: IBGE, 2015; SNIS, 2016; Prefeituras Municipais

Quadro 30: Indicadores ambientais

INDICADORES	COREDE PRODUÇÃO			
	CASCA	ALMIRANTE TAMANDARÉ DO SUL	NOVA ALVORADA	VANINI
Urbanização de vias públicas	56,9%	4,6%	66,7%	52,5%
Áreas Verdes				
Remanescente da Mata atlântica	4,74%	9,72%	12,16%	6,65%

Presença de rios do Perímetro Urbano	Sim	Não	Sim	Sim	
Domicílios com acesso a coleta de lixo	97,69%	NI	41,86%	99,52%	
Esgotamento sanitário adequado	31,7%	5,9%	23,7%	74,8%	
INDICADORES	COREDE ALTOS DASERRA DO BOTUCARAÍ				
	BARROS CASSAL	ESPUMOSO	FONTOURA XAVIER	GRAMADO XAVIER	
Urbanização de vias públicas	25,5%	19,0%	14,4%	12,4%	
Áreas Verdes					
Remanescente da Mata atlântica	9,90%	4,86%	15,11%	17,89%	
Presença de rios do Perímetro Urbano	Não	Sim	Não	Sim	
Domicílios com acesso a coleta de lixo	NI	86,31	NI	30,72	
Esgotamento sanitário adequado	27,2%	55,7%	2,1%	14,8%	
INDICADORES	COREDE ALTOS DA SERRA DO BOTUCARAÍ				
	IBIRAPUITÃ	JACUIZINHO	LAGOÃO	SOLEDADE	
Urbanização de vias públicas	28,5%	4,5%	13%	32%	
Áreas Verdes					
Remanescente da Mata atlântica	6,89%	5,70%	6,27%	6,05%	
Presença de rios do Perímetro Urbano	Não	Sim	Não	Sim	
Domicílios com acesso a coleta de lixo	NI	22,4%	26,75%	NI	
Esgotamento sanitário adequado	11,8%	3,3%	10,1%	70,4%	
INDICADORES	COREDE NORDESTE				
	ÁGUA SANTA	PAIM FILHO	SANTO EXPEDITO DO SUL	SÃO JOSÉ DO OURO	TAPEJARA
Urbanização de vias públicas	15,4%	18,1%	9,7%	42,5%	18,9%
Áreas Verdes					
Remanescente da Mata atlântica	4,81%	5,19%	2,47%	4,82%	1,60%
Presença de rios do Perímetro Urbano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Domicílios com acesso a coleta de lixo (%)	52,07%	53,10%	NI	64,06%	88,73%
Esgotamento sanitário adequado	64,2%	38,7%	66,8%	76,7%	67,7%
INDICADORES	COREDE NORTE				
	BARRA DO RIO AZUL		CHARRUA	VIADUTOS	
Urbanização de vias públicas	13,2%		43,5%	5,4%	

Áreas Verdes				
Remanescente da Mata atlântica	7,61%	7,22%	3,24%	
Presença de rios do Perímetro Urbano	Sim	Sim	Não	
Domicílios com acesso a coleta de lixo	NI	42,94%	49,76%	
Esgotamento sanitário adequado	63,2%	47,3%	49,6%	
	COREDE MÉDIO ALTO URUGUAI			
INDICADORES	AMETISTA DO SUL	CAIÇARA	ERVAL SECO	IRAÍ
Urbanização de vias públicas	28,4%	36%	46,3%	4,7%
Áreas Verdes				
Remanescente da Mata atlântica	1,93%	7,99%	24,11%	3,08%
Presença de rios do Perímetro Urbano	Não	Não	Sim	Sim
Domicílios com acesso a coleta de lixo	52,04%	31,44%	43,63%	55,18%
Esgotamento sanitário adequado	28,7%	30,4%	18,2%	21,2%
	COREDE MÉDIO ALTO URUGUAI			
INDICADORES	NONOAI	NOVO TIRADENTES	PINHAL	PLANALTO
Urbanização de vias públicas	12,4%	11,1%	30,3%	36,5%
Áreas Verdes				
Remanescente da Mata atlântica	28,88%	1,88%	4,04%	11,31%
Presença de rios do Perímetro Urbano	Sim	Sim	Sim	Não
Domicílios com acesso a coleta de lixo	81,50%	NI	86,11%	NI
Esgotamento sanitário adequado	24,3%	18,4%	71,4%	30,8%
	COREDE MÉDIO ALTO URUGUAI			
INDICADORES	SEBERI	TAQUARUÇU DO SUL	VICENTE DUTRA	VISTA ALEGRE
Urbanização de vias públicas	22,8%	32,9%	18,4%	8,5%
Áreas Verdes				
Remanescente da Mata atlântica	5,38%	9,48%	1,63%	4,01%
Presença de rios do Perímetro Urbano	Não	Não	Não	Não
Domicílios com acesso a coleta de lixo	54,36%	39,24%	44,48%	45,11%
Esgotamento sanitário adequado	16%	30,4%	45,7%	20,1%

INDICADORES	COREDE RIO DA VÁRZEA			
	CERRO GRANDE	CONSTANTINA	JABOTICABA	
Urbanização de vias públicas	50,9%	45,6%	23,6%	
Áreas Verdes				
Remanescente da Mata atlântica	1,59%	1,87%	2,92%	
Presença de rios do Perímetro Urbano	Não	Sim	Não	
Domicílios com acesso a coleta de lixo	NI	66,76%	60,99%	
Esgotamento sanitário adequado	26,7%	39,9%	28,6%	
INDICADORES	COREDE RIO DA VÁRZEA			
	LIBERATO SALZANO	NOVO BARREIRO	RONDA ALTA	SARANDI
Urbanização de vias públicas	47,8%	33,3%	45,4%	47%
Áreas Verdes				
Remanescente da Mata atlântica	19,07%	1,03%	1,88%	7,58%
Presença de rios do Perímetro Urbano	Sim	Sim	Sim	Sim
Domicílios com acesso a coleta de lixo	37,30%	NI	67,19%	84,29%
Esgotamento sanitário adequado	6,3%	17,8%	36,0%	74,1%

NI- Não Informado

Fonte: IBGE, 2010; SEBRAE, 2010; SNIS, 2016; ANA, 2018; SOS Mata Atlântica, 2018.

APÊNDICE C

Questionário para aplicação do método AHP

Esta pesquisa faz parte da dissertação de mestrado intitulada "Gestão de Águas Pluviais em Pequenas e Médias Cidades Voltadas a Adaptação a Mudança Climática", do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo, de responsabilidade da pesquisadora Jessica Andrade Michel, sob orientação da professora Luciana Londero Brandli, e coorientação da professora Rosa Maria Locatelli Kalil.

O objetivo desta pesquisa é identificar estratégias que colaborem na gestão sustentável de águas pluviais e possam ser implementadas no planejamento urbano de cidades de pequeno e médio porte, visando adaptação às mudanças climáticas e a redução dos impactos causados por eventos hidrológicos como: enxurradas, inundações e alagamentos.

A sua participação é muito importante para o desenvolvimento desta pesquisa. O tempo de preenchimento está estimado em 10 a 15 minutos, e o modo de avaliação é simples, basta você avaliar cada uma das alternativas que serão indicados de acordo com uma escala de pontuação de 1 a 9, o número 1 indica que ambas as alternativas têm a mesma preferência/importância para o município, o aumento da pontuação indica crescimento da preferência/importância. Em cada uma das perguntas o você deve comparar as opções listadas de acordo com a sua preferência/importância, apontando qual é mais importante de acordo com a sua opinião e vivência. As comparações são realizadas sempre par a par.

Para realização da pesquisa foram selecionadas quatro melhores práticas que o município de Sarandi - RS (alvo de estudo de caso), pode aplicar para reduzir o número e os impactos das enxurradas. Para escolher qual prática é mais adequada para Sarandi - RS, foram selecionados três critérios básicos: Custo de implantação, redução dos impactos das enxurradas e facilidade de implantação.

Para que o resultado do questionário seja satisfatório, é importante que análises sejam consistentes, ou seja, sem pequenos possíveis erros. Por exemplo, um exemplo de resposta consistente é dizer que, se o critério A é preferível ao critério B e B é preferível a C, A também é preferível a C.

O questionário é anônimo e todos os dados obtidos na pesquisa serão utilizados exclusivamente com finalidades científicas conforme previsto no consentimento do participante. Os resultados da pesquisa não serão divulgados a terceiros.

O(a) senhor(a) poderá se retirar do estudo a qualquer momento, sem qualquer necessidade de justificativa.

Obrigado pela sua valiosa contribuição.

Atenciosamente,

Jessica Andrade Michel
Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo
Fone: (55) 9 99670066
Email: arq.jessicamichel@gmail.com

Página 2

1. Sexo: *

Masculino

Feminino

2. Quantos anos você tem? *

3. Qual sua formação? *

4. Qual cargo você ocupa na empresa onde trabalha atualmente? *

5. Há quanto tempo você trabalha nesta função? *

- 0 a 1 ano
- 1 a 3 anos
- 3 a 5 anos
- 5 a 7 anos
- 7 a 10 anos
- mais de 10 anos

A seguir estão descritos os critérios selecionados para escolha das melhores práticas:

<p>CUSTO DE IMPLANTAÇÃO</p> <p>Levando em consideração os recursos necessários para implantação de qualquer prática que diminua a ocorrência de enxurradas</p>	<p>REDUÇÃO DOS IMPACTOS DAS ENXURRADAS</p> <p>Possíveis benefícios na redução dos impactos negativos causados pelas enxurradas</p>	<p>FACILIDADE DE IMPLANTAÇÃO</p> <p>Em relação as características e o tempo de implantação de legislações ou obras que melhorem a drenagem urbana.</p>
---	---	---

Página 3

Para preenchimento das questões a seguir é necessário conhecer a escala de pesos. O número 1 indica que ambas as práticas têm a mesma preferência/importância para o município considerando o critério em análise. O aumento da pontuação em direção à cada prática indica crescimento da preferência/importância de cada uma em relação à outra, sendo:

Preferência Igual = 1

Preferência Moderada = 3

Preferência Forte = 5

Preferência Muito Forte = 7

Preferência Absoluta = 9

Agora você deve comparar par a par os critérios, considerando qual deles, na sua opinião, é o mais importante no momento de escolher as práticas de gestão de águas pluviais a serem propostas para o município de Sarandi-RS:

6. Abaixo, marque seus julgamentos comparando critério com critério de acordo com o aumento da preferência/importância de cada um em relação ao outro para escolha das melhores práticas.

	Muito		Preferência		Muito					
	Absoluta	Forte	ForteModerada	Igual	ModeradaForte	Forte		Absoluta		
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Custo de Implantação	<input type="radio"/>	Redução no impacto das enxurradas								
Redução no impacto das enxurradas	<input type="radio"/>	Facilidade de implantação								
Facilidade de implantação	<input type="radio"/>	Custo de Implantação								

Nesta etapa, você deverá comparar as práticas sugeridas, de acordo com cada critério. As 4 melhores práticas são:

<p>DESENVOLVIMENTO DE BAIXO IMPACTO</p> <p>Esta prática é um método de gestão de águas pluviais baseado na simulação de condições hidrológicas naturais, usando medidas ecológicas de controle de fonte e medidas de controle distribuídas para gerir as águas pluviais, com objetivo de diminuir as inundações e melhorar a qualidade das águas pluviais.</p> <p>ex: Telhado verde, jardins de chuva, parques alagáveis</p>	<p>DESENHO URBANO SENSÍVEL À ÁGUA</p> <p>Esta prática integra o planejamento urbano com a gestão, proteção e conservação do ciclo urbano da água. Também tem objetivo de diminuir a severidade das inundações, diversificar as fontes de abastecimento de água, diminuindo a utilização de água potável e fazer a recarga do lençol freático.</p> <p>ex: Cisternas, tanques para captação da água da chuva.</p>	<p>LEGISLAÇÃO SOBRE SANEAMENTO AMBIENTAL</p> <p>A prática estabelece regras e procedimentos a fim de alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental por meio do abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos líquidos, sólidos e gasosos, promoção de disciplina sanitária do uso e ocupação do solo, drenagem urbana, e controle de vetores e reservatórios de doenças transmissíveis.</p> <p>ex: Plano diretor de drenagem, Plano municipal de saneamento</p>	<p>EVENTOS COM FOCO NA CONSCIENTIZAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE ÁGUAS URBANAS</p> <p>Este tipo de medida não-estrutural tem como objetivo principal formar capacidades das pessoas para lidar com os eventos hidrológicos como enchentes, inundações e alagamentos.</p> <p>ex: Palestras, seminários, capacitações, treinamentos,</p>
---	--	---	---

Assim como na etapa anterior, as alternativas devem ser comparadas par a par. O número 1 indica que ambas as práticas têm a mesma preferência/importância para o município considerando o critério em análise. O aumento da pontuação em direção à cada prática indica crescimento da preferência/importância de cada uma em relação à outra, assim como foi realizado anteriormente para os critérios, sendo:

Preferência Igual = 1

Preferência Moderada = 3

Preferência Forte = 5

Preferência Muito Forte = 7

Preferência Absoluta = 9

7. Compare as alternativas considerando apenas o critério CUSTO DE IMPLANTAÇÃO: *

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Desenvolvimento de Baixo Impacto	<input type="radio"/>	Desenho Urbano Sensível à Água								
Desenho Urbano Sensível à Água	<input type="radio"/>	Legislação para Saneamento Ambiental								
Legislação para Saneamento Ambiental	<input type="radio"/>	Eventos que discutem a Importância da Gestão de Águas Urbanas								
Eventos que discutem a Importância da Gestão de Águas Urbanas	<input type="radio"/>	Desenvolvimento de Baixo Impacto								
Desenvolvimento de Baixo Impacto	<input type="radio"/>	Legislação para Saneamento Ambiental								
Desenho Urbano Sensível à Água	<input type="radio"/>	Eventos que discutem a Importância da Gestão de Águas Urbanas								

8. Compare as alternativas considerando apenas o critério REDUÇÃO DOS IMPACTOS DAS ENXURRADAS: *

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Desenvolvimento de Baixo Impacto	<input type="radio"/>	Desenho Urbano Sensível à Água								
Desenho Urbano Sensível à Água	<input type="radio"/>	Legislação para Saneamento Ambiental								
Legislação para Saneamento Ambiental	<input type="radio"/>	Eventos que discutem a Importância da Gestão de Águas Urbanas								
Eventos que discutem a Importância da Gestão de Águas Urbanas	<input type="radio"/>	Desenvolvimento de Baixo Impacto								
Desenvolvimento de Baixo Impacto	<input type="radio"/>	Legislação para Saneamento Ambiental								
Desenho Urbano Sensível à Água	<input type="radio"/>	Eventos que discutem a Importância da Gestão de Águas Urbanas								

9. Compare as alternativas considerando apenas o critério FACILIDADE DE IMPLANTAÇÃO: *

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Desenvolvimento de Baixo Impacto	<input type="radio"/>	Desenho Urbano Sensível à Água								
Desenho Urbano Sensível à Água	<input type="radio"/>	Legislação para Saneamento Ambiental								
Legislação para Saneamento Ambiental	<input type="radio"/>	Eventos que discutem a Importância da Gestão de Águas Urbanas								
Eventos que discutem a Importância da Gestão de Águas Urbanas	<input type="radio"/>	Desenvolvimento de Baixo Impacto								
Desenvolvimento de Baixo Impacto	<input type="radio"/>	Legislação para Saneamento Ambiental								
Desenho Urbano Sensível à Água	<input type="radio"/>	Eventos que discutem a Importância da Gestão de Águas Urbanas								

